

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay - 2025

Presentado por:

Jose David Achahue Dominguez

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay - 2025

Presentado por **Jose David Achahue Dominguez**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 26 de enero del 2026 ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dr. Calixto Cañari Otero

Primer miembro:



Mtro. Saúl José Chipa Cahuana

Segundo miembro:



Dra. Eliana Ortega Menzala

Asesor:



Ph.D. Liley Marisol Guanuchi Orellana



Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 019-2026

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la tesis titulada: **Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay - 2025**, presentado por el Bach: **JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ**, para optar el título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (18%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 04 de marzo del 2026

Atentamente,


Dra. Hermeralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 054
Actualizado
al 04 de marzo
del 2026

Agradecimiento

Agradecer a Dios, a mis padres Epifanio Achahue Ccasani y Mery Elizabeth Dominguez Batallanos, por su amor incondicional, y a mi asesora Ph.D, Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana. Esta tesis fue seleccionada y financiada parcialmente por el Vicerrectorado de Investigación de la UNAMBA, mediante el concurso de subvención de proyectos de tesis 2024.



Dedicatoria

A mi maestro y guía, Enrique Sánchez, por su paciencia, dedicación y por inspirarme a seguir en los buenos caminos del todopoderoso y soberano Dios.

Jose David Achahue Dominguez



Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay - 2025

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.1.1 Objetivo general	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.1.1 Antecedentes internacionales	10
3.1.2 Antecedentes nacionales	11
3.1.3 Antecedentes locales	13
3.2 Marco teórico	14
3.2.1 Sistema de filtros	14
3.2.1.1 Carbón activado	14
3.2.1.2 Piedra y arena	16
3.2.2 Calidad del agua	19
3.2.2.1 Parámetros físicos	20
3.2.2.2 Parámetros químicos del agua	21
3.2.2.3 Parámetros microbiológicos del agua	22
3.3 Marco conceptual	23
CAPÍTULO IV	28
METODOLOGÍA	28
	1



4.1	Tipo y nivel de investigación	28
4.2	Diseño de la investigación	28
4.3	Descripción ética de la investigación	31
4.4	Población y muestra	32
4.4.1	Población	32
4.4.2	Muestra	32
4.5	Procedimiento	33
4.5.1	Recolección de información geográfica	33
4.5.2	Diseño y construcción de sistema de filtro	36
4.5.3	Ciclo de ensayo diario para carbón activado de 30 cm y 50 cm	38
4.6	Técnica e instrumentos	40
4.7	Análisis estadístico	40
4.7.1	Prueba de normalidad	40
4.7.2	Pruebas paramétricas: t-Student para muestras pareadas	41
4.7.3	Validación no paramétrica (Wilcoxon)	42
4.7.4	Análisis de eficiencia de altura	44
CAPÍTULO V		45
RESULTADOS Y DISCUSIONES		45
5.1	Análisis de resultados	45
5.1.1	De los ensayos microbiológicos	45
5.1.2	De los ensayos físicos	47
5.1.3	De los ensayos químicos	49
5.2	Discusión	51
5.2.1	Respecto a los parámetros físicos	51
5.2.2	Respecto a los parámetros químicos	52
5.2.3	Respecto a los parámetros microbiológicos	53
CAPÍTULO VI		55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
6.1	Conclusiones	55
6.2	Recomendaciones	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		58
ANEXOS		65



