

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Análisis del rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Cristofer Jesus CORDOVA CORREA

Asesor:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO

Cerro de Pasco - Perú - 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Análisis del rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 041-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Cristofer Jesus CORDOVA CORREA

Escuela de Formación Profesional:

Ingeniería Ambiental

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo:

“Análisis del rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025”

Asesor

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO

Índice de Similitud

4 %

Calificativo:

APROBADO

Se adjunta el informe y el reporte de evaluación del software Turnitin Similarity.

Cerro de Pasco, 13 de julio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154805048 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.07.2026 10:31:19 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por ser el guía silencioso de mis pasos y la fuerza vital que me impulsó a no rendirme jamás en la búsqueda de mis objetivos profesionales.

A mi madre, por su infinito apoyo y por enseñarme, a través de su ejemplo, el valor del trabajo arduo y la esperanza. Este triunfo te pertenece tanto como a mí, porque tu corazón siempre fue mi mayor impulso.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO, por su valiosa orientación, paciencia y por compartir su vasto conocimiento como asesor de esta investigación. Su rigor académico y visión crítica han sido pilares fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Asimismo, extendiendo mi gratitud al Mg. LUCIO ROJAS VITOR, quien en su rol de tutor brindó el acompañamiento constante y el apoyo técnico necesario para superar los retos presentados durante este proceso. Gracias por su confianza y por motivarme a alcanzar la excelencia académica.

RESUMEN

La presente investigación evaluó el rendimiento de un techo verde sembrado con Ray Grass (*Lolium perenne*) para la captación y el aprovechamiento de agua pluvial en una vivienda del distrito de Yanacancha, Pasco, durante el 2025, ante la ausencia de estudios previos sobre esta especie vegetal en condiciones climáticas de altura. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y con un diseño preexperimental de pre-prueba y post-prueba aplicado a un solo grupo. La muestra estuvo conformada por diez eventos de precipitación registrados entre noviembre y diciembre de 2025, evaluados mediante un prototipo instalado en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Se determinó el porcentaje de retención hídrica y se analizaron los parámetros de turbidez, pH, temperatura, conductividad y cloro residual, contrastándolos con el ECA para Agua (D. S. 004-2017-MINAM) mediante la prueba t de Student. Los resultados mostraron una retención promedio del 26.54 % del agua pluvial, superando el umbral hipotético del 20 %, junto con una reducción de la turbidez de 4.59 a 3.39 UNT, un pH estable entre 7.757 y 7.168, una disminución de la temperatura de 13.66 °C a 12.04 °C, un leve aumento de la conductividad de 60.55 a 64.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y cloro residual nulo en todas las muestras, valores dentro de la normativa vigente. Se concluye que el techo verde con Ray Grass es una alternativa técnica y ambientalmente viable para captar agua pluvial de buena calidad en viviendas altoandinas, recomendándose ampliar su escala y complementar el análisis con pruebas microbiológicas.

Palabras clave: techo verde, Ray Grass, *Lolium perenne*, agua pluvial, calidad del agua, parámetros fisicoquímicos.

ABSTRACT

This research evaluated the performance of a green roof planted with Ray Grass (*Lolium perenne*) for harvesting and using rainwater in a household in the district of Yanacancha, Pasco, during 2025, given the lack of prior studies on this plant species under high-altitude climatic conditions. The study followed a quantitative approach, an explanatory level, and a pre-experimental pretest/posttest single-group design. The sample consisted of ten rainfall events recorded between November and December 2025, evaluated through a prototype installed at the Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. The water retention percentage was determined, and turbidity, pH, temperature, conductivity, and residual chlorine were analyzed and compared against Peru's Environmental Water Quality Standards (D. S. 004-2017-MINAM) using Student's t-test. Results showed an average retention of 26.54% of the rainwater, exceeding the 20% hypothetical threshold, along with a reduction in turbidity from 4.59 to 3.39 NTU, a stable pH between 7.757 and 7.168, a temperature decrease from 13.66 °C to 12.04 °C, a slight increase in conductivity from 60.55 to 64.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and zero residual chlorine across all samples, all values within current regulations. It is concluded that the Ray Grass green roof is a technically and environmentally viable alternative for harvesting good-quality rainwater in high-Andean households, and it is recommended to scale up the system and complement the analysis with microbiological testing.

Keywords: green roof, Ray Grass, *Lolium perenne*, rainwater, water quality, physicochemical parameters.

INTRODUCCIÓN

Conseguir agua limpia debería ser un privilegio, pero en muchas zonas altoandinas del Perú sigue siendo un desafío cotidiano. El distrito de Yanacancha, en la región Pasco, se encuentra a 4350 m.s.n.m. y forma parte de un territorio donde la expansión urbana ha transformado suelos permeables en superficies impermeables de concreto y asfalto. Cada vez que llueve, el agua escurre sin ser aprovechada, los acuíferos no se recargan y el ciclo hidrológico local se deteriora de forma silenciosa. Al mismo tiempo, las redes de abastecimiento convencionales no siempre llegan con la cobertura ni la continuidad que la población necesita.

Los techos verdes son sistemas que integran vegetación, sustrato y capas de drenaje sobre la superficie de una edificación para retener, filtrar y aprovechar el agua de lluvia que cae sobre ella. No son una tecnología nueva ni costosa: se construyen con materiales locales, requieren bajo mantenimiento en su versión extensiva y ofrecen múltiples beneficios simultáneos. Además de captar agua, reducen la temperatura superficial del techo mediante evapotranspiración, mejoran la calidad del agua al filtrarla a través del sustrato y contribuyen a regular el microclima del entorno inmediato. Investigaciones realizadas en Colombia (Rhodes, 2012; Contreras y Villegas, 2019), Malaysia (Kuok et al., 2023) y en una síntesis global de 75 estudios (Zheng et al., 2021) han documentado estos beneficios en distintos contextos climáticos, con tasas de retención hídrica que van del 26 % hasta más del 80 % según el diseño del sistema y las condiciones locales.

En el Perú, la evidencia más cercana al contexto de esta investigación proviene de Dueñas et al. (2023), quienes evaluaron un techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en Huancavelica y encontraron una retención del 37.5 % sin alteración significativa de la calidad del agua.

Se planteó como objetivo general evaluar el rendimiento del techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda del distrito de Yanacancha, 2025. Este objetivo se operacionalizó en tres líneas específicas de análisis: primero, determinar cuánta agua pluvial retiene el sistema en términos porcentuales; segundo, analizar cómo influye el techo verde sobre los parámetros fisicoquímicos del agua captada turbidez, pH, temperatura, conductividad eléctrica y cloro residual; y tercero, verificar si esos parámetros cumplen con los límites establecidos en el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM) para uso doméstico, riego de vegetales y bebida de animales. Cada uno de estos ejes fue contrastado mediante hipótesis estadísticas con la prueba t de Student.

El prototipo evaluado fue de tipo extensivo: 1.5 m² de área, 10 cm de sustrato de tierra negra y cobertura de *Lolium perenne*. Se eligió esta configuración por su bajo costo, facilidad de instalación y compatibilidad con las estructuras de viviendas típicas del distrito. Las mediciones se realizaron durante los meses de noviembre y diciembre de 2025, aprovechando el período de lluvias de la zona, y los análisis fisicoquímicos se procesaron en el laboratorio de EMAPA PASCO.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema	1
1.2. Delimitación de la Investigación	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.3.1. Problema General	3
1.3.2. Problemas Específicos	3
1.4. Formulación de Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación de la Investigación.....	5
1.6. Limitaciones de la Investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios	7
-------------------------------------	---

2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales	12
2.2. Bases Teóricas – Científicas	15
2.2.1. Techos Verdes	15
2.2.2. Tipos de techos verdes	15
2.2.3. Ventajas de un techo verde	18
2.2.4. Pendiente del techo verde	18
2.2.5. Sustrato	19
2.2.6. Ray Grass (Lolium perenne).....	20
2.2.7. Aguas pluviales.....	21
2.2.8. ECA del Agua (D.S. 004 – 2017 MINAM)	21
2.3. Definición de Términos Básicos	23
2.4. Formulación de Hipótesis.....	24
2.4.1. Hipótesis General	24
2.4.2. Hipótesis Específicas	24
2.5. Identificación de Variables	24
2.5.1. Variable Independiente	24
2.5.2. Variable Dependiente.....	24
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores	25

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	26
3.2. Nivel de investigación	26
3.3. Métodos de investigación	27
3.4. Diseño de Investigación	27

3.5. Población y muestra	28
3.5.1. Población	28
3.5.2. Muestra	28
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos	29
3.6.1. Técnicas	29
3.6.2. Instrumentos	29
3.6.3. Materiales	29
3.6.4. Procedimientos	30
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	32
3.8. Tratamientos estadísticos.....	32
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	34
4.1.1. Ubicación del campo experimental	34
4.1.2. Diseño del techo verde	36
4.1.3. Porcentaje de agua captado de la lluvia.....	40
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	42
4.2.1. Turbidez	43
4.2.2. pH	44
4.2.3. Temperatura	45
4.2.4. Conductividad.....	47
4.2.5. Cloro	48
4.3. Prueba de hipótesis	52
4.3.1. Hipótesis General	52

4.3.2. Hipótesis específicas:	52
4.4. Discusión de resultados	61
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Ubicación Geográfica del Distrito de Yanacancha.....	2
Tabla 2 Clasificación de Techos Verdes	17
Tabla 3 Parámetros físicos y químicos del sustrato para el techo verde extenso.....	20
Tabla 4 Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales	22
Tabla 5 Definición Operacional de Variables e Indicadores	25
Tabla 6 Lista de materiales para el techo verde	30
Tabla 7 Dimensiones del techo verde	36
Tabla 8 Lista de materiales para el techo verde	37
Tabla 9 Resultados de captación de la lluvia	41
Tabla 10 Números de muestras	42
Tabla 11.1 Resultados previos y posteriores a la incorporación de un techo verde.....	50
Tabla 11.2 Resultados previos y posteriores a la incorporación de un techo verde.....	51
Tabla 12 Resumen Estadística Descriptiva - Porcentaje de Retención de Agua Pluvial	53
Tabla 13 Resultado de la Prueba t de Student para una Muestra - Porcentaje de Retención (%)	54
Tabla 14 Estadísticas de Muestras Emparejadas — Turbidez Antes y Después.....	55
Tabla 15 Resultados de la Prueba t de Student para Muestras Emparejadas - Turbidez, pH, Temperatura y Conductividad.....	56
Tabla 16 Estadísticas Descriptivas de los Parámetros Fisicoquímicos del Agua Pluvial Captada	59
Tabla 17 Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Turbidez Después	59
Tabla 18 Resultado de la prueba t de student para una Muestra – pH Después.....	60
Tabla 19 Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Temperatura Después	60

Tabla 20 Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Conductividad Después.. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Ubicación Geográfica del Distrito de Yanacancha y Zona de Estudio.....	3
Figura 2 Ubicación del proyecto.....	34
Figura 3 Ubicación Geográfica del proyecto	35
Figura 4 Diseño del techo verde	36
Figura 5 Porcentaje de Retención	41
Figura 6 Comparativa de los volúmenes de lluvia, percolación y retención de agua	42
Figura 7 Comparativa de Turbidez	44
Figura 8 Comparativa de pH.....	45
Figura 9 Comparativa de Temperatura.....	46
Figura 10 Comparativa de Conductividad	48
Figura 11 Comparativa de Conductividad	49
Figura 12 Limpieza del área donde se instalará el techo verde	126
Figura 13 Proceso del armado del encofrado.....	126
Figura 14 Instalación del plástico que va a cumplir la función que no escape el agua.	127
Figura 15 Se coloco el tubo PVC ½” para la recolección del agua pluvial.....	127
Figura 16 Implementación de la tela para el filtrada que no pases partículas	128
Figura 17 Proceso de traslado des sustrato donde se colocar el Lolium perenne.....	128
Figura 18 Traslado del sistema de techo verde del encofrado con la tubería para su instalación	129
Figura 19 Incorporación del sustrato donde se colocará el Ray Grass	129
Figura 20 Techo verde con Ray Grass (Lolium perenne) 15 de octubre de 2025.....	130
Figura 21 Techo verde con Ray Grass (Lolium perenne) 1 de noviembre de 2025	130
Figura 22 Recolección de muestra del antes y después del Lolium perenne.....	131

Figura 23 Se evidencia el resultado de cloro con la ayuda del Clororímetro	131
Figura 24 Se muestra el resultado de conductividad con la ayuda del Conductímetro	132
Figura 25 Se evidencia el resultado de la pH antes del techo verde	132

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema

Actualmente se observa que la población se está expandiendo, esto provoca a su vez que las personas construyan lugares con suelos impermeables y difíciles de filtrar y la escorrentía, es por ello por lo que los acuíferos se encuentran afectados. Impidiendo que la escorrentía disminuya y por lo tanto el ciclo hidrológico se encuentre afectado y recursos hídricos. Provocando una disminución del agua dulce que viene siendo para el consumo del ser humano

El presente proyecto se plantea para analizar agua filtrada con Ray Grass (*Lolium perenne*) y es planteada para mitigar este problema. Esta especie, juntamente con un suelo eficiente, logrará absorber y almacenar agua de lluvia, esto ayuda a reducir el problema y darle un uso más eficiente del recurso hídrico. Sin embargo, en la localidad de Yanacancha se desconoce la eficiencia de absorción y filtración del agua de esta especie.

Es por ello por lo que se realizó la investigación de la calidad del agua y cantidades que puede ser capturada y filtrada, eficiencia de esta especie utilizada que

se desarrolló en la localidad de Yanacancha, la durabilidad de este sistema en techos verdes, también evaluar los recursos económicos e infraestructura del techo verdes en áreas urbanas que escasean del recurso hídrico.

1.2. Delimitación de la Investigación

a) Espacial

El área donde se realizó la investigación se ubica en el distrito de Yanacancha, se encuentra a 4350 m.s.n.m., por lo que se tomó solo una vivienda, que se ubica en los siguientes puntos cartográficos, en la zona 18S.

- **Norte:** 8820343 N
- **Este:** 362865 E

Tabla 1. *Ubicación Geográfica del Distrito de Yanacancha*

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Departamento/Región	Pasco
Provincia	Pasco
Distrito	Yanacancha
Localidad	San Juan Pampa
Zona	Urbana
Región Geográfica	Sierra

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. *Ubicación Geográfica del Distrito de Yanacancha y Zona de Estudio*



Fuente: Google Earth

b) Temporal

El proyecto investigativo se extendió durante seis meses (julio - diciembre).

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025?

1.3.2. Problemas Específicos

Problema Específico 1

¿Cuál es la cantidad de agua pluvial captada en porcentaje con el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025?

Problema Específico 2

¿Qué parámetros fisicoquímicos influyen en la calidad del agua pluvial en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025?

Problema Específico 3

¿Los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) determinan su calidad de acuerdo con el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1

Determinar cual es la cantidad de agua pluvial captada en porcentaje con el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Objetivo Específico 2

Analizar que parámetros fisicoquímicos influyen en la calidad del agua pluvial en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Objetivo Específico 3

Determinar si los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) determina su calidad de acuerdo

con el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

1.5. Justificación de la Investigación

Justificación Social

Al contribuir al mejoramiento del ecosistema local, la investigación se conecta con el desarrollo sostenible del país. La sociedad se beneficiará del uso más eficiente del agua mediante un sistema que puede escalarse para almacenar y distribuir el recurso a diversos fines. Además, contribuye a que el entorno urbano sea más agradable estéticamente, favoreciendo una atmósfera libre de contaminación del suelo.

Justificación Práctica

Los resultados obtenidos permitirán conocer si el agua pluvial captada y filtrada mediante el techo verde con Ray Grass cumple con los parámetros de calidad necesarios para su aprovechamiento en uso doméstico, riego de vegetales y bebida de animales, brindando así una alternativa práctica y replicable para otras viviendas de la zona.

Justificación Económica

El techo verde es un sistema de instalación relativamente sencilla y sostenible a largo plazo. Sus beneficios incluyen la reducción del consumo de agua potable y la prolongación de la vida útil de la infraestructura de la vivienda, al actuar como aislante y proteger la cobertura del techo.

