

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“Evaluación del rendimiento hídrico de un sistema de captación de aguas pluviales según tipo de techo en el caserío Bendiza, Cajamarca 2025”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Ronaldo Jesus Huaccha Mantilla

**Asesor:**

**Mba. Ing. Cristian Alfredo Miñano Rodriguez**

<https://orcid.org/0009-0004-2800-0405>

Cajamarca – Perú

2025

### JURADO EVALUADOR

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | <b>JVAN JOVANOVIC AGUIRRE</b> |
|                           | Nombre y Apellidos            |

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| Jurado 2 | <b>GERMAN SAGASTEGUI VASQUEZ</b> |
|          | Nombre y Apellidos               |

|          |  |
|----------|--|
| Jurado 3 | <b>CRISTIAN ALFREDO MIÑANO RODRIGUEZ</b> |
|          | Nombre y Apellidos                       |

## INFORME DE SIMILITUD



Página 2 de 70 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega tm:oid:::1:3405953344




### 15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

#### Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

##### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Índice de Contenido

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....               | 11 |
| 1.1    Realidad problemática .....          | 11 |
| 2.1    Enunciado del estudio.....           | 13 |
| 1.2.1.    Formulación del problema.....     | 13 |
| 1.2.2.    Problemas específicos.....        | 13 |
| 3.1    Objetivos.....                       | 14 |
| 1.3.1.    Objetivo general.....             | 14 |
| 1.3.2.    Objetivos específicos .....       | 14 |
| 4.1    Bases teóricas.....                  | 14 |
| 5.1    Antecedentes.....                    | 16 |
| 1.5.1.    Antecedentes internacionales..... | 16 |
| 1.5.2.    Antecedentes Nacionales .....     | 18 |
| 1.5.3.    Antecedentes locales.....         | 20 |
| 6.1    Hipótesis .....                      | 22 |
| 1.6.1.    hipótesis general.....            | 22 |
| 1.6.2.    hipótesis específicas.....        | 22 |
| 7.1    Justificación .....                  | 22 |
| 1.7.1.    Justificación teórica .....       | 22 |

|  |    |
|--|----|
| 1.7.2. Justificación práctica.....             | 23 |
| 1.7.3. Justificación metodología .....         | 23 |
| CAPITULO II. METODOLOGIA.....                  | 25 |
| 2.1. Tipo de investigación.....                | 25 |
| 2.1.1. Enfoque.....                            | 25 |
| 2.1.2. Nivel.....                              | 25 |
| 2.1.3. Alcance .....                           | 25 |
| 2.1.4. Diseño .....                            | 26 |
| 2.2. Población y muestra.....                  | 26 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos, materiales ..... | 28 |
| 2.3.1. Técnicas .....                          | 28 |
| 2.3.2. Instrumentos:.....                      | 29 |
| 2.3.3. Materiales.....                         | 29 |
| 2.4. Procedimiento y análisis de datos. ....   | 30 |
| 2.5. Aspectos éticos.....                      | 31 |
| CAPITULO III. RESULTADOS.....                  | 33 |
| CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....     | 41 |
| CONCLUSIONES .....                             | 43 |
| REFERENCIAS.....                               | 44 |
| ANEXOS .....                                   | 47 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: <i>Esquema de investigación causi – experimental</i> .....       | 26 |
| Tabla 2: <i>Formato de registro de volumen por tipo de cubierta</i> ..... | 28 |
| Tabla 3: <i>Formato de registro de precipitación por día</i> .....        | 29 |
| Tabla 4: <i>Registro de volumen por tipo de cubierta</i> .....            | 34 |
| Tabla 5: <i>Registro de precipitación por día</i> .....                   | 35 |
| Tabla 6: <i>Rendimiento hídrico por superficie</i> .....                  | 35 |
| Tabla 7: <i>Datos de eficiencia (%)</i> .....                             | 36 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: <i>Mapa del departamento de Cajamarca.</i> .....  | 27 |
| Figura 2: <i>Prototipos de captación de agua pluviales.</i> .....                                   | 33 |
| Figura 3: <i>Rendimiento hídrico por metro cuadrado según tipo de cubierta.</i> .....               | 36 |
| Figura 4: <i>Volumen recolectado de los dos prototipos de 2.60 m<sup>2</sup> de cubierta.</i> ..... | 37 |
| Figura 5: <i>Eficiencia según tipo de cubierta.</i> .....   | 39 |

## RESUMEN

La presente investigación tubo como finalidad determinar la eficiencia de captación de agua de lluvia en función del material de cubierta, comparando los techos de calamina y teja. El estudio surge ante la problemática de escasez de agua en comunidades rurales de Cajamarca, siendo el caso del caserío Bendiza, donde las fuentes convencionales resultan insuficientes para el abastecimiento doméstico, agrícola y sanitario.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo-comparativo y diseño cuasi-experimental, desarrollándose mediante la construcción de dos prototipos de cubierta de 2.60 m<sup>2</sup>, con una pendiente de 10°. Se realizaron mediciones directas del volumen de agua recolectada durante eventos de precipitación, complementadas con registros pluviométricos del SENAMHI.