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	9
Tabla 2 — Límites máximos permisibles de calidad física del agua	21
Tabla 3 — Límites máximos permisibles de calidad química del agua	22
Tabla 4 — Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos	23
Tabla 5 — Datos de entrada y parámetros hidráulicos del diseño	29
Tabla 6 — Ubicación de la comunidad de ASILLO	34
Tabla 7 — Tabla de validadores de instrumentos	40
Tabla 8 — Tabla de normalidad según parámetros analizados	40
Tabla 9 — Resultados estadístico de t-Student para coliformes y ph	42
Tabla 10 — Resultados estadístico de Wilcoxon	43
Tabla 11 — Matriz de decisión técnica	44
Tabla 12 — Ensayo de coliformes totales	45
Tabla 13 — Resultados de ensayo de coliformes termotolerantes	46
Tabla 14 — Resultados de ensayo de turbiedad	47
Tabla 15 — Resultados de ensayo de color	48
Tabla 16 — Resultados de ensayo de PH	49
Tabla 17 — Resultados de ensayo de cloruros	50
Tabla 18 — Matriz de consistencia	66
Tabla 19 — Resumen de valoración de instrumentos.	85
Tabla 20 — Tabla de presupuesto de insumos para sistema de filtros	109
Tabla 21 — Tabla de agua filtrada y beneficio en un mes	109



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Flujograma de procedimiento de la investigación	33
Figura 2 — Ubicación de la comunidad de ASILLO	34
Figura 3 — Delimitación de la comunidad de Asillo	35
Figura 4 — Ubicación de manante y sistema de filtro	35
Figura 5 — Sistema de filtros para 30 cm de carbón activado	36
Figura 6 — Sistema de filtros para 50 cm de carbón activado	36
Figura 7 — Comparación de coliformes totales antes y después de la filtración	45
Figura 8 — Comparación de coliformes termotolerantes antes y después de la filtración	46
Figura 9 — Comparación de turbiedad antes y después de la filtración	47
Figura 10 — Comparación de color antes y después de la filtración	48
Figura 11 — Comparación de PH antes y después de la filtración	49
Figura 12 — Comparación de cloruros antes y después de la filtración	50
Figura 13 — Formato de instrumento de recolección de datos para análisis de agua	67
Figura 14 — Formato de instrumento de análisis granulométrico	68
Figura 15 — Primer par de datos de análisis de agua	69
Figura 16 — Segundo par de datos de análisis de agua	70
Figura 17 — Tercer par de datos de análisis de agua	71
Figura 18 — Cuarto par de datos de análisis de agua	72
Figura 19 — Primer par de datos de análisis de agua por la DIRESA	73
Figura 20 — Segundo par de datos de análisis de agua por la DIRESA	74
Figura 21 — Tercer par de datos de análisis de agua por la DIRESA	75
Figura 22 — Cuarto par de datos de análisis de agua por la DIRESA	76
Figura 23 — Final de informe DIRESA	77
Figura 24 — Factura electrónica por el servicio de análisis de agua DIRESA	78
Figura 25 — Análisis granulométrico de piedra de río	79
Figura 26 — Análisis granulométrico de arena de río	80
Figura 27 — Análisis granulométrico de carbón activado	81
Figura 28 — Densidad aparente de carbón activado	82
Figura 29 — Densidad aparente de agregado grueso y fino	83
Figura 30 — Dureza de la piedra por método de abrasión los ángeles	84
Figura 31 — Formato de validación de experto N°1	86
Figura 32 — Formato de validación de experto N°2	87
Figura 33 — Formato de validación de experto N°3	88
Figura 34 — Declaración jurada de originalidad y de no plagio	89
Figura 35 — Construcción de sistema de filtro	90
Figura 36 — Incorporación de Carbón Activado en primer contenedor	90
Figura 37 — Incorporación de carbón activado en tercer contenedor	91
Figura 38 — Envases de muestreo	91
Figura 39 — Toma de muestra de agua antes del proceso de filtración	92