1.6. Limitaciones de la Investigación

En el estudio actual sobre el análisis del rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025, se identificaron las siguientes limitaciones:

- **Limitación de Acreditación:** El laboratorio de la UNDAC, de la Facultad de Ingeniería Ambiental, no está acreditado por la INACAL, por lo que es una limitación y los resultados no serían lo apropiado.
- **Limitación del Clima:** En el distrito de Yanacancha, las temporadas de lluvia afectan el rendimiento de los techos verdes, mientras que, en las temporadas de estiaje, no es posible aprovechar al máximo esta implementación, por lo que fue necesario esperar la temporada de lluvias para completar la recolección de datos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según los autores (**Zheng et al., 2021**) en su artículo denominado “Techos verdes para la retención de aguas pluviales: un análisis cuantitativo global de su rendimiento”. El objetivo principal fue realizar la primera síntesis cuantitativa global sobre el rendimiento de los techos verdes (GR) en la retención de escorrentía pluvial (RR), identificando y cuantificando los patrones predictibles asociados a distintos factores de diseño y condiciones climáticas. Para ello, aplicaron un enfoque estadístico de regresión múltiple sobre una base de datos de 2,375 muestras experimentales originales provenientes de 75 estudios revisados por pares, publicados entre 2005 y 2020 en 21 países. Las variables analizadas se clasificaron en dos categorías: climáticas (tipo de clima, intensidad de lluvia y estación del año) y de diseño (tipo de vegetación, profundidad del sustrato, tipo de sustrato y área de cobertura superficial del techo verde). Adicionalmente, se desarrollaron modelos extendidos con términos de interacción para examinar los efectos contingentes entre variables. Los resultados

indicaron que la tasa media de retención de escorrentía fue del 62.2%, con un rango de variación entre 0% y 100%, cifra inferior a los estándares mínimos establecidos en ciertas normativas nacionales de edificación verde, como la norma china GB/T50378-2019 que exige al menos un 70%. El estudio encontró que la intensidad de lluvia mantiene una correlación negativa no lineal con la tasa de retención, mientras que la profundidad del sustrato presenta una correlación positiva lineal. También se identificó una relación no lineal en forma de U invertida entre la tasa de retención y el área de cobertura superficial del techo verde. En cuanto a los efectos contingentes, se determinó que la influencia de la intensidad de lluvia sobre la retención depende de la presencia de cobertura vegetal, y que el efecto de la profundidad del sustrato varía según la magnitud del evento de lluvia. Asimismo, los techos verdes en climas tropicales mostraron tasas de retención superiores a los ubicados en climas secos, templados o continentales. Concluyeron que la optimización del rendimiento de los techos verdes requiere no solo ajustar los parámetros de diseño, sino también considerar las condiciones climáticas locales, y que la combinación de techos verdes con otras medidas de infraestructura verde puede potenciar significativamente la gestión de aguas pluviales urbanas.

Según los autores **(Kuok et al., 2023)** en su artículo denominado “Rendimiento de los techos verdes para la gestión de aguas pluviales en áreas urbanas ecuatoriales mediante el modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM)”. El objetivo principal fue evaluar la efectividad de los techos verdes como estrategia de Desarrollo de Bajo Impacto (LID) para la gestión de aguas pluviales y la mejora de la calidad del agua en zonas urbanas ecuatoriales, específicamente en Kuching, Sarawak, Malaysia. La investigación utilizó el modelo SWMM (Storm Water Management Model) de la EPA para simular nueve configuraciones distintas de techo verde, variando la altura del borde

(berm height), el espesor del sustrato y el espesor de la malla de drenaje. El área de estudio fue la azotea del estacionamiento de múltiples niveles (MSCP) del campus de Swinburne University of Technology Sarawak. El modelo fue calibrado con datos de cinco eventos extremos de precipitación, obteniendo un coeficiente de correlación promedio de 0.93 y una eficiencia Nash-Sutcliffe de 0.92. Los resultados indicaron que la configuración óptima (Tipo H), con 100 mm de altura de borde, 150 mm de espesor de suelo y 50 mm de espesor de malla de drenaje, logró reducir la generación de escorrentía en un 26.49% e incrementar la capacidad de almacenamiento en un 51.50% respecto a la configuración mínima. En cuanto a la calidad del agua, esta configuración demostró una remoción del 89.75% de sólidos suspendidos totales (TSS), 93.07% de fósforo total (TP), 93.16% de nitrógeno total (TN) y 81.33% de demanda bioquímica de oxígeno (BOD). No obstante, se registró una disminución del pH hasta valores de 5.933, volviéndose más ácido debido a los sustratos empleados. Los autores concluyeron que la efectividad del techo verde en el almacenamiento de agua y la remoción de contaminantes es proporcional al espesor total de sus componentes, y que estos sistemas representan una herramienta sostenible y prometedora para la gestión de aguas pluviales en regiones tropicales.

Según **Rhodes (2012)**, titulado su trabajo “Implementación de un modelo de techo verde y su beneficio térmico en un hogar de Honda, Tolima (Colombia)”. Su objetivo principal es determinar el efecto térmico, o cambio de temperatura, que resultaría después de instalar el techo verdes con un clima cálido en Honda, Tolima. Por el contrario, Honda seleccionó el bambú como el área de estudio y material. (Tolima). El trabajo fue evaluado teniendo en cuenta los factores de temperatura en el techo y dentro de la casa (entorno), y se revisaron los principales beneficios de emplear este proceso como un enfoque de gestión contra el calentamiento global. (on the surface).

En comparación con la región sin un techo verde, el área con un techo verde experimentó una atenuación térmica de 0.52°C en la temperatura ambiente promedio. Sin embargo, se observó una caída de 0.94°C después de unas pocas horas; estadísticamente, esta no fue una diferencia significativa, pero puede tener un impacto sustancial en el comportamiento y la supervivencia de microbios y animales, procesos biogeoquímicos, etc. Resultó un cambio de temperatura al exterior en el techo comparándolo con las áreas con y sin techos verdes. El techo verde tuvo una atenuación promedio de 5.82°C , y ocasionalmente alcanzó los 12.29°C . Luego de implementar el techo V. se verifica el beneficio al medio ambiente y brinda a los habitantes para mejorar el estilo de vivir, fue finalmente gestionada y descrita. Se determinó después de la implementación que reduce la temperatura de una casa en una ubicación calurosa; sin embargo, la magnitud de esta reducción y sus ventajas dependen del tamaño del área utilizada, así como de elementos adicionales como el riego, el grosor del sustrato y los materiales. Además, se puede crear un techo verde con un pequeño número de materiales y recursos según las necesidades y la disponibilidad de las personas, haciéndolo asequible para todos.

Los autores **Contreras & Villegas, (2019)** en su artículo denominado “Techos verdes para la gestión integral del agua: caso de estudio Chapinero, Colombia”. Utilizan la investigación de análisis, este estudio examina cómo se comporta la inundación urbana en el área norte de Chapinero cuando los techos actuales son reemplazados por techos verdes. Además, crea un prototipo de techo verde que mide la calidad del agua de lluvia tanto antes como después de que pase por varios sustratos (como humus, arena, cáscara de arroz, tierra de jardín y/o aserrín) y plantas (como *Sedum*, *Asparagus plumosus* y *Soleirolia*) para identificar los materiales que controlan el estado de la lluvia tras escurrir por el techo. Aumentar el número de techos verdes ayuda a reducir las

inundaciones y mejora la capacidad de las tuberías de desagüe pluvial del área para transportar el agua de lluvia. Según estudios de prueba, el aserrín es un 46% más efectivo que los otros materiales examinados para regular el pH de la lluvia. Las circunstancias de lluvias frecuentes fueron toleradas satisfactoriamente por las plantas de sedum. Además de hacer que las ciudades sean menos susceptibles a las inundaciones, el uso de tecnologías verdes establece sistemas para una gestión integral del agua.

Los autores **Sánchez et al. (2022)** en su artículo denominado “Análisis para implementar techos verdes sobre losas de concreto reforzado”. Este estudio se propuso examinar a fondo las características técnicas, estructurales y de diseño de las losas de concreto reforzado en el contexto de su uso como estructuras de soporte para techos verdes en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Se tuvieron en cuenta las características inherentes del elemento de soporte (losas), su estado en el momento del análisis y su diseño bajo regímenes de durabilidad. Tras la investigación, se descubrió que, de acuerdo con los requisitos técnicos pertinentes, los tramos típicos requieren menores grosores de losas y números de acero. Se puede esperar el daño por corrosión del acero y ocurre cuando hay fallas de diseño, así como problemas relacionados con la construcción. Se pueden observar patologías similares en las construcciones que han sido examinadas y evolucionadas a través de procesos de construcción formal o autoconstrucción. Una de las principales lagunas de conocimiento es la ausencia de instalaciones de capacitación para propietarios y empleados que utilizan técnicas de autoconstrucción, así como la laxitud de las autoridades en la aplicación de los códigos de construcción. Por último, es dudoso que se instalen techos verdes en estos edificios sin antes someterlos a importantes modificaciones relacionadas con la construcción.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según **Dueñas et al. (2023)**, en su tesis titulado “Evaluación de la eficiencia de los techos verdes con *Lolium perenne* para el aprovechamiento de las precipitaciones pluviales en una vivienda, Huancavelica - 2022”. Sugiere utilizar opciones técnicas para la purificación y almacenamiento de agua. Este estudio se evalúa una instalación de techos verdes en una residencia de Huancavelica utilizando una metodología analítica y experimental. Según los hallazgos, la planta "*Lolium perenne*" se climatiza y se adapta a una cubierta vegetal que es efectivo que retiene el 37.5% de las precipitaciones sin alterar significativamente su calidad, cumpliendo con las directrices ambientales para su uso en el suministro de agua para animales y el riego de plantas. Se determina que instalar techos verdes es una forma efectiva y sostenible de almacenar y mejorar la calidad del agua de lluvia. Se recomienda encarecidamente que las residencias de Huancavelica instalen techos verdes debido a sus múltiples aplicaciones, que incluyen almacenamiento de emergencia, descarga de inodoros, riego de plantas y tareas del hogar.

Según **Rodríguez (2017)**, Tesis titulado “Propuesta de diseño de techo verde en azotea para vivienda en zona de expansión urbana en el Distrito de Nuevo Chimbote, 2017”. El objetivo principal es elaborar un plan de diseño para un techo verde en un edificio residencial ubicado en la zona de crecimiento urbano del distrito de Nuevo Chimbote. El proyecto se llevó a cabo en una zona en expansión. El diseño de un techo verde sobre una azotea con estructura de soporte dio lugar a los siguientes resultados; en este ejemplo, se empleó un diseño de losa ligera, teniendo en cuenta las capas que debían incluirse. Posteriormente, se documentaron el presupuesto y los parámetros para influir en los gastos futuros. La investigación de la tesis es de carácter descriptivo más que experimental. El trabajo de campo se llevó a cabo mientras se elaboraban las

especificaciones técnicas para la recopilación de datos destinados al concepto de diseño del proyecto. Como resultado, el número de personas que residen en la unidad de vivienda se tiene en cuenta en la estimación de la población para la cobertura verde. Los techos verdes son especialmente útiles para el desarrollo, ya que mejoran la calidad de vida y mantienen la estabilidad demográfica en nuestra región. Esta nueva zona verde tiene como objetivo animar a la gente a optar por el nuevo proyecto de techos verdes para viviendas ecológicas en el barrio de Nuevo Chimbote.

Según **Cueva & Culqui (2023)** en su trabajo de investigación titulado “Instalación de techos verdes y Drenaje pluvial en jr. Chanchamayo Cuadra 14, Cajamarca en el año 2022”. En vista de ello, el objetivo de esta investigación es determinar si la construcción de techos verdes es una solución viable para mejorar el drenaje de las aguas pluviales en Jr. Chanchamayo, Manzana 14, Cajamarca. En este caso, el estudio es tanto descriptivo como exploratorio. Se seleccionaron seis familias de la zona del proyecto para la investigación, con cuatro unidades de estudio y cuatro prototipos (A y B): prototipos de tejados verdes intensos (B) y prototipos de tejados verdes extendidos (A). La muestra es intencional y no probabilística. Los resultados permitieron estimar la capacidad de retención de los prototipos de tejados estudiados, que varió entre el 40 % y el 77 % de las precipitaciones para los tejados verdes grandes y entre el 43 % y el 87 % para los tejados verdes intensos. Se descubrió que la construcción de techos verdes es viable si se trata de techos verdes grandes y modulares, ya que los valores máximos de deflexión cumplen con la norma peruana E-030. La evaluación demostró que el proyecto es rentable a largo plazo, con un costo directo de S/441,50 por m².

Según **Ameghino et al. (2021)** en su trabajo de tesis titulado “Ecotecnologías de Aprovechamiento Hídrico para Viviendas Sostenibles en Lima Metropolitana”. El

objetivo del estudio es delinear la importancia de las ecotecnologías de gestión del agua para el sector económico, social y medioambiental. El análisis se concentrará en el tratamiento de aguas residuales residenciales y las ecotecnologías de techos verdes. Podemos comprender las ventajas de usar ecotecnologías, y los desafíos que enfrentan al implementarse en los hogares de Lima Metropolitana, al conocer cómo se utilizan actualmente y si pueden aplicarse dado el clima y la base sobre la cual están contruidos. Hubo un enfoque cualitativo en el proceso de investigación. Se recopilaron datos mediante una búsqueda enfocada de literatura relevante sobre ecotecnologías de consumo de agua. Como herramienta de validación para este estudio, se realizaron preguntas a peritos con peritos en el área de construcción sostenible para conocer más sobre cómo operan las ecotecnologías del agua en edificios donde se han implementado con éxito. Por último, se analizaron resultados por la técnica de análisis de contenido. El resultado del estudio demostró la viabilidad de integrar ecotecnologías tanto en nuevas construcciones como en residencias existentes en la ciudad de Lima Metropolitana. De manera similar, se descubrió que al usarlo reduce los impactos que se tienen al no contar con áreas verdes, el escaso recurso hídrico, el aire contaminado entre otros riesgos del clima que se presentan en Lima. Como conclusión del proyecto se centraron en recomendar la implementación de algún proyecto para que tengan un hogar más sostenible en la ciudad de Lima mediante la implementación gradual de políticas y aporte también del sector particular además de los municipios. También fomentó el uso de ecotecnologías con beneficios para el riego de estas tecnologías.

2.2. Bases Teóricas – Científicas

2.2.1. Techos Verdes

El techo verde debe tener impermeabilización, un sistema repelente para raíces, red de alcantarilla, una malla de filtración, algún sustrato liviano y especies de filtración. (Green Roofs, n.d.)

Mencionando cubiertas verdes pueden ser cambiantes, con sistemas de drenaje, algún textil que filtre, algún sustrato para especies de la zona en rejillas que no son estáticas, y deben estar entrelazadas, bien pueden estar dispuestos o contruidos de manera que cada componente del sistema pueda instalarse por separado. Las cubiertas verdes pueden definirse como lugares que tengan un espacio donde contenga plantas. Dicho espacio podría tener el nivel del lugar y su sustrato, al nivel del suelo o por encima de él, en la mayoría están ubicados fuera del sustrato natural. Y de alguna manera se tendrán beneficiarios tanto externo como interno. (Green Roofs, n.d.)

2.2.2. Tipos de techos verdes

a) Cubierta Verde Extensiva

La capa de sustrato de los techos verdes extensivos varía en grosor de 8 a 13 cm. Es el tipo más ligero de techo verde y la mejor opción para estructuras con resistencia estructural limitada debido a su menor grosor. Su nombre proviene del hecho de que son los más populares para cubrir vastas superficies porque son ligeros. (AddGreen Project, 2024)

b) Cubierta Verde Intensivo

La capa de sustrato para este tipo de techo verde puede variar entre 20 cm y casi 1 metro, aunque no es una buena idea sobrecargar la estructura del edificio. En su lugar, sé creativo con el diseño del techo verde. (AddGreen Project, 2024)

c) Cubierta verde Semi-extensivas o semi-intensiva.