Los resultados demostraron que la cubierta de calamina alcanzó un rendimiento promedio de 4.08 L/m<sup>2</sup>, mientras que la cubierta de teja obtuvo 1.86 L/m<sup>2</sup>, evidenciando una diferencia del 45.59 % a favor de la calamina. Asimismo, la eficiencia de captación promedio fue del 78 % para la calamina y del 33 % para la teja. Estas diferencias se atribuyen a las propiedades físicas del material, siendo la calamina más lisa, impermeable y de menor porosidad, lo que favorece un escurrimiento más eficiente.

Los resultados permitieron aceptar la hipótesis alterna, confirmando que los techos de calamina presentan un rendimiento hídrico significativamente mayor que los de teja. En términos prácticos, se concluye que la implementación de techos de calamina constituye una alternativa técnica viable y sostenible para mejorar la seguridad hídrica de comunidades rurales como Bendiza

**Palabras clave:** Rendimiento Hídrico, captación de aguas pluviales, eficiencia de captación, calamina, teja.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con en el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

## REFERENCIAS

- Barriga et al. (2024). *Influence of Catchment Surface Material on Quality of Harvested Rainwater*.  
<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/15/6586>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación (3.ª ed.)*.
- Campisano, A; Butler, D; Ward, S; Burns, J; Friedler, E; DeBusk, K y Han, M. (2017). *Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives*.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Espinoza, F. (2020). *Evaluación de techos como superficies de captación de agua de lluvia en zonas altoandinas*.
- FAO. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.  
<https://openknowledge.fao.org/seFArver/api/core/bitstreams/ceda25a8-79a3-4dd1-bdef-81f81a49beed/content>
- Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Hernández, J; Gómez, A y Ortega, R. (2014). *Manejo eficiente del agua de lluvia en zonas rurales*.
- INEI. (2024). *Cajamarca Contenido Estadístico del Perú*. <file:///E:/TESIS%20-2025/LIBROS%20PARA%20SACAR%20INFORMACION/6580481-compendio-estadistico-cajamarca-2024.pdf>
- López, D & Rivera, M. (2017). *Sistemas de recolección de agua de lluvia en viviendas rurales del Perú*.
- Martínez, L y Meza, C. (2017). *Diseño y evaluación de sistemas de captación de agua de lluvia*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2022). *Informe Nacional de acceso al agua potable en zonas rurales*.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Lineamientos para la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza en la gestión de los recursos hídricos*. Lima: MINAM.
- Morales et al. (2025). *Predicción de parámetros fisicoquímicos en un sistema de captación y tratamiento de aguas de lluvia modelado mediante el algoritmo Yahtun en comunidades nativas del norte del Perú*. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2025.288.294>
- Ñontol, L y Saldaña, K. (2020). *Sistemas de captación y purificación de agua de lluvia en viviendas, Cajamarca 2020*.
- ONU-Agua. (2023). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed.)*.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2024). *Manual de sistemas de captación de agua de lluvia para techos*.
- Preeti et al. (2022). *Assessing the Impacts of Climate Change on Rainwater Harvesting: A Case Study for Eight Australian Capital Cities*. <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/19/3123>
- Ramirez, E. (2021). *Diseño de un sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas de lluvias, como alternativa de ahorro de agua potable de la IE Mariavilca 82096, Cajamarca, 2021*. <https://hdl.handle.net/11537/29693>
- Ramírez, T. (2019). *Sistemas de captación pluvial: Diseño, operación y eficiencia*.
- Rayssa et al. (2022). *Instalación de techos verdes y drenaje pluvial en Cajamarca, 2022*. [https://www.researchgate.net/publication/367198106\\_Installation\\_of\\_green\\_roofs\\_and\\_storm\\_drainage\\_in\\_Cajamarca\\_2022](https://www.researchgate.net/publication/367198106_Installation_of_green_roofs_and_storm_drainage_in_Cajamarca_2022)

- Requejo, J. (2020). *Sistema de captación de agua pluvial en una vivienda unifamiliar para fines sanitarios y uso doméstico en la ciudad de Jaén – Perú.*
- Rivas, H & Calderón, J. (2019). *Techos y eficiencia hídrica: Análisis de materiales en la captación de agua de lluvia.*
- Ruiz Mendoza, Alfred Russel. (2020). *Aprovechamiento hídrico y sistema de captación de agua pluvial en techos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes – Huancayo.* <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2028>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2022). *Informe Anual de Prestación de Servicios de Saneamiento 2021.* Lima: SUNASS.
- Tavares et al. (2022). *Socioeconomic potential for rainwater harvesting systems in southern Brazilian municipalities.*  
<https://iwaponline.com/ws/article/22/1/14/83839/Socioeconomic-potential-for-rainwater-harvesting>
- UN-Habitat. (2014). *Rainwater Harvesting and Utilisation: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management.* Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.
- Velasco, C & Gómez, R. (2016). *Sistemas alternativos de captación de aguas pluviales en zonas rurales.*