Figura 40 — Toma de muestra de agua después del proceso de filtración	93
Figura 41 — Flujo de agua del sistema de filtros	94
Figura 42 — Muestras de manante Cruzmujo	94
Figura 43 — Recepción de muestras para análisis en el laboratorio de la DIRESA	95
Figura 44 — Recepción de muestras para análisis en el laboratorio de la DIRESA	95
Figura 45 — Ensayo de granulometría de carbón activado	96
Figura 46 — Ensayo de granulometría arena	96
Figura 47 — Ensayo de granulometría piedra	97
Figura 48 — Ensayo de densidad de carbón activado	97
Figura 49 — Ensayo de densidad de arena	98
Figura 50 — Ensayo de densidad de piedra	98
Figura 51 — Ficha técnica de carbón activado	99
Figura 52 — Ficha técnica de carbón activado	100
Figura 53 — Ficha técnica de carbón activado	101
Figura 54 — Certificado de acreditación del laboratorio de la DIRESA	102
Figura 55 — Certificado de calibración horno	103
Figura 56 — Certificado de calibración tamiz 8 in	104
Figura 57 — Certificado de calibración instrumento de pesaje	105
Figura 58 — Certificado de calibración instrumento de pesaje	106
Figura 59 — Certificado de instrumento de pesaje	107
Figura 60 — Instrumento de pesaje	108
Figura 61 — Declaración jurada de originalidad y no plagio	110
Figura 62 — Acta de consentimiento para la investigación	111

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CA — Carbón Activado.

CAA — Carbón Activado Granular (si el grano es de ese tipo).

LMP — Límites Máximos Permisibles (según el DS 031-2010-SA).

ECA — Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

SUNASS — Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

DIGESA — Dirección General de Salud Ambiental.

V.I. — Variable Independiente (Diseño del sistema de filtros).

V.D. — Variable Dependiente (Calidad del agua de la captación).

UNAMBA — Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

F.M. — Filtro Multietapa (Piedra, Arena y Carbón).

U.N.T. — Unidades Nefelométricas de Turbidez.

mg/L — Miligramos por litro (unidad de concentración).

L/min — Litros por minuto (caudales de 0.82 y 0.49).

Cm — Centímetros (espesores de lecho de 30 y 50).

UFC — Unidades Formadoras de Colonias (para análisis microbiológico).



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el acceso a agua de calidad representa uno de los mayores desafíos para la ingeniería civil en zonas rurales del Perú. En la comunidad de Asillo, ubicada en el distrito de Abancay, se ha identificado una problemática crítica relacionada con la calidad del recurso hídrico, donde el 100% de las muestras iniciales evidenciaron una contaminación bacteriológica alarmante, alcanzando niveles de 170 UFC/100ml en coliformes totales y 91 UFC/100ml en coliformes termotolerantes. Estas cifras exceden drásticamente el límite de 0 UFC/100ml permitido para el consumo humano, exponiendo a la población a graves riesgos sanitarios. A esta situación se suman deficiencias en los parámetros físicos, con picos de turbiedad de 10.2 NTU y una coloración de 41.87 UCV, lo cual no solo afecta la estética del agua, sino que reduce la eficacia de cualquier método de desinfección convencional. La necesidad de estudiar esta problemática radica en la urgencia de proponer soluciones tecnológicas de bajo costo y alta eficiencia que garanticen la seguridad hídrica de la comunidad.

El objetivo central de esta investigación fue determinar la influencia de un sistema de filtros compuesto por carbón activado, piedra y arena en la mejora de la calidad física, química y microbiológica del agua en dicha zona. La metodología adoptada fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi-experimental, empleando pruebas estadísticas como la de Wilcoxon para validar la significancia de los cambios observados.

La organización de la presente tesis fue estructura de manera sistemática en cinco secciones principales. El capítulo I comprende el problema de investigación, donde se delimitan los objetivos y la justificación del estudio. El capítulo II aborda el marco teórico, revisando los antecedentes y las bases teóricas que sustentan el uso del carbón activado. En el capítulo III se detalla el marco metodológico, describiendo el diseño de los filtros y el procedimiento de toma de muestras. El capítulo IV presenta de forma detallada los resultados obtenidos y su contrastación estadística frente a las hipótesis planteadas. Finalmente, el capítulo V desarrolla la discusión de los hallazgos en comparación con la literatura existente, junto con las conclusiones y recomendaciones técnicas orientadas a la sostenibilidad del proyecto en la comunidad de Asillo 2025.