Debido a que combinan elementos de techos verdes extensivos e intensivos, se les denomina semi-extensivos o semi-intensivos. El grosor de la capa de sustrato varía de 10 a 30 cm en toda la superficie de la cubierta. Además, podría crearse una composición vegetal variada debido a los cambios de profundidad en el sustrato. (AddGreen Project, 2024)

Tabla 2. *Clasificación de Techos Verdes*

TIPOS DE TECHO VERDES			
	Techo verde extenso	Techo verde semi – intenso	Techo verde intenso
Mantenimiento	Bajo	Periódicamente	Alto
Irrigación	No	Periódicamente	Regularmente
Comunidades de plantas	Musgos - Sedum - herbáceas y pastos	Pastos - herbáceas y arbustos	Césped o perenes, arbustos y árboles
Altura total de sistema	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
Peso	60 – 150 kg/m ²	120 – 200 kg/m ²	180 – 500 kg/m ²
Costos	Bajo	Medio	Alto
Uso	Capa protectora ecológica	Techo verde diseñado	Jardín tipo parque

Fuente: Extraído de (AddGreen Project, 2024)

2.2.3. Ventajas de un techo verde

Debido a que pueden contrarrestar la temperatura y tener temperatura ambiente de 0.3 y 3°C, los techos verdes tienen un impacto ambiental positivo en el cambio climático. Además, almacenan un promedio de 168 g de carbono por metro cuadrado de su área, lo que ayuda a minimizar la contaminación química actual, y permiten una reducción del 25% en la concentración de polvo en la atmósfera. De manera similar, los techos verdes ayudan a las ciudades a utilizar menos agua dulce al estabilizar el nivel del agua subterráneos y así disminuir el peligro de aluviones de las áreas metropolitanas y disminuye el flujo anual de escorrentía entre un 27% y un 81% al retener entre un 35% y un 41% de la lluvia para su reutilización. Finalmente, al proporcionar hábitats para la flora y fauna local, ayudan en la preservación de la biodiversidad al facilitar la migración y reproducción de las especies. (López et al., 2020)

2.2.4. Pendiente del techo verde

La cubierta vegetal está sostenida por esta superficie. Esta debería tener la capacidad de ser soporte de la cubierta vegetal con todas sus partes constituyentes, incluyendo el suelo empapado de agua, y tener una pendiente mínima del 2%. La instalación requiere que el diseño estructural del edificio tenga en cuenta tanto la carga activa que se trasladará al techo como el peso muerto del techo verde completamente saturado. El tipo de azotea verde que se construirá determinará la carga muerta; un sistema extensivo tiene un medio vegetativo que tiene entre 10 y 15 cm de espesor y un peso saturado de aproximadamente 100 a 190 kg/m². Es necesario que sea resistente ante una compresión de 3000 psi en cuanto al concreto. (Euclid Chemical Toxement, 2020)

2.2.5. Sustrato

Los materiales utilizados para cultivar plantas que no son suelos naturales se llaman sustratos. El pequeño espacio que contiene los sustratos—la maceta o el recipiente—determina esta particularidad de ser distinto del suelo. La cultivación en sustrato en realidad se originó de la necesidad de los antepasados de cultivar en recipientes, inicialmente por razones estéticas y luego por razones comerciales. (Bures, 2002)

La idoneidad de un sustrato dependerá de su adecuado manejo agronómico y no puede, por sí sola, garantizar el éxito de un cultivo. Esto se debe a que un medio de cultivo puede producir diferentes resultados dependiendo del material, la forma o el tamaño del contenedor; la especie de planta; las técnicas de riego; el sistema de fertilización; la duración del cultivo; el destino final de las plantas; o las condiciones climáticas específicas. (Bures, 2002)

La densidad aparente o el volumen y la retención de agua de los sustratos son probablemente sus propiedades físicas más cruciales. Los sustratos, que están compuestos principalmente de minerales, típicamente tienen una densidad aparente más baja que el suelo. (Bures, 2002)

Tabla 3. *Parámetros físicos y químicos del sustrato para el techo verde extenso*

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS		
Parámetro	Cantidad	Unidad de medida
Masa de arcilla y limo	≤ 15	%
Masa de materia orgánica	> 8	%
Permeabilidad	≥ 0.001	cm/s
Retención de humedad	≥ 20 y ≤ 65	% del volumen
Porosidad total	≥ 10	% en volumen
pH	≥ 6 y ≤ 7.5	

Fuente: Universidad Privada del Norte

2.2.6. Ray Grass (*Lolium perenne*)

Un pasto de clima templado que puede cultivarse en climas tropicales altos, el Ray Grass perenne tiene un valor nutricional más alto que los pastos tropicales altos (>2500 msnm.). Así de forma similar, puede soportar las bajas temperaturas y la radiación solar que se encuentran en esas regiones. (Villalobos & Sánchez, 2010)

Los techos verdes ofrecen varias ventajas estéticas, energéticas y ambientales. Entre los beneficios para el medio ambiente se encuentran la retención del agua de lluvia por parte de las plantas y el suelo, lo que reduce la contaminación de las aguas pluviales; la ampliación de las zonas forestales urbanas; la reducción del efecto isla de calor urbano; la preservación de la biodiversidad; y la captura de dióxido de carbono, que las plantas utilizan para la fotosíntesis. (Quezada et al., n.d.)

Los techos verdes actúan como una capa adicional de aislamiento térmico que ayuda a mantener temperaturas interiores agradables al reducir la transmisión de calor hacia el interior del edificio. Además, ofrecen un efecto de enfriamiento debido a la

evapotranspiración, que es el proceso mediante el cual el agua en el sustrato se evapora y las plantas transpiran. (Quezada et al., n.d.)

2.2.7. Aguas pluviales

La utilización del agua con un sistema de recolección de agua de lluvia, que es una técnica poco común pero intrigante partiendo de lo ambiental y financiero. La idea detrás del sistema es recolectar el agua de lluvia de los techos y usarla directamente en las viviendas como una alternativa rentable para varios propósitos. (León, 2016)

2.2.8. ECA del Agua (D.S. 004 – 2017 MINAM)

Independientemente de si un país utiliza el agua para el consumo humano, la industria o el riego, una región o una ciudad, la Norma de Calidad Ambiental del Agua (ECA) es una técnica para evaluar la calidad del agua del medio ambiente. (El Peruano, 2017)

Este Este equipo de medición también tiene en cuenta las concentraciones de los componentes o las características presentes en el agua cuando esta actúa como cuerpo receptor, es decir, sin poner en peligro el medio ambiente ni la seguridad de los humanos. (El Peruano, 2017)

Finalmente, el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA), como los demás ECAs, no es obligatorio por ley. Se emplean con el objetivo de instaurar políticas ambientales públicas y no para medir las emisiones de individuos específicos, pues su propósito es definir un nivel tolerable de calidad para las emisiones producidas por la sociedad en su conjunto (El Peruano, 2017)

Tabla 4. *Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3

Fuente: Extraído de El Peruano, 2017

2.3. Definición de Términos Básicos

➤ Techos verdes

Cuando toda o una parte de un techo está cubierta de vegetación, se utiliza el término "techo verde". Otros nombres para este tipo de techo son techo vegetativo o ambiental, techo verde, techo ecológico, techo sostenible y techo vivo. (CEDREO, 2024)

➤ Contaminación

La existencia de sustancias peligrosas en el medio ambiente, ya sean biológicas, químicas u otras, que de alguna manera ponen en riesgo la vitalidad de los individuos que allí residen, incluidos, por supuesto, los humanos, se conoce como contaminación ambiental. En general, la actividad humana es la fuente de la contaminación ambiental. (BBVA, n.d.)

➤ Calentamiento global

Similar al vidrio de un invernadero, los gases en el ambiente y captan temperatura calorífica, así evitan que se escape al espacio, lo que conduce al calentamiento global. La vida en la Tierra es posible gracias al efecto invernadero, que eleva la temperatura de la superficie terrestre por encima de lo que sería en ausencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera. (Parlamento Europeo, 2023)

➤ Precipitaciones pluviales

En la fase de precipitación del ciclo hidrológico, el agua desciende del cielo a la tierra. Esto es el resultado de la condensación, que es el proceso mediante el cual se forman las nubes a medida que el vapor de agua se acumula en el cielo. (INE, 2022)

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) es óptimo para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

2.4.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis Específica 1

La cantidad de agua pluvial captada es superior al 20 % con el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Hipótesis Específica 2

Los parámetros fisicoquímicos influyen notablemente en la calidad del agua pluvial en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Hipótesis Específica 3

Los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) cumplen con los valores establecidos por el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM), determinando su calidad como apta para uso en una vivienda del distrito de Yanacancha, 2025.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable Independiente

Techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*)

2.5.2. Variable Dependiente

Captación y aprovechamiento de agua pluvial

2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

Tabla 5. *Definición Operacional de Variables e Indicadores*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDIDA	INSTRUMENTO
Variable independiente: Techos verdes con Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>)	Los techos verdes, que utilizan plantas que se adaptan al ecosistema, son espacios verdes situados en los techos y terrazas de las viviendas.	Diseño del techo verde	• Área • Pendiente • Espesor del sustrato	• m² • % • cm	• Flexómetro • Nivel • Flexómetro
Variable dependiente: Captación y aprovechamiento de agua pluvial	Todos los tipos de agua, ya sea líquida o sólida, que descenden del cielo y aterrizan en la superficie de la Tierra.	Calidad de agua Calidad fisicoquímica del agua captada	• Porcentaje de retención hídrica • Turbidez • Ph • Conductividad • Cloro • Temperatura	• % • UNT • Unidades pH • uS/cm • mg/l • °C	• Envase de balde graduado • Turbidímetro • Multiparámetro • Conductímetro • Colorímetro • Multiparámetro

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación de tipo cuantitativo y de campo. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de la recolección de datos numéricos y el análisis estadístico, lo que se ajusta al propósito de esta investigación de medir el porcentaje de retención hídrica y los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada por el techo verde. El trabajo se desarrolló en campo, bajo condiciones reales de precipitación propias del distrito de Yanacancha, sin manipular artificialmente el clima ni aislar el sistema de los factores ambientales de la zona, tal como corresponde a un estudio de campo (Bernal, 2016).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo. De acuerdo con Arias (2012), este nivel de investigación tiene como propósito determinar las causas de los eventos y fenómenos, estableciendo relaciones de causa-efecto entre las variables de estudio. Bajo esta perspectiva, el nivel explicativo permitió no solo describir el comportamiento del techo verde, sino determinar en qué medida su implementación explica los cambios

observados tanto en la captación de agua pluvial como en la calidad fisicoquímica del recurso captado.

3.3. Métodos de investigación

Se emplearon dos métodos complementarios. El método analítico, definido por Bernal (2016) como aquel que consiste en descomponer un fenómeno en sus elementos constitutivos para estudiarlos individualmente, se utilizó para examinar el comportamiento de la especie Ray Grass (*Lolium perenne*) a partir de la revisión de antecedentes y estudios previos sobre techos verdes. El método experimental, por su parte, se aplicó mediante la instalación de un prototipo y la obtención de mediciones repetidas antes y después del paso del agua por el sistema, siguiendo el procedimiento de manipulación deliberada de una variable para observar su efecto sobre otra, descrito por Hernández-Sampieri et al. (2014). El análisis fisicoquímico de las muestras se realizó en el laboratorio de EMAPA Pasco.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado fue preexperimental, de tipo pre-prueba/post-prueba con un solo grupo. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), los diseños preexperimentales se caracterizan por administrar un estímulo o tratamiento a un único grupo de estudio y aplicar posteriormente una medición para analizar su efecto, sin contar con un grupo de control ni con asignación aleatoria de las unidades de análisis. Esta definición se ajusta al presente estudio, en el que un único prototipo de techo verde constituyó la unidad de análisis, y cada muestra de agua fue medida antes de ingresar al sistema y nuevamente después de atravesarlo, lo que permitió una comparación de los resultados mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas (Triola, 2018).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Ñaupas Paitán et al. (2018), la población es el conjunto de todos los elementos o unidades que poseen las características que se desean estudiar. En ese sentido, la población de este estudio estuvo conformada por la totalidad del agua de lluvia caída sobre el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) instalado en la vivienda de estudio, en el distrito de Yanacancha, durante el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2025.

3.5.2. Muestra

La muestra, entendida como el subconjunto representativo de la población seleccionado para su medición directa (Hernández-Sampieri et al., 2014), estuvo conformada por diez eventos de precipitación registrados entre noviembre y diciembre del 2025, periodo en el que se concentraron las lluvias aprovechables para la toma de datos. De cada evento se obtuvo un par de mediciones: una correspondiente al agua antes de su contacto con el techo verde, y otra correspondiente al agua después de atravesarlo. El muestreo fue de tipo no probabilístico, ya que las unidades de estudio no se eligieron mediante un proceso aleatorio, sino en función de la disponibilidad de las precipitaciones ocurridas durante el periodo de investigación (Bernal, 2016). El prototipo se ubicó dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a la espalda del Laboratorio de Ingeniería Ambiental, en las coordenadas UTM (zona 18S) 362865.00 E, 8820343.00 N. La zona se caracteriza por un clima frío de altura, con una temperatura que oscila entre -0.6 °C y 13 °C, y una precipitación promedio anual cercana a los 900 mm, según datos de Senamhi (2025).

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

3.6.1. Técnicas

La técnica empleada fue la observación directa con toma de muestras en campo, definida por Arias (2012) como aquella que permite obtener información mediante el registro visual y sistemático de un fenómeno tal como este ocurre en su ambiente natural. Cada vez que se presentaba una precipitación, se recolectaba una muestra de agua de lluvia antes de su contacto con el techo verde y otra correspondiente al agua filtrada por el sistema; ambas se trasladaron al laboratorio de EMAPA Pasco para su análisis.

3.6.2. Instrumentos

Para el registro de datos en campo y la posterior medición de parámetros se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Termómetro ambiental
- Medidor de parámetros fisicoquímicos (multiparámetro)
- Ficha de registro de campo
- Envase de plásticos o de vidrios de 250 ml
- Plumones indelebles y libreta de campo, para el etiquetado de los envases y anotaciones de observaciones

3.6.3. Materiales

Los materiales empleados en la construcción del prototipo se seleccionaron buscando un bajo peso sobre la estructura del techo, fácil disponibilidad en el mercado local y un costo accesible. El detalle de cantidades y precios se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. *Lista de materiales para el techo verde*

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Estructura				
Madera	4	2 '' x 1 ''	10.50	42
Triplay Fenólico 15 mm	1	unidad	110	110
Manta plástico 4x5 m transparente	1	unidad	40	40
Tela	2	unidad	4	8
Clavos	1/4	1 ½''	2.5	2.5
Tubo agua PVC ½''	1	½''	10	10
Especie vegetal				
Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>)	½	kg	10	10
Sustrato				
Tierra negra	1	m ³	80	80

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. Procedimientos

i. Fase de Pre – campo

Se realizó el reconocimiento del lugar de la vivienda que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, se tomó un diseño del techo verde de acuerdo con las dimensiones.

ii. Fase de campo

Se implementó el diseño del techo verde, y se procedió con la instalación acorde a las siguientes etapas:

- ✓ Limpieza del área para su posterior instalación del techo verde.
- ✓ Armado del encofrado donde estará el techo verde.

- ✓ Colocado del plástico después de colocar el tubo en el encofrado.
- ✓ Colocado de tubo para conducir y almacenar el agua.
- ✓ Colocar una tela como filtro.
- ✓ Colocar el sustrato, que viene a ser la tierra negra con abono orgánico.
- ✓ Dirigir el agua filtrado para almacenar y seguidamente se pueda utilizar para consumo humano, riego de vegetales o bebida de animales.

iii. Fase de experimento

“En esta fase se avaluó la cantidad de agua pluvial que cae y el porcentaje de la capacidad de retener agua con el techo verde.” (Dueñas Paco et al., 2023)

“El cálculo de la eficacia de retención de esorrentía en cada contenedor de techos verdes considera el volumen de percolación y precipitación. Se emplea una fórmula concreta con el fin de calcular cuánta lluvia se retiene, basándose en estos datos.” (Dueñas Paco et al., 2023)

Ecuación para la retención de agua:

$$\%Retención = \left(\frac{\text{Volumen de lluvia} - \text{volumen de percolación}}{\text{volumen de lluvia}} \right) * 100$$

Fuente: Extraído de Dueñas Paco et al., 2023

Por otro lado, en relación con el propósito de establecer la calidad del agua que fluye por el techo verde, se llevó a cabo de la siguiente manera, una vez que haya sido instalado e implementado:

- ✓ Recolección del agua de lluvia de la precipitación, antes de su contacto con el techo verde.
- ✓ Recolección del agua de lluvia de la precipitación, después de pasar por el techo verde.

- ✓ Las muestras recolectadas se analizaron en un laboratorio y se determinó los parámetros fisicoquímicos para la calidad del agua.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis estadístico se recurrió a la prueba t de Student, tanto en su versión para una sola muestra como para muestras relacionadas. Según Triola (2018), la prueba t de Student para muestras relacionadas o dependientes se aplica cuando los datos de dos conjuntos provienen de los mismos sujetos o unidades medidos en dos momentos distintos, siendo el procedimiento estadístico apropiado para determinar si la diferencia entre ambas mediciones es significativa o se debe al azar. Esta condición se cumple en la presente investigación, ya que las diez muestras de agua fueron medidas antes y después de su paso por el techo verde.

3.8. Tratamientos estadísticos

El procesamiento de los datos se apoyó en Microsoft Excel, para la organización inicial de la información y la elaboración de gráficos comparativos, y en el programa estadístico SPSS, para la ejecución de las pruebas t de Student que permitieron aceptar o rechazar cada una de las hipótesis planteadas en la investigación, siguiendo el procedimiento de contraste de hipótesis descrito por Triola (2018).

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

El desarrollo de esta investigación se sustentó en el manejo honesto de los datos recogidos en campo y en laboratorio, evitando cualquier ajuste o alteración de los resultados para favorecer un resultado esperado, en concordancia con los principios de objetividad y verificabilidad del conocimiento científico planteados por Arias (2012). El estudio también respondió a un compromiso con el cuidado del recurso hídrico y del

entorno altoandino donde se realizó, con la intención de que sus hallazgos sirvan como referencia confiable para quienes evalúen la implementación de techos verdes con Ray Grass en viviendas de zonas similares.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del campo experimental

El lugar está situado en el distrito de Yanacancha, en particular, en los recintos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, con exactitud a la espalda del Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Se ubica en los siguientes puntos cartográficos, en la zona 18S.

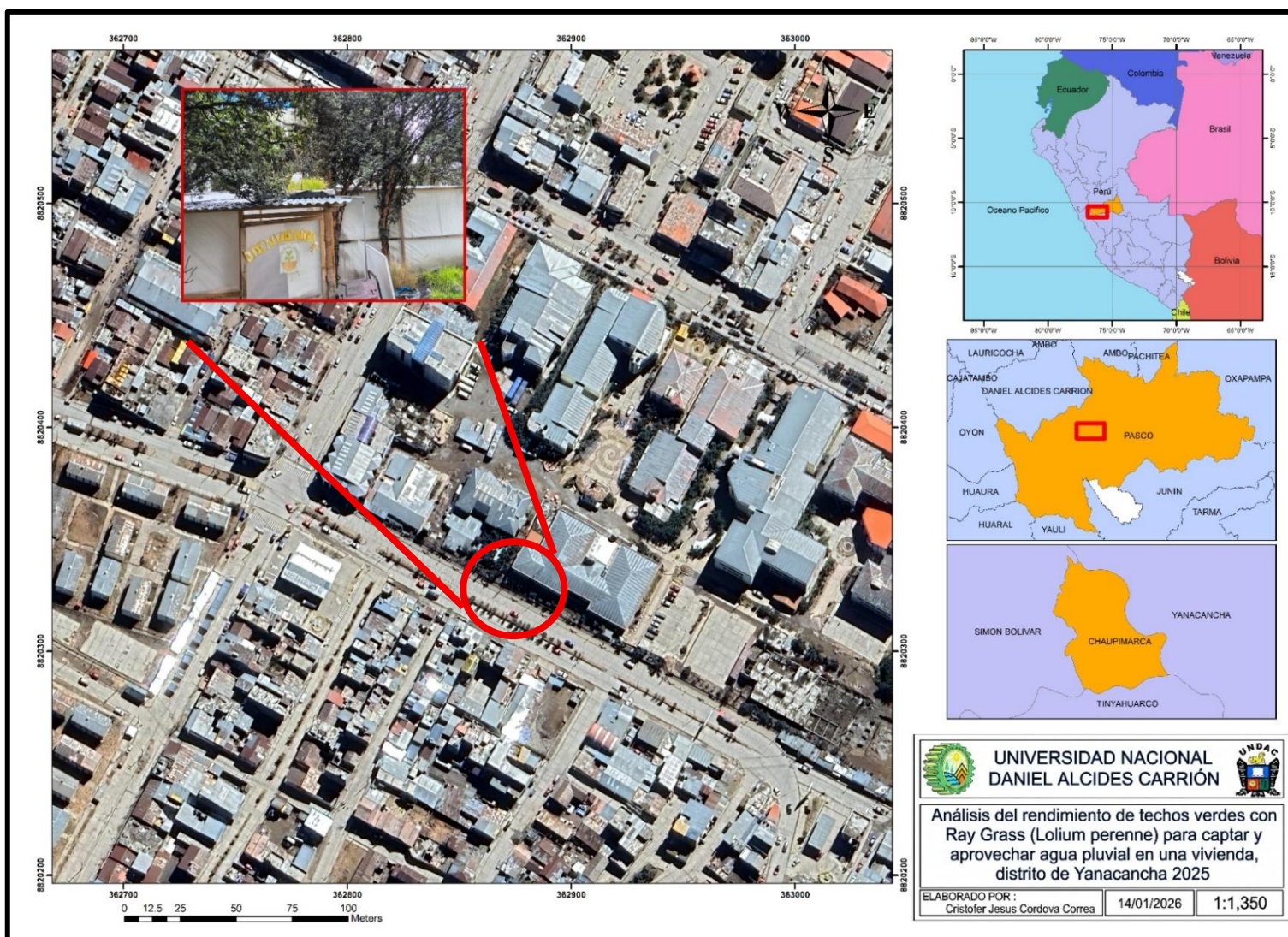
- Norte: 8820343 N Este: 362865 E

Figura 2. *Ubicación del proyecto*



Fuente: Google Earth

Figura 3. Ubicación Geográfica del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Diseño del techo verde

Para el techo verde desarrollada en el proyecto se tuvo en consideración dimensiones como se muestra en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. *Dimensiones del techo verde*

DIMENSIÓN	MEDIDA	UNIDAD DE MEDIDA
Ancho	1	m
Largo	1.5	m
Área	1.5	m ²
Inclinación	15	%
Altura	0.10	m

Fuente: Propia

Se elaboró el diseño y la construcción con medidas mencionadas en el recuadro y se puede ver en la siguiente Figura 4.

Figura 4. *Diseño del techo verde*



Fuente: Elaboración Propia

Armado del encofrado del techo verde

La implementación de la infraestructura de techos verdes se llevó a cabo empleando los materiales detallados en la Tabla 8, donde se especifican los componentes esenciales para su armado.

Tabla 8. *Lista de materiales para el techo verde*

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Estructura				
Madera	4	2 '' x 1 ''	10.50	42
Triplay Fenólico 15 mm	1	unidad	110	110
Manta plástico 4x5 m transparente	1	unidad	40	40
Tela	2	unidad	2	8
Clavos	1/4	1 ½''	2.5	2.5
Tubo agua PVC ½''	1	½''	10	10
Especie vegetal				
Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>)	½	kg	10	10
Sustrato				
Tierra negra	1	m ³	80	80

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento para el armado del encofrado de los **techos verdes** se ejecutó siguiendo una secuencia técnica organizada, la cual comprende las siguientes etapas:

- ✓ **Limpieza del área:** Se realizó la limpieza integral del área para asegurar una superficie de apoyo óptima antes de proceder con el armado del sistema. La remoción de partículas de polvo y escombros es indispensable para prevenir la acumulación de humedad no deseada bajo el encofrado de madera, asegurando así

que el entorno donde se desarrollará el proyecto de investigación. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 12.

- ✓ **Armado del encofrado:** El proceso de armado comenzó cortando los listones de madera de 2"x1" para formar un marco perimetral de 1.5 m de largo por 1 m de ancho. Se aprovecharon los 10 cm de ancho de altura de los listones, funcionando como paredes laterales que contienen el sustrato. Para cerrar la base, se cortó a medida el triplay fenólico de 15 mm, el cual se fijó a la parte inferior del marco mediante clavos para madera cada 20 centímetros. Esta técnica de unión asegura que el cajón sea lo suficientemente fuerte para soportar los 10 cm de tierra negra. Al final, se verificó que las esquinas estuvieran bien cuadradas para que la estructura de los techos verdes sea estable y no presente deformaciones con el tiempo. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 13.
- ✓ **Colocado del plástico en el encofrado:** Una vez finalizado el armado de la estructura del encofrado, se procedió con el recubrimiento interno del encofrado utilizando una lámina de plástico de alta resistencia. Este componente se instaló de forma continua sobre el fondo y las paredes laterales para crear una barrera impermeable que evite cualquier tipo de filtración hacia la base. Esta protección es vital en los techos verdes, dado que garantiza que el agua de lluvia y la del riego permanezcan dentro del sistema de encofrado, protegiendo la integridad del triplay y los listones de madera contra la humedad. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 14.
- ✓ **Colocado de tubo PVC ½":** Una vez que el interior del encofrado quedó completamente impermeabilizado con el plástico, se procedió a la colocación del tubo de PVC de ½ " sobre esta superficie. Para permitir la salida de la red de recolección hacia el exterior, se realizó una perforación precisa en una de las

esquinas de la estructura, permitiendo el paso del ducto sin comprometer la estabilidad del sistema. Este detalle es fundamental en los techos verdes, ya que el orificio permite conectar la red interna con los puntos de almacenamiento, asegurando que el agua captada fluya correctamente fuera del encofrado. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 15.

- ✓ **Tela como filtro:** Tras la instalación de la tubería, se procedió a cubrir el sistema con una capa de tela técnica que actúa como filtro selectivo. La función principal de esta membrana es permitir exclusivamente el paso del agua de lluvia hacia los tubos de PVC, reteniendo las partículas de tierra negra para evitar que obstruyan los conductos. Esta barrera es esencial en los techos verdes, ya que garantiza que el sistema de recolección permanezca limpio y operativo, prolongando la vida útil de la red hídrica. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 16.
- ✓ **Sustrato (Tierra negra):** Una vez instalado el filtro, se procedió con el vertido y distribución de la tierra negra, la cual funciona como el sustrato orgánico del sistema. Se tuvo especial cuidado en esparcir el material de forma uniforme hasta alcanzar el nivel del encofrado, proporcionando así el soporte nutricional necesario para la vegetación. Esta capa es fundamental en los techos verdes, ya que su porosidad y riqueza en materia orgánica permiten una retención de humedad equilibrada y el anclaje seguro de las raíces del Ray Grass. Se puede evidenciar en la siguiente Figura 17.
- ✓ Como último paso de la instalación, se conectó la salida de la tubería al recipiente de balde para el acopio final. En esta etapa, el diseño de los techos verdes permite que el sistema trabaje como un purificador natural de la lluvia; las capas de vegetación y tierra funcionan atrapando la suciedad y clarificando el agua antes de que llegue a los tubos. El resultado es la recolección de un agua mucho más limpia

en el balde, la cual, gracias a este tratamiento natural, se vuelve apta para ser aprovechada de inmediato en el riego del área o para el uso doméstico y consumo humano.

Captación de agua por la tierra negra

Para completar la capa de crecimiento de los techos verdes, se emplearon 0.15 m³ o 135 kg aproximado de sustrato especializado sobre el área de 1.50 metros cuadrados. La estructura consistió en una base de tierra orgánica mezclada con componentes livianos y suelo franco, cumpliendo con los estándares de un sistema extensivo que prioriza el drenaje eficiente. El material se esparció cuidadosamente para evitar que se apriete, manteniendo los espacios de aire necesarios para la planta. Técnicamente, esta mezcla permite retener del 30% al 60% del volumen de agua pluvial recibida; de esta forma, el sustrato funciona como un tamiz natural que gestiona el exceso de agua hacia los tubos de 1/2", asegurando una purificación efectiva del recurso hídrico recolectado.

4.1.3. Porcentaje de agua captado de la lluvia

Los resultados se obtuvieron en cada recolección de la muestra del antes y después del *Lolium perenne*, se muestra en la Tabla 9:

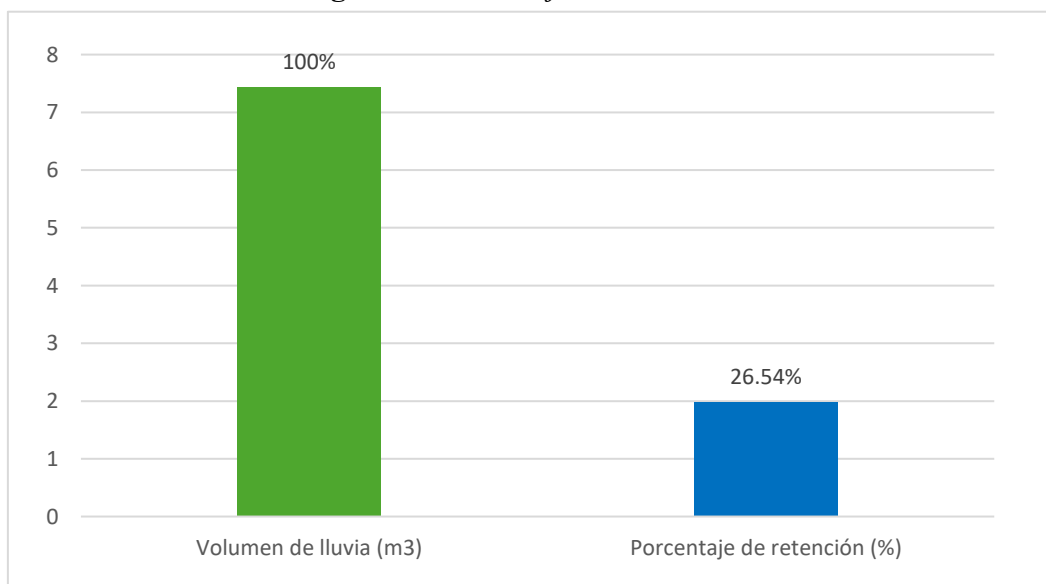
Tabla 9. Resultados de captación de la lluvia

Parámetros	Muestras										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tiempo de precipitación (min)	45	36	48	20	50	26	62	55	30	51	42.3
Volumen de lluvia (m3)	7.3	6.55	7.9	5.3	8.45	5.45	9.9	8.95	6.23	8.3	7.433
Volumen de percolación (m3)	5.3	4.67	5.85	3.98	6.36	4.15	7.35	6.5	4.5	5.9	5.456
Porcentaje de retención (%)	27.40	28.70	25.95	24.91	24.73	23.85	25.76	27.37	27.77	28.92	26.54

Fuente: Obtenida de la recolección de campo

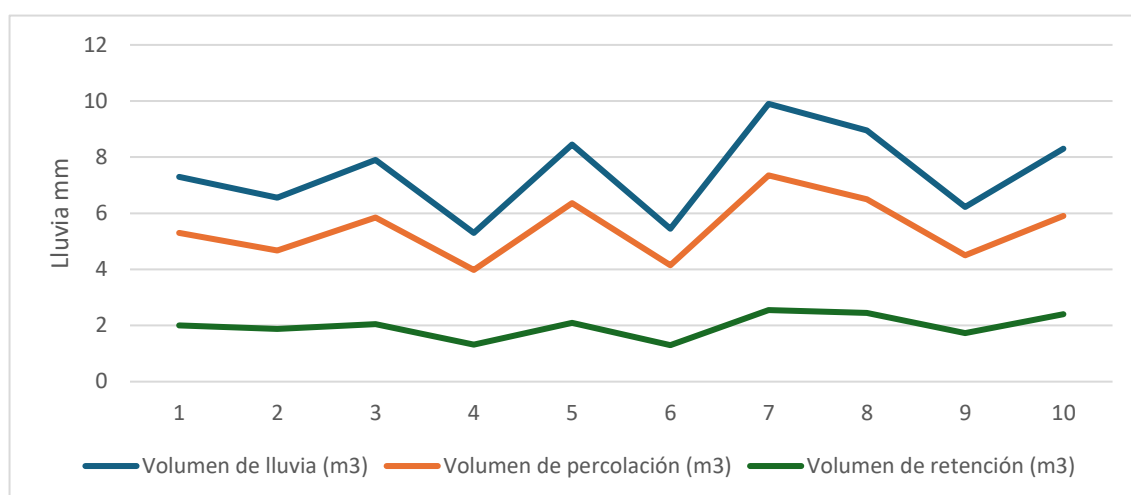
La Tabla 9 detalla resultados de 10 muestras de aguas de lluvias, donde se mencionan el tiempo de precipitación, el volumen de la lluvia recolectada, el volumen de percolación y el porcentaje de retención que se obtuvo del techo verde cuando se presentó la oportunidad de la lluvia durante el proyecto de investigación. En la siguiente figura 5 se presentó el porcentaje de captación de lluvia por el techo verde en un promedio de 26.54% realizadas de las 10 muestras.

Figura 5. Porcentaje de Retención



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Comparativa de los volúmenes de lluvia, percolación y retención de agua



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Las muestras iniciales se extrajeron de las precipitaciones pluviales y las muestras finales se extrajeron de las infiltraciones por el techo verde, se realizó en el distrito de Yanacancha, donde se encuentra instalado el techo verde en una sola vivienda. Las evaluaciones se realizaron en distintas fechas según la variación de las precipitaciones pluviales.