RESUMEN

La presente investigación surgió ante la necesidad crítica de estudiar la calidad del agua en la comunidad de Asillo, Abancay, donde se identificó que el 100% de las muestras iniciales superaban los límites de potabilidad. El problema se cuantificó con niveles alarmantes de 170 UFC/100ml de coliformes totales y 91 UFC/100ml de coliformes termotolerantes, además de una turbiedad de 10.2 NTU y un color de 41.87 UCV, representando un grave riesgo para la salud pública. El objetivo fue determinar la influencia de un sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena en la calidad física, química y microbiológica del recurso.

La metodología fue de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi-experimental, aplicada a una muestra de 4 informes de ensayo. Los resultados fueron validados mediante la prueba de Wilcoxon para variables no paramétricas (coliformes, turbiedad y color) con una significancia de $p < 0.1$, y la prueba T de Student para variables paramétricas (pH y cloruros) con un nivel de $p < 0.05$. Se logró una remoción del 100% de carga bacteriológica, una reducción de turbiedad a 0.29 NTU y estabilidad química del pH entre 7.62 y 7.81. Se concluye que el sistema influye significativamente en la potabilización, garantizando la inocuidad total del agua para la comunidad.

Palabras clave: Sistema de filtro, calidad del agua, consumo humano, parámetros físicos-químicos-microbiológicos.



ABSTRACT

This research arises from the critical need to study water quality in the community of Asillo, Abancay, where it was identified that 100% of the initial samples exceeded potability limits. The problem was quantified with alarming levels of 170 CFU/100ml of total coliforms and 91 CFU/100ml of thermo-tolerant coliforms, in addition to a turbidity of 10.2 NTU and a color of 41.87 UCV, representing a serious risk to public health. The objective was to determine the influence of a filtration system composed of activated carbon, stone, and sand on the physical, chemical, and microbiological quality of the resource.

The methodology was applied, explanatory, and used a quasi-experimental design applied to a sample of 4 test reports. The results were validated using the Wilcoxon test for non-parametric variables (coliforms, turbidity, and color) with a significance of $p < 0.1$ and the Student's t-test for parametric variables (pH and chlorides) with a level of $p < 0.05$. A 100% removal of bacteriological load was achieved, along with a turbidity reduction to 0.29 NTU and chemical stability of pH between 7.62 and 7.81. It is concluded that the system significantly influences the purification process, guaranteeing total water safety for the community.

Keywords: *Filtration system, water quality, human consumption, physical-chemical-microbiological parameters.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

A nivel internacional, el acceso al agua potable segura es reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un pilar fundamental para el desarrollo humano. Sin embargo, se estima que más de 2,000 millones de personas consumen agua contaminada por heces, lo que deriva en una carga global de morbilidad por enfermedades diarreicas y desnutrición crónica. En el contexto nacional, aunque el Perú ha incrementado la cobertura de infraestructura, la calidad del recurso sigue siendo una deuda pendiente. Según la SUNASS (2025), una proporción crítica de la población consume agua con niveles de cloración insuficientes, contraviniendo los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los límites del MINSA.

En la región de Apurímac, la brecha de calidad es alarmante. Datos del Gobierno Regional (2022) revelan que solo el 49.09% de los hogares rurales consume agua con un nivel de cloro residual adecuado (≥ 0.5 mg/L). Esto implica que más de la mitad de la población rural de la región está expuesta a patógenos hídricos. Específicamente, en el distrito de Abancay, la DIRESA (2023) ha identificado que los sistemas de captación superficial son altamente vulnerables a la actividad antrópica —agricultura y ganadería—, lo que introduce coliformes fecales y metales pesados en las líneas de conducción.