Tabla 10. Números de muestras

Nº	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO
1	M1	03/11/2025
2	M2	07/11/2025
3	M3	12/11/2025
4	M4	17/11/2025
5	M5	22/11/2025
6	M6	28/11/2025
7	M7	03/12/2025
8	M8	06/12/2025
9	M9	08/12/2025
10	M10	11/12/2025

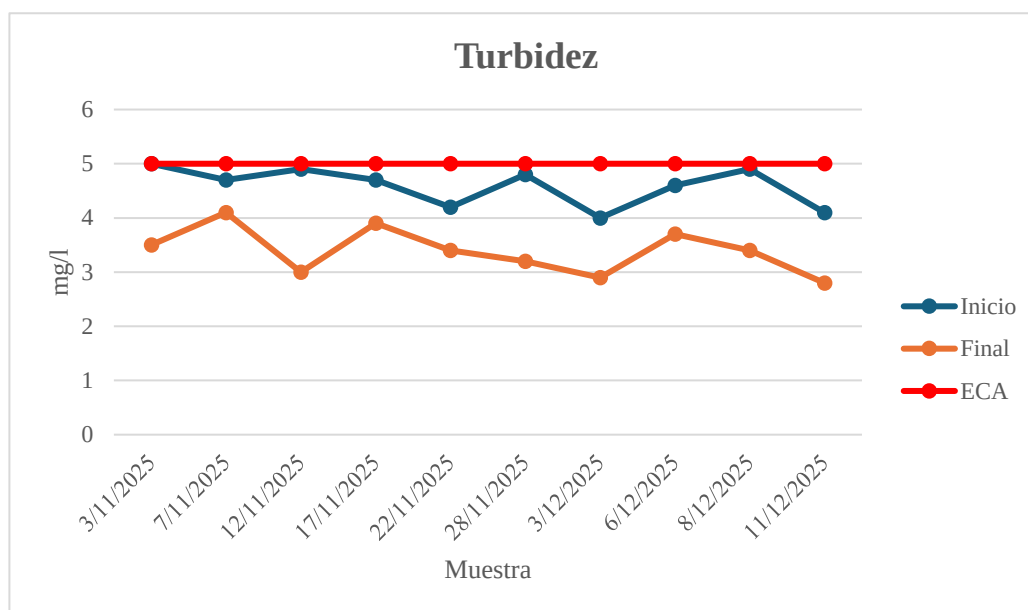
Fuente: Elaboración Propia

Parámetros Fisicoquímicos

4.2.1. Turbidez

Al analizar los niveles de turbidez registrados en cada una de las muestras de agua de lluvia recolectadas, se puede apreciar que en todos los casos el sistema de techo verde logró reducir este parámetro de manera efectiva. En la primera muestra evaluada, el valor inicial fue de 5 UNT, el cual descendió hasta 3.5 UNT luego de atravesar el filtro del techo verde. La segunda muestra presentó un punto de partida de 4.7 UNT, reduciéndose hasta 4.1 UNT al concluir el proceso de filtrado. En lo que respecta a la tercera muestra, se registró un valor inicial de 4.9 UNT, que al pasar por el sistema disminuyó hasta alcanzar los 3 UNT. La cuarta muestra, por su parte, inició con 4.7 UNT y finalizó con 3.9 UNT tras el recorrido por el techo verde. Siguiendo con el análisis, la quinta muestra arrojó un valor de entrada de 4.2 UNT, que se redujo a 3.4 UNT después del filtrado. La sexta muestra comenzó en 4.8 UNT y culminó en 3.2 UNT al completar el proceso. En cuanto a la séptima muestra, su valor inicial fue de 4 UNT, descendiendo hasta 2.9 UNT como resultado de la acción filtrante del sistema. La octava muestra registró un dato de partida de 4.6 UNT, que se vio reducido a 3.7 UNT al finalizar el filtrado. Para la novena muestra, el valor inicial fue de 4.9 UNT y disminuyó hasta 3.4 UNT tras pasar por el techo verde. Finalmente, la décima muestra comenzó con un valor de 4.1 UNT, reduciéndose hasta 2.8 UNT al término del proceso, siendo este el registro más bajo obtenido en toda la evaluación, lo que confirma la capacidad del sistema para mejorar progresivamente la calidad del agua captada.

Figura 7. Comparativa de Turbidez



Fuente: Elaboración Propia

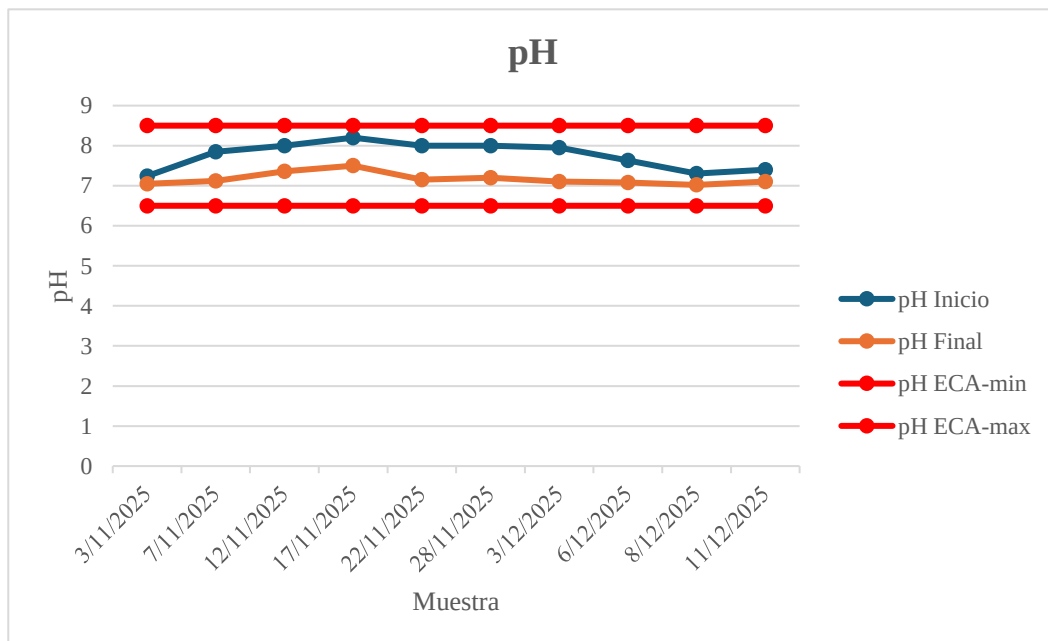
4.2.2. pH

En relación con los valores de pH medidos tanto a la entrada como a la salida del sistema de techo verde, se observó que en la mayoría de las muestras este parámetro experimentó una disminución tras el proceso de filtrado, acercándose a valores más cercanos a la neutralidad. La primera muestra presentó un pH inicial de 7.24, que descendió ligeramente hasta 7.05 luego de atravesar el sistema. La segunda muestra inició con un pH de 7.85, el cual se redujo hasta 7.12 al finalizar el filtrado. Respecto a la tercera muestra, se midió un pH de entrada de 8, que disminuyó hasta 7.36 después de pasar por el techo verde. La cuarta muestra registró un valor inicial de 8.2, reduciéndose a 7.5 al concluir el recorrido por el sistema.

En la quinta muestra, el pH de partida fue de 8, descendiendo hasta 7.15 tras el proceso de filtrado. La sexta muestra presentó un comportamiento particular, ya que su valor inicial fue de 7.15 y al pasar por el techo verde se registró un leve aumento hasta 7.20, lo que podría estar asociado a la interacción del agua con los componentes del

sustrato del sistema. La séptima muestra comenzó con un pH de 7.95, que se redujo hasta 7.1 al término del filtrado. La octava muestra inició en 7.63 y finalizó en 7.08, mientras que la novena registró un valor de entrada de 7.3 y uno de salida de 7.02. Por último, la décima muestra comenzó con 7.4 y concluyó con un pH de 7.1, valor que, al igual que en el resto de los casos, se mantuvo dentro del rango considerado adecuado para este parámetro, lo que indica que el sistema no altera de forma perjudicial las características del agua tratada.

Figura 8. *Comparativa de pH*



Fuente: Elaboración Propia

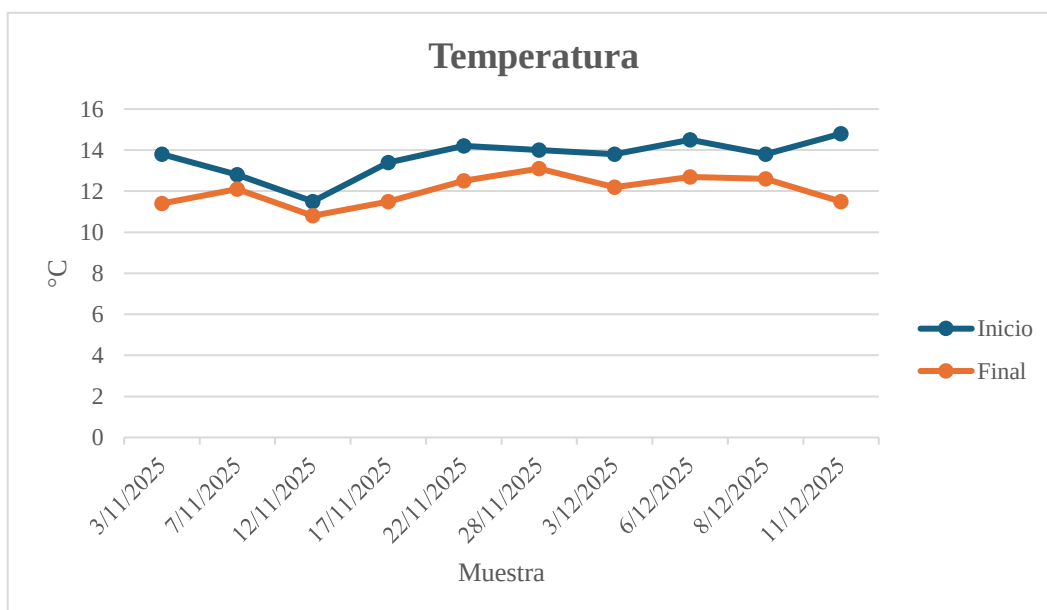
4.2.3. Temperatura

Con respecto a los valores de temperatura obtenidos en cada una de las muestras antes y después de atravesar el sistema de techo verde, se evidenció de manera consistente una reducción de este parámetro en todos los casos analizados, lo que demuestra el efecto térmico regulador que ejerce este tipo de sistema sobre el agua captada. La primera muestra registró una temperatura inicial de 13.8 °C, que descendió hasta 11.4 °C luego del paso por el techo verde. La segunda muestra presentó un valor

de entrada de 12.8 °C, reduciéndose a 12.1 °C al finalizar el proceso. En cuanto a la tercera muestra, la temperatura inicial fue de 11.5 °C, disminuyendo hasta 10.8 °C tras el filtrado. La cuarta muestra inició con 13.4 °C y concluyó con 11.5 °C al completar el recorrido por el sistema.

La quinta muestra partió de 14.2 °C y se redujo a 12.5 °C como resultado del paso por el techo verde, mientras que la sexta comenzó en 14 °C y finalizó en 13.1 °C. En lo que respecta a la séptima muestra, el valor inicial fue de 13.8 °C, que disminuyó hasta 12.2 °C al término del proceso. La octava muestra registró 14 °C al inicio y 12.7 °C al final del filtrado. La novena muestra presentó un dato de entrada de 13.8 °C, reduciéndose hasta 12.6 °C luego de atravesar el sistema. Finalmente, la décima muestra fue la que mostró la mayor diferencia entre el valor inicial y el final de toda la evaluación, al registrar una temperatura de entrada de 14.8 °C que descendió hasta 11.5 °C tras el filtrado, lo que representa una reducción de 3.3 °C y constituye el caso con el mayor descenso térmico documentado durante el estudio.

Figura 9. Comparativa de Temperatura



Fuente: Elaboración Propia

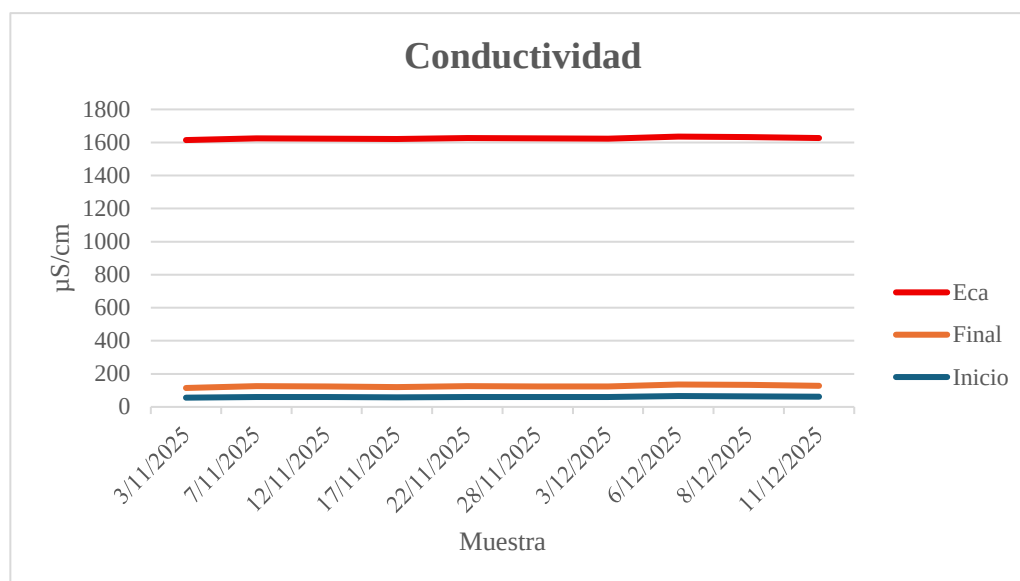
4.2.4. Conductividad

A diferencia de los parámetros previamente analizados, la conductividad eléctrica del agua presentó un comportamiento inverso al pasar por el sistema de techo verde, ya que en todas las muestras evaluadas se registró un incremento de este valor después del filtrado, lo cual puede atribuirse a la disolución de minerales y elementos presentes en el sustrato del sistema durante el tránsito del agua. En la primera muestra, la conductividad inicial fue de 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aumentando hasta 58.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tras el paso por el techo verde. La segunda muestra partió de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y ascendió hasta 64.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al término del proceso. La tercera muestra inició con un valor de 59.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, incrementándose hasta 63.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ luego del filtrado. En la cuarta muestra, el valor de entrada fue de 58.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el de salida de 61.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Continuando con la quinta muestra, se registró un valor inicial de 60.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que ascendió hasta 65.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al finalizar el recorrido por el sistema. La sexta muestra presentó una conductividad de entrada de 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que aumentó hasta 64.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tras el filtrado. En la séptima muestra, el valor inicial fue de 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elevándose hasta 63.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al término del proceso. La octava muestra registró el valor de entrada más alto del conjunto, con 65.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que se incrementó hasta 69.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ después de atravesar el techo verde. La novena muestra inició con 64.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y finalizó con 68.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que la décima partió de 61.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concluyó con 65.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En todos los casos, los valores finales se mantuvieron dentro del rango esperado para este parámetro, sin representar un riesgo para la calidad del agua evaluada.

La primera muestra, N° 01, se obtuvo un primer dato de 56 en términos de conductividad, que se incrementó a 58.5 después de filtrarse por el techo verde; para la segunda muestra, N° 02, se consiguió inicialmente un valor de 60 y luego

Figura 10. Comparativa de Conductividad



Fuente: Elaboración Propia

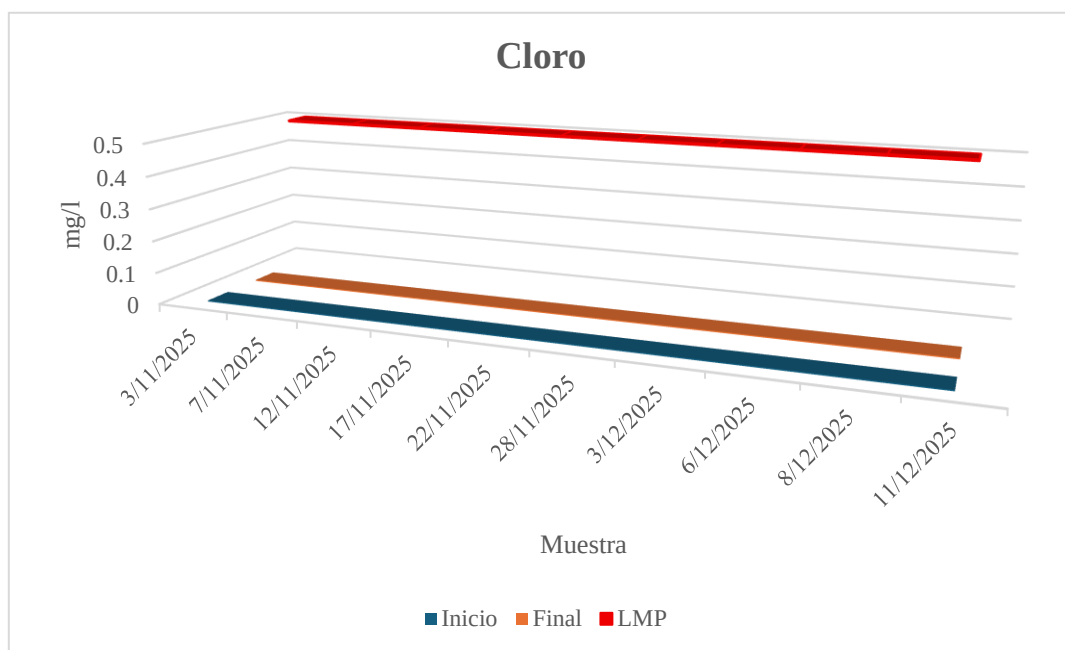
4.2.5. Cloro

En lo que concierne al contenido de cloro libre presente en las muestras de agua de lluvia analizadas, los resultados obtenidos fueron completamente uniformes a lo largo de toda la evaluación, sin registrarse ninguna variación entre los valores iniciales y los valores finales en ninguno de los diez casos estudiados. La primera muestra presentó una concentración de cloro de 0 mg/L antes de ingresar al sistema, manteniéndose en ese mismo valor tras el paso por el techo verde. La segunda muestra registró igualmente 0 mg/L tanto en la entrada como en la salida del sistema. La tercera, cuarta y quinta muestras mostraron el mismo comportamiento, con concentraciones de 0 mg/L en ambas etapas del proceso sin ninguna alteración.

De igual forma, la sexta, séptima y octava muestras mantuvieron una concentración de cloro de 0 mg/L tanto antes como después del filtrado por el techo verde, confirmando la tendencia observada en las muestras anteriores. La novena y décima muestras siguieron este mismo patrón, registrando en ambos casos 0 mg/L en la medición inicial y 0 mg/L en la medición final. Este comportamiento absolutamente

homogéneo a lo largo de la totalidad de las muestras evaluadas sugiere que el agua de lluvia recolectada no contenía cloro residual antes del proceso, y que el sistema de techo verde tampoco incorporó ni eliminó este compuesto durante el filtrado, lo que resulta coherente con las características propias del agua pluvial en entornos sin tratamiento previo de cloración.

Figura 11. *Comparativa de Cloro*



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11.1 Resultados previos y posteriores a la incorporación de un techo verde

Parámetros Fisicoquímicos	UNIDAD	RANGO DE REFERENCIA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
			Inicio	Final	Inicio	Final	Inicia	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Turbidez	UNT	5 UNT	5	3.5	4.7	4.1	4.9	3	4.7	3.9	4.2	3.4
pH	pH	6.5 – 8.5	7.24	7.05	7.85	7.12	8	7.36	8.2	7.5	8	7.15
Temperatura	°C	$\Delta 3$ °C	13.8	11.4	12.8	12.1	11.5	10.8	13.4	11.5	14.2	12.5
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	1 500 $\mu\text{S/cm}$	56.0	58.5	60.0	64.8	59.5	63.4	58.5	61.8	60.5	65.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, data obtenida de laboratorio

Tabla 121.2 Resultados previos y posteriores a la incorporación de un techo verde

Parámetros Fisicoquímicos	UNIDAD	RANGO DE REFERENCIA	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
			Inicio	Final	Inicio	Final	Inicia	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Turbidez	UNT	5 UNT	4.8	3.2	4	2.9	4.6	3.7	4.9	3.4	4.1	2.8
pH	pH	6.5 – 8.5	8	7.20	7.95	7.10	7.63	7.08	7.30	7.02	7.4	7.1
Temperatura	°C	Δ 3 °C	14	13.1	13.8	12.2	14.5	12.7	13.8	12.6	14.8	11.5
Conductividad	μ S/cm	1 500 μ S/cm	60	64.2	59.7	63.4	65.8	69.7	64.3	68.4	61.2	65.8
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, data obtenida de laboratorio

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis General

Hi: El rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) es óptima para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Ho: El rendimiento de techos verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) no es óptima para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Para la prueba de hipótesis general va depende los resultados obtenidos de las pruebas estadísticos de las hipótesis específicas, en donde se podrá ver que si la Hi o Ho se va a aceptar.

Las tres hipótesis específicas que sustentan la hipótesis general fueron aceptadas en su totalidad, con resultados estadísticamente significativos ($p < .05$) en todos los contrastes realizados. La convergencia de estos hallazgos de captación superior al 20 %, mejora de los parámetros fisicoquímicos y cumplimiento íntegro de ECA del Agua, constituye evidencia empírica para validar la hipótesis alterna (Hi) y rechazar la hipótesis nula (Ho).

4.3.2. Hipótesis específicas:

I. Prueba de Hipótesis específica 1

Hi: La cantidad de agua pluvial captada es superior al 20 % con el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Ho: La cantidad de agua pluvial captada no es superior al 20 % con el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

Nivel de Significancia

El nivel de significancia adoptado para el contraste de hipótesis fue de $\alpha = 0.05$ (5%), con un nivel de confianza del 95%, criterio ampliamente utilizado en investigaciones de ciencias ambientales e ingeniería.

Estadística Descriptiva

Los datos del porcentaje de retención de agua pluvial fueron obtenidos a partir de una muestra de $n = 10$ mediciones realizadas en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) instalado en una vivienda del distrito de Yanacancha durante el año 2025. A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de la muestra:

Tabla 132. *Resumen Estadística Descriptiva - Porcentaje de Retención de Agua Pluvial*

Estadísticas para una muestra				
N		Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Porcentaje de Retención (%)	10	26,5359	1,7441	0,5515

Fuente: Elaboración Propia

Prueba t Student: t Student para una muestra

Con la finalidad de determinar si el porcentaje medio de captación de agua pluvial supera significativamente el umbral del 20%, se usó la prueba t de Student de una sola muestra y se utilizó con un valor de referencia o valor de prueba $\mu_1 = 20\%$. La tabla 13 a continuación muestra los resultados obtenidos:

Tabla 143. Resultado de la Prueba t de Student para una Muestra — Porcentaje de Retención (%)

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 20						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Porcentaje de Retención (%)	11,850	9	0,0001	6,5359	5,2883	7,7835

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de resultado

Los datos obtenidos mediante la prueba t - Student evidencian que el porcentaje medio de retención de agua pluvial 26.54% supera en 6.54 puntos porcentuales al valor de referencia de 20%, y una significancia de $p = 0.0001 < \alpha = 0.05$.

En consecuencia, el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) demuestra ser una alternativa eficiente y estadísticamente probada para la captación de agua pluvial en el distrito de Yanacancha, 2025.

Decisión Estadística

Dado que $p = 0.0001 < \alpha = 0.05$. La hipótesis alterna (H_i) es aceptada y la hipótesis nula (H_o) es rechazada.

II. Prueba de Hipótesis específica 2

H_i : Los parámetros fisicoquímicos influyen notablemente en la calidad del agua pluvial en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025.

Ho: Los parámetros fisicoquímicos no influyen notablemente en la calidad del agua pluvial en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025.

Estadística Descriptiva

Se analizó la turbidez (UNT), el pH, la temperatura (°C), la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y el cloro (mg/L) del agua pluvial, tomando como muestra $n = 10$ observaciones por cada condición. En la Tabla 14 se muestran los estadísticos descriptivos.

Tabla 154. Estadísticas de Muestras Emparejadas — Turbidez Antes y Después

Estadísticas de muestras emparejadas				
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Turbidez Antes	10	4,5900	,3604	,1140
Turbidez Después	10	3,3900	,4280	,1354
pH Antes	10	7,7570	,3398	,1075
pH Después	10	7,1680	,1504	,0476
Temperatura Antes	10	13,6600	,9395	,2971
Temperatura Después	10	12,0400	,7183	,2272
Conductividad Antes	10	60,5500	2,7766	,8780
Conductividad Después	10	64,5500	3,1764	1,0045
Cloro Antes	10	,0000	,0000	,0000
Cloro Después	10	,0000	,0000	,0000

Fuente: Elaboración Propia

La turbidez disminuyó de 4.59 a 3.39 UNT; el pH de 7.757 a 7.168, manteniéndose en rango neutro; la temperatura de 13.66 a 12.04 °C. La conductividad

aumentó de 60.55 a 64.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando mayor presencia de iones disueltos tras pasar por el sustrato. El cloro residual registró 0.00 mg/L en ambas condiciones.

Prueba t Student: t Student para dos muestras emparejadas

Se La prueba t de Student se aplicó a cinco parámetros con variabilidad detectable para dos muestras emparejadas. Con el propósito de determinar si la diferencia entre las mediciones de antes y después del techo verde que posee una significación estadística. La Tabla 15 muestra los resultados.

Tabla 165. Resultados de la Prueba t de Student para Muestras Emparejadas - Turbidez, pH, Temperatura y Conductividad

Prueba de muestras emparejadas								
	t	gl	Sig. (bilateral)	Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia		Desviación estándar	Media de error estándar
					Inferior	Superior		
Turbidez Antes								
– Turbidez	8,9440	9	0,0001	1.2000	0.8965	1.5035	0.4243	0.1342
Después								
pH Antes – pH								
Después	7,4990	9	0.0003	,5890	,41131	,7667	,2484	,0786
Temperatura								
Antes –	6,3080	9	0,0014	1,6200	1,0390	2,2010	,8121	,2568
Temperatura								
Después								
Conductividad								
Antes –	17,1430	9	0,0001	4,0000	3,4721	4,5278	,7379	,2333
Conductividad								
Después								
Cloro Antes –	,0000	9	,0000	,0000	,0000	,0000	,0000	,0000
Cloro Después								

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de resultado

Los resultados evidencian que la turbidez del agua pluvial se redujo significativamente de 4.59 UNT a 3.39 UNT tras la implementación del techo verde, con una diferencia media de 1.20 UNT.

Los resultados evidencian que el pH del agua pluvial disminuyó significativamente de 7.757 a 7.168 tras la implementación del techo verde, con una diferencia media de 0.589 unidades. Cabe destacar que ambos valores se mantienen dentro del rango neutro alcalino aceptable (6.5 – 8.5), por lo que la variación no representa deterioro en la calidad del recurso.

Los resultados evidencian que la temperatura del agua pluvial se redujo significativamente de 13.660 °C a 12.040 °C tras la implementación del techo verde, con una diferencia media de 1.620 °C.

Los resultados evidencian que la conductividad del agua pluvial se incrementó de 60.550 µS/cm a 64.550 µS/cm tras la implementación del techo verde, con una diferencia media de 4.000 µS/cm.

Los resultados evidencian que el cloro del agua pluvial registró 0.00 mg/L en la totalidad de las observaciones, tanto antes como después de la implementación del techo verde, con una diferencia media de 0.000 mg/L.

Decisión Estadística

Dado que en los cinco parámetros fisicoquímicos evaluados mediante prueba inferencial $p < .001 < \alpha = .05$, La hipótesis alterna (H_i) es aceptada y la hipótesis nula (H_o) es rechazada.

III. Prueba de Hipótesis específica 3

Hi: Los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) cumplen con los valores establecidos por el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM), determinando su calidad como apta para uso en una vivienda del distrito de Yanacancha, 2025.

Ho: Los parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada en el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) no cumplen con los valores establecidos por el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM), por lo que no determina su calidad como apta para uso en una vivienda del distrito de Yanacancha, 2025.

Nivel de Significancia

El nivel de significancia adoptado fue de $\alpha = .05$, con un nivel de confianza del 95 %. La evaluación fue hecha usando la prueba t - Student solo en una muestra, utilizando como valor de prueba el límite permitido de cada parámetro definido en el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM).

Estadística Descriptiva de los Parámetros de Campo

Se registraron $n = 10$ mediciones de campo para cada uno de los cinco parámetros fisicoquímicos del agua pluvial captada mediante el techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*). La Tabla 16 incluye los estadísticos descriptivos.

Tabla 176. *Estadísticas Descriptivas de los Parámetros Fisicoquímicos del Agua Pluvial Captada*

Estadísticas para una muestra					
	UNIDAD	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Turbidez Después	UNT	10	3,3900	,4280	,1354
pH Después	pH	10	7,1680	,1504	,0476
Temperatura Después	°C	10	12,0400	,7183	,2272
Conductividad Después	µS/cm	10	64,5500	3,1764	1,0045
Cloro Después	mg/L	10	,0000	,0000	,0000

Fuente: Elaboración Propia

Prueba t Student: t Student para una muestra

Para una muestra, se utilizó la prueba t de Student a cuatro parámetros fisicoquímicos, utilizando como valor de prueba del ECA – Agua: turbidez = 5 UNT, pH = 7 (punto medio del rango 6.5–8.5), temperatura = 25 °C, conductividad = 1500 µS/cm y el cloro = 0.5 mg/L.

Tabla 187. *Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Turbidez Después*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 5						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Turbidez Después	-11,8940	9	0,0001	-1,6100	-1,9162	-1,3038

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar la turbidez del agua recolectada en el techo verde, se obtuvo un promedio de 3.390 UNT, notablemente inferior al tope de 5 UNT que fija el ECA – Agua.

Tabla 18. 19 *Resultado de la prueba t de student para una Muestra – pH Después*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 6,5 – 8,5						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH Después	3,5330	9	0,006	,1680	,0604	,2756

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al potencial de hidrógeno, el agua captada presentó un promedio de 7.168, cifra que se ubica cómodamente dentro del rango de 6.5 a 8.5 que establece la normativa vigente.

Tabla 19. 20 *Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Temperatura Después*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 25						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura Después	-57,0530	9	0,006	-12,9600	-13,4739	-12,4461

Fuente: Elaboración Propia

La temperatura promedio del agua recolectada fue de 12.040 °C, un valor que se aleja considerablemente del límite superior de 25 °C establecido por el ECA – Agua.

Tabla 210. *Resultado de la prueba t de student para una Muestra – Conductividad Después*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1500						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Conductividad Después	-1429,07	9	0,006	-1435,450	-1437,7223	-1433,1777

Fuente: Elaboración Propia

La conductividad media registrada fue de 64.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un valor que resulta extraordinariamente bajo en comparación con el tope de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que permite la normativa ambiental peruana.

Decisión Estadística

Habiendo verificado que los cinco parámetros fisicoquímicos con variabilidad medible arrojaron una significancia $p < .05$, y que las diferencias de medias confirman que ningún valor supera los límites establecidos por el ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM), se **rechaza la hipótesis nula (H_0)** y se **acepta la hipótesis alterna (H_1)**.

4.4. Discusión de resultados

El techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) retuvo en promedio el 26.54 % del agua pluvial recibida, superando el umbral de referencia del 20 %. Este resultado, si bien inferior al reportado por Dueñas et al. (2023) en Huancavelica (37.5 % con la misma especie vegetal), se ubica dentro del rango documentado por Cueva y Culqui (2023) en Cajamarca (26 % a 87 % según el tipo de techo verde), lo que sugiere que las condiciones altoandinas de mayor altitud y menor temperatura de Yanacancha podrían influir en una menor tasa de retención respecto a zonas de menor altitud.

Frente a la síntesis global de Zheng et al. (2021), que reportó una retención media del 62.2 % sobre 2,375 muestras de 75 estudios, el valor obtenido en Yanacancha es menor; sin embargo, esa diferencia se explica porque los estudios de mayor retención corresponden a sistemas intensivos con sustratos más profundos y ubicados en climas tropicales, mientras que el presente sistema es de tipo extensivo con apenas 10 cm de sustrato.

En cuanto al pH, se registró una disminución de 7.757 a 7.168, manteniéndose en todo momento dentro del rango de 6.5 a 8.5 establecido por el ECA -- Agua. Este

comportamiento contrasta con lo reportado por Kuok et al. (2023), quienes hallaron descensos más acentuados, hasta valores cercanos a 5.9, en sustratos con mayor carga orgánica. La variación moderada identificada en el presente estudio -de apenas 0.589 unidades- sugiere que la tierra negra utilizada como sustrato posee una capacidad amortiguadora (buffer) suficiente para evitar procesos de acidificación relevantes en el agua captada.

La temperatura bajó 1.62 °C en promedio, muy por debajo del límite de 25 °C. Rhodes (2012) registró atenuaciones térmicas de hasta 5.82 °C en la superficie de un techo verde con bambú en Honda, Tolima; aunque la escala de comparación es diferente temperatura superficial vs. temperatura del agua captada-, ambos estudios coinciden en que la cobertura vegetal ejerce un efecto termorregulador mediante la evapotranspiración.

La conductividad aumentó de 60.55 a 64.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, incremento mínimo que representa menos del 5 % del límite de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ del ECA - Agua y no compromete la calidad del recurso.

Finalmente, el cloro residual se mantuvo constante en 0.000 mg/L a lo largo de las diez muestras analizadas, tanto antes como después del filtrado. Este resultado resulta coherente con la naturaleza no clorada del agua de lluvia y es equivalente a lo hallado por Contreras y Villegas (2019) en sus prototipos desarrollados en Colombia, lo que refuerza la idea de que el techo verde no introduce ni elimina este compuesto durante el proceso de captación.

CONCLUSIONES

El desempeño del techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) resultó óptimo para la captación y el aprovechamiento del agua pluvial en una vivienda del distrito de Yanacancha durante el año 2025. La convergencia de tres líneas de evidencia -una tasa de captación superior al 20 %, una mejora medible en los parámetros fisicoquímicos evaluados y el cumplimiento total de los límites del ECA – Agua, respalda la viabilidad técnica y ambiental de esta tecnología como estrategia de gestión sostenible del recurso hídrico en zonas altoandinas del país.

Durante el periodo comprendido entre noviembre y diciembre de 2025, el sistema logró captar en promedio el 26.54 % del agua pluvial recibida, superando el umbral de referencia del 20 % y mostrando una variabilidad reducida a lo largo de las diez mediciones realizadas, lo que respalda la consistencia del sistema como mecanismo de captación bajo las condiciones climáticas propias de Yanacancha.

El paso del agua a través del techo verde modificó de manera significativa los parámetros fisicoquímicos con variabilidad detectable. La turbidez se redujo de 4.59 a 3.39 UNT, el pH descendió de 7.757 a 7.168 sin abandonar el rango neutro, la temperatura disminuyó de 13.660 a 12.040 °C como reflejo del efecto termorregulador de la cobertura vegetal, y la conductividad se incrementó levemente de 60.550 a 64.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El cloro residual permaneció en 0.000 mg/L en la totalidad de las muestras, lo que confirma la pureza natural del agua pluvial captada. En conjunto, estos cambios evidencian que el sistema influye de manera favorable sobre la calidad fisicoquímica del recurso hídrico.

El contraste de los valores obtenidos frente a los límites del ECA – Agua (D.S. 004-2017-MINAM), mediante la prueba *t* de Student, confirmó el cumplimiento íntegro de la normativa peruana vigente en los cinco parámetros evaluados: turbidez de 3.390 UNT frente

al límite de ≤ 5 UNT, pH de 7.168 dentro del rango 6.5 - 8.5, temperatura de 12.040 °C frente al límite de ≤ 25 °C y conductividad de 64.550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ frente al límite de ≤ 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor de 0.000 mg/L de cloro residual es propio de la naturaleza no tratada del agua de lluvia y no constituye, en ningún caso, un incumplimiento normativo. Estos resultados permiten concluir que el agua captada mediante el techo verde presenta una calidad fisicoquímica apta para su posterior tratamiento y aprovechamiento en el hogar.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la escala del sistema de techo verde a áreas mayores (mínimo 10 m²) para incrementar el volumen de agua captada y alcanzar porcentajes de retención más elevados. Un sistema de mayor escala también permitiría cubrir necesidades domésticas reales y facilitar la replicabilidad del modelo en otras viviendas del distrito.

Se recomienda desarrollar estudios longitudinales que evalúen el comportamiento del techo verde con Ray Grass (*Lolium perenne*) durante todas las estaciones del año, abarcando tanto la estación de lluvias (de noviembre a abril) como la de estiaje (de mayo a octubre) en el distrito de Yanacancha.

Complementar el análisis con una evaluación microbiológica del agua captada en coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* para determinar si el sistema cumple también con los parámetros biológicos requeridos para el consumo humano directo o con tratamiento mínimo de desinfección, lo que representaría un avance significativo en la certificación del sistema como fuente de agua doméstica.

Explorar la incorporación de especies vegetales nativas de la zona altoandina de Yanacancha -como ichu (*Stipa ichu*), kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) u otras gramíneas andinas como alternativa o complemento al Ray Grass (*Lolium perenne*), con el fin de evaluar si la diversificación de la cobertura vegetal mejora la capacidad de retención hídrica, la calidad fisicoquímica del agua captada y la sostenibilidad ecológica del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AddGreen Project. (2024, June 13). *¿QUÉ ES UNA CUBIERTA VERDE?*
<https://addgreenproject.com/f/tipos-de-cubiertas-verdes-o-techos-verdes?blogcategory=Arquitectura+sostenible>
- Ameghino Rojas, P., Ato Rodríguez, M. C., Chinchay Razuri, J., & Fernández Rodríguez, J. C. (2021). *Ecotecnologías de Aprovechamiento Hídrico para Viviendas Sostenibles en Lima Metropolitana* [Tesis para obtener el grado de Magíster en Administración Estratégica de Empresas, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21538>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.^a ed.). Editorial Episteme. <https://archive.org/details/2012ElProyectoDeInvestigacion>
- BBVA. (n.d.). *¿Qué es la contaminación ambiental y qué tipos hay?* Retrieved October 25, 2024, from <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-que-tipos-de-contaminacion-ambiental-existen/>
- Bernal, C. A. (2016). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (4.^a ed.). Pearson Educación. <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3609141/>
- Bures Pastor, S. (2002). *Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas*.
- CEDREO. (2024, February 27). *Techos Verdes: Todo lo que Necesitas Saber sobre Techados Verdes Ecológicos*. <https://cedreo.com/es/blog/techos-verdes/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20techo%20verde,la%20superficie%20de%20un%20tejado.>
- Contreras-Bejarano, O., & Villegas-González, P. A. (2019). Techos verdes para la gestión integral del agua: caso de estudio Chapinero, Colombia. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 10(5), 282–318. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2019-05-11>

- Cueva Lopez, R. del P., & Culqui Bustamante, R. Y. (2023). *INSTALACIÓN DE TECHOS VERDES Y DRENAJE PLUVIAL EN JR. CHANCHAMAYO CUADRA 14, CAJAMARCA EN EL AÑO 2022* [Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35263>
- Dueñas Paco, J. A., Huaroc Raymundo, P. D., & Soto Rodriguez, M. de J. (2023). *Evaluación de la eficiencia de los techos verdes con Lolium perenne para el aprovechamiento de las precipitaciones pluviales en una vivienda, Huancavelica - 2022* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Continental]. Repositorio institucional. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13546>
- El Peruano. (2017). *DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM*.
- Euclid Chemical Toxement. (2020). *GUÍA BÁSICA PARA LA ESPECIFICACIÓN DE TECHO VEGETAL*.
- Green Roofs. (n.d.). *Acerca de los techos verdes*. Retrieved October 23, 2024, from <https://greenroofs.org/about-green-roofs>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- INE. (2022, September 30). *Precipitación pluvial 2017-2021*. <https://ine.gob.hn/v4/2022/09/30/precipitacion-pluvial-2017-2021/#:~:text=La%20precipitaci%C3%B3n%20pluvial%20es%20la,atm%C3%B3sfera%20hacia%20la%20superficie%20terrestre>.
- Kuok, K. K., Chiu, P. C., Chin, M. Y., Rahman, Md. R., & Bakri, M. K. (2023). Rendimiento de los techos verdes para la gestión de aguas pluviales en áreas urbanas ecuatoriales mediante el modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM). *Journal of Water*

Resource and Protection, 15(12), 706–720.

<https://doi.org/10.4236/jwarp.2023.1512038>

León Romero, L. M. (2016). *APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RECURSOS HÍDRICOS PLUVIALES EN ZONAS RESIDENCIALES* [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7603>

López-González, B. G., Camacho, A. D., Martínez-Rodríguez, M. C., & Marcelino-Aranda, M. (2020). Techos verdes: una estrategia sustentable. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(3), 68–79. <https://doi.org/10.18845/TM.V33I3.4389>

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5.^a ed.). Ediciones de la U. https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia_%C3%91aupas_5aEd.pdf

Parlamento Europeo. (2023, March 23). *Cambio climático: gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316STO77629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global#:~:text=Los%20gases%20de%20la%20atm%C3%B3sfera,al%20espacio%20provocando%20as%C3%AD%20el>

Quezada García, S., Sánchez Mora, H., & Polo Labarrios, M. A. (n.d.). *Techos verdes en las ciudades: beneficios ambientales, energéticos y estéticos*. Retrieved October 26, 2024, from <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/techos-verdes/index.html>

Rhodes Valbuena, M. de. (2012). *Implementación de un modelo de techo verde y su beneficio térmico en un hogar de Honda, Tolima (Colombia)* [Para optar el Título de Ecólogo,

Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8985>

Rodríguez Pérez, M. B. (2017). Propuesta de diseño de techo verde en azotea para vivienda en zona de expansión urbana en el Distrito de Nuevo Chimbote, 2017 [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. In *Universidad César Vallejo*. Repositorio institucional.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12237>

Sánchez, V., González, R., Castañeda, G., García, C., & Aguilar, J. (2022). Análisis para implementar techos verdes sobre losas de concreto reforzado. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(1), 91–102. <https://doi.org/10.7764/RIC.00013.21>

Senamhi. (2025, November). *Pronóstico del Tiempo a nivel nacional*.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>

Triola, M. F. (2018). *Estadística* (12.^a ed.). Pearson Educación.
https://www.pearsonenespanol.com/mexico/educacion-superior/triola/triola_estadistica_12_e_contenido

Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 43–52.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Zheng, X., Zou, Y., Lounsbury, A. W., Wang, C., & Wang, R. (2021). Techos verdes para la retención de aguas pluviales: un análisis cuantitativo global de su rendimiento. In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 170). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105577>

ANEXOS

ANEXO 1:

**INSTRUMENTO DE
RECOLECCIÓN DE DATOS**

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	
LOCALIDAD:	
DISTRITO:	
PROVINCIA:	
DEPARTAMENTO:	

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:		FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	
	HORA:			HORA:	
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):		VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):		VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:		Fecha:	
Proyecto:			
Ubicación / Dirección:			
Responsable:			
Institución:			
Condición clima:		Intensidad lluvia:	
Hora inicio:		Hora fin:	

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:		Área (m²):	
Tipo de sustrato:		Espesor sustrato:	
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:			
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	
Temperatura	°C	Δ 3 °C	
Turbidez	UNT	5 UNT	
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	
Equipos utilizados:			
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:			
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	
Temperatura	°C	Δ 3 °C	
Turbidez	UNT	5 UNT	
Conductividad	μ S/cm	1 500 μ S/cm	
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	
Equipos utilizados:			
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH					
Temperatura (°C)					
Turbidez (UNT)					
Conductividad (μ S/cm)					
Cloro (mg/l)					

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
	Antes del techo verde				
	Después del techo verde				

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

ANEXO 2:

**RESULTADO DE LA CAPTACIÓN
PLUVIAL POR EL TECHO VERDE**

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristofer Jesus Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de techos Verdes Con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yana cancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la Undec
LOCALIDAD:	San Juan Pompa
DISTRITO:	Yana cancha
PROVINCIA:	Posco
DEPARTAMENTO:	Posco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	18 S	WGS 84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	03/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	03/11/25
	HORA:	2:13 p.m.		HORA:	2:58 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	45	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	7.3	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	5.3

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristófer Jesús Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de techos Verdes Con Ray Grass (Colum perenne) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNOAC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	18 S	WGS-84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	07/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	07/11/25
	HORA:	1:23 p.m.		HORA:	1:59 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	36	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	6.55	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	4.67

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristofer Jesus Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (*Lolium Perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNDAC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	185	WGS-84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	12/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	12/11/25
	HORA:	4:06 p.m.		HORA:	4:54 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	48	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	7.9	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	5.85

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristófer Jesús Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (*Lolium Perenne*)
Para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de
Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNDOC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Paucartambo
DEPARTAMENTO:	Paucartambo

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362805	8820343	18 S	WGS 84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	17/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	17/11/25
	HORA:	9:31 a.m.		HORA:	9:51 a.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	20	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	5.3	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	3.98

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristófor Jesús Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UDDAC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	3820343	18L	WGS-84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	22/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	22/11/25
	HORA:	3:12 p.m.		HORA:	4:02 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	50	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	8.45	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	6.36

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS
Cristofer Jesus Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO
Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Paj Grass (<i>Polium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNODC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	184	WGS-84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	28/11/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	28/11/25
	HORA:	1:58 p.m.		HORA:	2:24 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	26	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	5.45	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	4.15

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristófer Jesús Córdova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (Holium Perenne) para captar y aprovechar agua pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNODC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	18L	WGS 85

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	03/12/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	03/12/25
	HORA:	2:17 p.m.		HORA:	3:19 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	62	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	9.9	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	7.35

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristofer Jesus Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techas Verdes con Ray Grass (*Lolium Perenne*) Para Captar y Aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las Instalaciones de la UNDP
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
362565	8820343	18L	WGS 84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	06/12/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	06/12/25
	HORA:	1:20 a.m.		HORA:	2:15 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	55	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	8.95	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	6.5

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristófer Jesús Cordova Correa

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNBAC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	18L	WGS 84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	08/12/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	08/12/25
	HORA:	1:17 p.m.		HORA:	1:47 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	30	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	6.23	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	4.5

FICHA TÉCNICA DE CONTROL DE LA LLUVIA

I. DATOS GENERALES

1.1 DATOS DEL ADMINISTRADO

NOMBRES Y APELLIDOS

Cristofer Jesus Cordova Correa.

1.2 DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO

Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (*Lolium perenne*) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025

II. LOCALIZACIÓN

2.1 UBICACIÓN

LUGAR:	Dentro de las instalaciones de la UNDAC
LOCALIDAD:	San Juan Pampa
DISTRITO:	Yanacancha
PROVINCIA:	Pasco
DEPARTAMENTO:	Pasco

2.2 COORDENADAS DEL ESTABLECIMIENTO

	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ZONA	UTM DATUM
	362865	8820343	18-L	WGS-84

III. INTERVENCIÓN

INICIO DE LA LLUVIA	FECHA:	11/12/25	FIN DE LA LLUVIA	FECHA:	11/12/25
	HORA:	4:09 p.m.		HORA:	5:00 p.m.
TIEMPO TOTAL DE LA LLUVIA (min):	51	VOLUMEN DE LA LLUVIA (m³):	8.3	VOLUMEN DE PERCOLACIÓN (m³):	5.9

ANEXO 3:
RESULTADO ANÁLISIS DE
LABORATORIO

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M1 - M2	Fecha:	03/11/2026
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yonacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Moderado
Hora inicio:	3:40 p.m.	Hora fin:	4:10 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m ²):	1.5 m ²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M1"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	7.85
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.8
Turbidez	UNT	5 UNT	4.7
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	60.0
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro ; Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M2"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.05
Temperatura	°C	Δ 3 °C	11.4
Turbidez	UNT	5 UNT	3.5
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	58.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro; Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.24	7.05	0.19	2.62 %	—
Temperatura (°C)	13.8	11.4	2.4	17.39 %	—
Turbidez (UNT)	5	3.5	1.5	30 %	—
Conductividad (μS/cm)	56.0	58.5	2.5	4.27 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M 1	Antes del techo verde	50	—	—	3:40 p.m.
M 2	Después del techo verde	50	—	—	3:40 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre:  _____
INDIRA SHEILA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3$ °C respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M3 — M4	Fecha:	07/11/2026
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Cynodon dactylon</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas — Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PDSO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Moderado
Hora inicio:	2:10 p.m.	Hora fin:	2:43 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m ²):	1.5 m ²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M3"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 — 8.5	7.85
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.8
Turbidez	UNT	5 UNT	4.7
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	60.0
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro; Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Monitoreo "M4"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.12
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.1
Turbidez	UNT	5 UNT	4.1
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	64.8
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.85	7.12	0.73	9.30 %	—
Temperatura (°C)	12.8	12.1	0.7	5.47 %	—
Turbidez (UNT)	4.7	4.1	0.6	12.77 %	—
Conductividad (μS/cm)	60.0	64.8	4.8	7.41 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M 3	Antes del techo verde	50	—	—	3:40 p.m.
M 4	Después del techo verde	50	—	—	3:40 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre:  _____
INGRID SHEIK ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M5 - M6	Fecha:	12/11/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Colium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Fuerte
Hora inicio:	5:10 p.m.	Hora fin:	6:10 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m ²):	1.5 m ²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M5"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	8
Temperatura	°C	Δ 3 °C	11.5
Turbidez	UNT	5 UNT	4.9
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	59.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de muestreo "M6"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.36
Temperatura	°C	Δ 3 °C	10.8
Turbidez	UNT	5 UNT	3
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	63.4
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	8	7.36	2.56	8 %	—
Temperatura (°C)	11.5	10.8	0.7	6.09 %	—
Turbidez (UNT)	4.9	3	1.9	38.78 %	—
Conductividad (μS/cm)	59.5	63.4	3.9	6.15 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M 5	Antes del techo verde	50	—	—	5:10 p.m.
M 6	Después del techo verde	50	—	—	5:10 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____


INDIRA SHEKA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M7 - M8	Fecha:	17/11/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (Lolium Perenne) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	bajo
Hora inicio:	10:11 a.m.	Hora fin:	10:58 a.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extenso	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M7"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	8.2
Temperatura	°C	Δ 3 °C	13.4
Turbidez	UNT	5 UNT	4.7
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	58.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M8"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.5
Temperatura	°C	Δ 3 °C	11.5
Turbidez	UNT	5 UNT	3.9
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	61.8
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	8.2	7.5	0.7	8.54 %	—
Temperatura (°C)	13.4	11.5	1.9	14.18 %	—
Turbidez (UNT)	4.7	3.9	0.8	17.02 %	—
Conductividad (μS/cm)	58.5	61.8	3.3	5.34 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M 7	Antes del techo verde	50	—	—	10:11 a.m.
M 8	Después del techo verde	50	—	—	10:11 a.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre:  _____
INDIRA SHEKA ESTRELLA BASKIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M9 — M10	Fecha:	22/11/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Lolium Perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas — Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Fuerte
Hora inicio:	4:13 p.m.	Hora fin:	4:58 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extenso	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de muestreo "M9"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	8
Temperatura	°C	Δ 3 °C	14.2
Turbidez	UNT	5 UNT	4.2
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	60.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M10"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.15
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.5
Turbidez	UNT	5 UNT	3.4
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	65.5
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparámetro y Clorómetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	8	7.15	0.85	10.63%	—
Temperatura (°C)	14.2	12.5	1.7	11.97%	—
Turbidez (UNT)	4.2	3.4	0.8	19.05%	—
Conductividad (μS/cm)	60.5	65.5	5	7.63%	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M9	Antes del techo verde	50	—	—	4:13 p.m.
M10	Después del techo verde	50	—	—	4:13 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____



SANDRA SHEIKHA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M11 - M12	Fecha:	28/11/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos verdes con Ray Grass (<i>Coolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Debil
Hora inicio:	2:40 p.m.	Hora fin:	3:41 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M11"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	8
Temperatura	°C	Δ 3 °C	14
Turbidez	UNT	5 UNT	4.8
Conductividad	µS/cm	1 500 µS/cm	60
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto: *Punto de Monitoreo "M12"*

Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.2
Temperatura	°C	$\Delta 3$ °C	13.1
Turbidez	UNT	5 UNT	3.2
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	1 500 $\mu\text{S/cm}$	64.2
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	<i>Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro</i>		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	8	7.2	0.8	10 %	—
Temperatura (°C)	14	13.1	0.9	6.43%	—
Turbidez (UNT)	4.8	3.2	1.6	33.33%	—
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	60	64.2	4.2	6.54%	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M 11	Antes del techo verde	50	—	—	2:40 p.m.
M 12	Después del techo verde	50	—	—	2:40 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____

INDIRA SHEILA ESTRELLA BASKIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M13 - M14	Fecha:	03/12/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una Vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Bimón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Fuerte
Hora inicio:	3:28 p.m.	Hora fin:	4:20 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M13"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	7.95
Temperatura	°C	Δ 3 °C	13.8
Turbidez	UNT	5 UNT	4
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	59.7
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multímetro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M14"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.1
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.2
Turbidez	UNT	5 UNT	2.9
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	63.4
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.95	7.1	0.85	10.69%	—
Temperatura (°C)	13.8	12.2	1.6	11.59%	—
Turbidez (UNT)	4	2.9	1.1	27.5%	—
Conductividad (μS/cm)	59.7	63.4	3.7	5.84%	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0%	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M13	Antes del techo verde	50	—	—	3:28 p.m.
M14	Después del techo verde	50	—	—	3:28 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____

INDIA SHEILA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3$ °C respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M15 - M16	Fecha:	06/12/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una Vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas - Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Bassile		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Fuerte
Hora inicio:	2:29 p.m.	Hora fin:	3:15 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m ²):	1.5 m ²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M15"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 - 8.5	7.63
Temperatura	°C	Δ 3 °C	14.5
Turbidez	UNT	5 UNT	4.6
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	65.8
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M16"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.08
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.7
Turbidez	UNT	5 UNT	3.7
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	69.7
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparámetro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.63	7.08	0.55	7.21 %	—
Temperatura (°C)	14.5	12.7	1.8	12.41 %	—
Turbidez (UNT)	4.6	3.7	0.9	19.57 %	—
Conductividad (μS/cm)	65.8	69.7	3.9	5.60 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M15	Antes del techo verde	50	—	—	2:29 p.m.
M16	Después del techo verde	50	—	—	2:29 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____

INDIRA SHEKA ESTRELLA BASVIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M17 — M18	Fecha:	08/12/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verde con Ray Cross (<i>Lolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas — Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Moderado
Hora inicio:	2:05 p.m.	Hora fin:	3:10 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo M17		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.3
Temperatura	°C	Δ 3 °C	13.8
Turbidez	UNT	5 UNT	4.9
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	64.3
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de muestreo M18		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.02
Temperatura	°C	Δ 3 °C	12.6
Turbidez	UNT	5 UNT	3.4
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	68.4
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.3	7.02	0.28	3.84 %	—
Temperatura (°C)	13.8	12.6	1.2	8.70 %	—
Turbidez (UNT)	4.9	3.4	1.5	30.61 %	—
Conductividad (μS/cm)	64.3	68.4	4.1	5.99 %	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0 %	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M17	Antes del techo verde	50	—	—	2:05 p.m.
M18	Después del techo verde	50	—	—	2:05 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Responsable / Supervisor:

Nombre: _____

Nombre: _____

[Firma]
SHEILA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3$ °C respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

FICHA TÉCNICA DE CAMPO

TOMA DE MUESTRA DE AGUA — SISTEMA DE TECHO VERDE

INFORMACIÓN GENERAL

Código de muestra:	M19 — M20	Fecha:	11/12/2025
Proyecto:	Análisis del Rendimiento de Techos Verdes con Ray Grass (<i>Lolium perenne</i>) para captar y aprovechar Agua Pluvial en una vivienda, distrito de Yanacancha 2025		
Ubicación / Dirección:	Rancas — Simón Bolívar		
Responsable:	Indira Sheila Estrella Basilio		
Institución:	Laboratorio EMAPA PASCO		
Condición clima:	Nublado	Intensidad lluvia:	Fuerte
Hora inicio:	5:10 p.m.	Hora fin:	6:10 p.m.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO VERDE

Tipo de techo:	Extensivo	Área (m²):	1.5 m²
Tipo de sustrato:	Tierra Negra	Espesor sustrato:	0.10 cm
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 1 — ANTES DEL TECHO VERDE (Entrada / Agua de lluvia sin filtrar)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M19"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 — 8.5	7.4
Temperatura	°C	Δ 3 °C	14.8
Turbidez	UNT	5 UNT	4.1
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	61.2
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorímetro		
Observaciones:			

PUNTO DE MUESTREO 2 — DESPUÉS DEL TECHO VERDE (Salida / Agua filtrada por el sistema)

Descripción punto:	Punto de Muestreo "M20"		
Parámetro	Unidad	Rango de referencia	Medición 1
pH	Unidades pH	6.5 – 8.5	7.1
Temperatura	°C	Δ 3 °C	11.5
Turbidez	UNT	5 UNT	2.8
Conductividad	μS/cm	1 500 μS/cm	65.8
Cloro	mg/l	< 0.5 mg/l	0
Equipos utilizados:	Conductímetro, Multiparametro y Clorómetro		
Observaciones:			

COMPARACIÓN DE RESULTADOS — ANTES vs. DESPUÉS DEL TECHO VERDE

Parámetro	Antes (valor)	Después (valor)	Diferencia	% Cambio	Evaluación
pH	7.4	7.1	0.3	4.05%	—
Temperatura (°C)	14.8	11.5	3.3	22.30%	—
Turbidez (UNT)	4.1	2.8	1.3	31.71%	—
Conductividad (μS/cm)	61.2	65.8	4.6	6.99%	—
Cloro (mg/l)	0	0	0	0%	—

CADENA DE CUSTODIA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

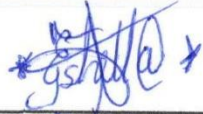
N° Muestra	Punto de muestreo	Vol. (mL)	Preservación	T° conserv. (°C)	Hora envío lab.
M19	Antes del techo verde	50	—	—	5:10 p.m.
M20	Después del techo verde	50	—	—	5:10 p.m.

FIRMAS Y APROBACIÓN

Técnico de campo:

Nombre: _____

Responsable / Supervisor:

Nombre:  _____
INSPIRA SHEIKA ESTRELLA BASILIO

Notas metodológicas — ECA Agua D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1 (Consumo Humano):

- pH: valor admisible 6.5 – 8.5 unidades (Categoría 1, Subcategorías A1 y A2). Medir in situ con pH-metro calibrado.
- Temperatura: el ECA establece una variación máxima de $\Delta 3$ °C respecto al cuerpo de agua receptor. Registrar temperatura ambiente simultáneamente.
- Turbidez: límite de 5 NTU para Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Medir con turbidímetro portátil.
- Conductividad: límite de 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Categoría 1). Indicador de mineralización y posible contaminación por lixiviado del sustrato del techo verde.
- Todos los equipos de campo deben estar calibrados y con certificado vigente. Registrar el evento de lluvia: inicio, duración e intensidad (mm/h).
- Base legal: D.S. 004-2017-MINAM — Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

ANEXO 4:
CERTIFICADO DE EQUIPOS
CALIBRADOS

Certificado de calibración

TC-29805-2024



Proforma : 05627

Fecha de emisión : 2024-10-28

Solicitante : WC NEGOCIOS CORPORATIVOS E.I.R.L.

Dirección : Jr. Bolognesi Nro. 729 Pasco - Pasco - Chaupimarca

Instrumento de medición : Conductímetro
Marca : Hanna Instruments
Modelo : edge
N° de Serie : No Indica
Intervalo de Indicación : 0,00 μ S/cm a 200 mS/cm
Resolución : 0,1 μ S/cm / 1 μ S/cm / 0,01 mS/cm
Identificación : 602268240002
Fecha de Calibración : 2024-10-26

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Lugar de calibración

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa con material de referencia certificado según procedimiento PC-022 Procedimiento para calibración de medidores de conductividad electrolítica (Conductímetros).
Segunda Edición - Junio 2023. DM-INACAL.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

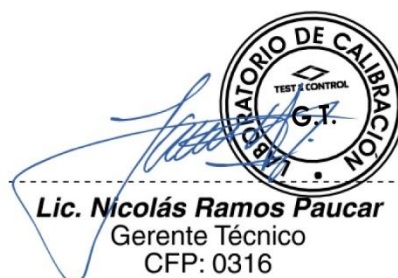
Condiciones ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura ambiental	20,9 °C	20,8 °C
Humedad relativa	60,4 %	59,6 %

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado de calibración
TC-29805-2024

Trazabilidad

Trazabilidad	Material de referencia / Patrón de trabajo	Certificado	QR
Material de Referencia Estándar de NIST	Solución de Conductividad 99,30 $\mu\text{S/cm}$	4066-15022735	
Material de Referencia Estándar de NIST	Solución de Conductividad 1 411 $\mu\text{S/cm}$	4173-14947788	
Material de Referencia Estándar de NIST	Solución de Conductividad 9 972 $\mu\text{S/cm}$	4068-15037183	
Patrones de Referencia DM-INACAL	Termometro Digital -50°C a 150°C	LT-100-2024 Mayo 2024	

Resultados de medición

Valor certificado ($\mu\text{S/cm}$) 25 °C	Lectura promedio del conductímetro ($\mu\text{S/cm}$)	Error ($\mu\text{S/cm}$)	Incertidumbre ($\mu\text{S/cm}$)
99,3	101,8	2,5	2,1
1 411	1 412	1	5,3

Valor certificado (mS/cm) 25 °C	Lectura promedio del conductímetro (mS/cm)	Error (mS/cm)	Incertidumbre (mS/cm)
9,972	9,973	0,001	0,044

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
La calibración se realizó con una celda de conductividad: marca: Hanna Instruments; modelo: HI763100; serie: 109286.
El equipo se encuentra ubicado en Laboratorio 9

*** FIN DEL DOCUMENTO ***

Certificado de calibración

TC-25879-2024



Proforma : 05627

Fecha de emisión: 2024-10-22

Solicitante : WC NEGOCIOS CORPORATIVOS E.I.R.L

Dirección : JR. BOLOGNESI NRO. 729 PASCO - PASCO - CHAUPIMARCA

Instrumento : COLORIMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL
Marca : HACH
Modelo : Pocket Colorimeter II
N° de Serie : 18080E365173
Intervalo de Indicación : 0,02 mg/L a 2,00 mg/L
División de Escala : 0,01 mg/L
Procedencia : China
Identificación : No Indica
Fecha de Calibración : 2024-10-21

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Lugar de calibración

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa aplicando el procedimiento interno PIC-Q001 "Procedimiento Interno de Calibración de Medidores de Cloro Libre por Colorimetría". TEST & CONTROL S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

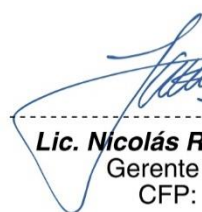
Condiciones ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,8 °C
Humedad Relativa	66,4 %	65,8 %

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado de Calibración
TC-25879-2024

Trazabilidad

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración	QR
Material de Referencia Hach Company	Kit de Soluciones Estándar de Cloro	A4046	

Resultados de las mediciones

Rango bajo

Valor nominal (mg/L)	Lectura Instrumento (mg/L)	Corrección (mg/L)	Incertidumbre (mg/L)
0,00	0,00	0,00	0,01
0,18	0,21	-0,03	0,02
0,94	0,93	0,01	0,02
1,68	1,62	0,06	0,04

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Certificado de calibración

TC - 00179 - 2025



Proforma : 00082

Fecha de emisión : 2024-10-28

Solicitante : WC NEGOCIOS CORPORATIVOS EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

Dirección : Jr. Bolognesi Nro. 729 Pasco-Pasco-Chaupimarca

Instrumento de medición : Termometro digital (Multiparametro)

Intervalo de indicación : -20 °C a 120 °C

Resolución : 0,1 °C

Marca : HANNA

Modelo : EDGE

Número de serie : No indica

Identificación : 0200400009

Procedencia : Estados Unidos

Ubicación : LABORATORIO 9

Fecha de calibración : 2024-10-26

Test & Control S.A.C. es un laboratorio de calibración y certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

Test & Control S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Lugar de calibración

Laboratorio de Test & Control S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa usando termómetros patrón con resultados trazables al sistema internacional.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

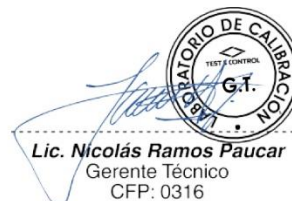
Condiciones ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,1 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	60,0 %hr	59,8 %hr

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Test & Control S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.


Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración	QR
Patrones de Referencia TEST & CONTROL S.A.C.	Indicador digital con sensores de platino de 100 ohm (sensor A) con incertidumbres del orden desde 31 mK hasta 84 mK	TC-00784-2024 Abril 2024	
Patrones de Referencia TEST & CONTROL S.A.C.	Indicador digital con sensor de platino de 100 ohm (sensor B) con incertidumbres del orden desde 31 mK hasta 88 mK	TC-00783-2024 Abril 2024	

Resultados de medición

Para el sensor de la entrada: Electrodo

Marca: HANNA / Modelo: HI11310 / Serie: 39435 / Identificación: No indica

Indicación del IBC (°C)	Temperatura convencionalmente verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
15,1	14,85	-0,25	0,11
24,9	24,87	-0,03	0,11
29,9	29,89	-0,01	0,11

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación
 $TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$

Observaciones

Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición corresponden con la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale - ITS-90).

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
IBC: Instrumento bajo calibración.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento

ANEXO 5:

FOTOGRAFÍAS

Figura 12

Limpieza del área donde se instalará el techo verde



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

Proceso del armado del encofrado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14

Instalación del plástico que va a cumplir la función que no escape el agua.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15

Se coloco el tubo PVC ½" para la recolección del agua pluvial



Fuente: Elaboración Propia

Figura 16

Implementación de la tela para el filtrado que no pases partículas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17

Proceso de traslado des sustrato donde se colocar el Lolium perenne



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18

Traslado del sistema de techo verde del encofrado con la tubería para su instalación



Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Incorporación del sustrato donde se colocará el Ray Grass



Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Techo verde con Ray Grass (Lolium perenne) 15 de octubre de 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Techo verde con Ray Grass (Lolium perenne) 1 de noviembre de 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

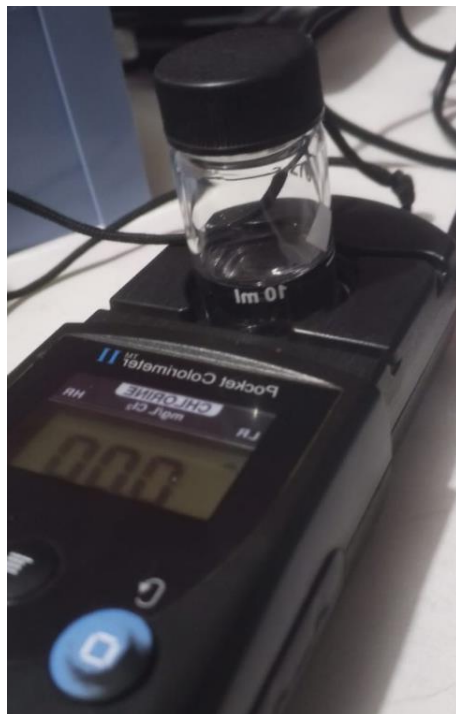
Recolección de muestra del antes y después del Lolium perenne



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Se evidencia el resultado de cloro con la ayuda del Clororímetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Se muestra el resultado de conductividad con la ayuda del Conductímetro



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Se evidencia el resultado de la pH antes del techo verde



Fuente: Elaboración propia