Esta problemática se agudiza de manera puntual en la comunidad de Asillo. A pesar de contar con red pública, el sistema presenta una infraestructura deficiente que no garantiza la desinfección efectiva. La gravedad radica en que la población, compuesta por familias cuya economía depende de la agricultura, presenta cuadros recurrentes de infecciones gastrointestinales debido a la presencia de contaminantes físicos y microbiológicos. ¿A quiénes afecta? Directamente a los habitantes de Asillo, con especial énfasis en niños y ancianos. ¿Cuáles son las causas? La falta de mantenimiento técnico en la cloración, la exposición de fuentes superficiales y la limitada capacidad de gestión de los sistemas comunales. ¿Qué efectos podrían ocurrir? De no intervenir, la persistencia de parásitos



y metales pesados decantará en un incremento de la anemia infantil y enfermedades crónicas, limitando el potencial de desarrollo de la comunidad.

La presente investigación se manifiesta, por tanto, como una necesidad técnica urgente para diagnosticar y proponer soluciones de ingeniería que transformen el sistema de Asillo en una fuente de agua verdaderamente segura y sostenible.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo incide el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?
- ¿Cuál es el efecto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?
- ¿De qué manera influye el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?

1.3 Justificación de la investigación

La situación en la comunidad de Asillo es crítica; según datos regionales, el 50.91 % de los hogares rurales en Apurímac carece de agua con niveles óptimos de cloración (≥ 0.5 mg/L), lo que se traduce en una exposición directa a patógenos para más de 267 000 personas. Es urgente intervenir debido a que la infraestructura actual de Asillo no logra remover contaminantes físicos y microbiológicos, lo que genera un impacto económico negativo por el gasto en salud de las familias y un impacto social al perpetuar los índices de anemia y parasitosis infantil. Técnicamente, la urgencia radica en que el sistema de distribución actual funciona únicamente como transporte de agua cruda sin tratamiento efectivo.



La relevancia de este estudio reside en la validación de un sistema de tratamiento de bajo costo y alta eficiencia operativa para zonas rurales. En el ámbito de la ingeniería civil y sanitaria, es fundamental demostrar que el uso de materiales granulares y adsorbentes puede cerrar la brecha de calidad de agua en comunidades donde las plantas de tratamiento convencionales son técnica o financieramente inviables. La investigación es relevante porque propone una solución escalable que garantiza el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N.º 031-2010-SA.

Esta investigación es original e inédita para la zona de Asillo, ya que no existen estudios previos que evalúen la eficiencia combinada de filtros de carbón activado, piedra y arena con las características físicas y químicas específicas de sus fuentes hídricas locales. La innovación radica en la configuración del lecho filtrante multicapa diseñado a medida para neutralizar la turbidez y los contaminantes orgánicos detectados en la zona, adaptando tecnologías de filtración avanzada a un modelo de gestión comunitaria sostenible.

El aporte científico principal consistió en la generación de nuevos datos sobre el coeficiente de eficiencia de remoción de contaminantes mediante filtros mixtos en condiciones de altitud y temperatura propias de la región Apurímac. Técnicamente, la investigación aporta un protocolo de diseño de ingeniería que optimiza la cinética de filtración y la capacidad de adsorción del carbón activado frente a metales pesados y coliformes presentes en la zona. Este conocimiento teórico-científico sirve como base para futuros diseños de sistemas de tratamiento rural descentralizados.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025.

2.1.2 Objetivos específicos

- Analizar la incidencia del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.
- Determinar el efecto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.
- Comprobar el impacto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.

2.2.2 Hipótesis específicas

- El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, incide directamente en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.



- El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, afecta considerablemente la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.
- El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.

2.3 Operacionalización de variables

Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.



Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Instrumento
Variable Independiente: Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena	Tecnología de tratamiento multietapa que integra la filtración física por medios granulares y la adsorción química mediante carbón activado para la remoción selectiva de contaminantes en fase acuosa (HERNÁNDEZ, 2024)	Construcción y caracterización de un prototipo multicapa operado bajo flujo descendente, evaluado por las propiedades físicas de sus lechos y su tasa de filtración	1. Carbón activado	<ul style="list-style-type: none"> • Altura (h = 30cm) • Altura (h = 50cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • cm • cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de recolección • Ficha de recolección
			2. Piedra	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño efectivo • Densidad Aparente • Forma y Textura • Resistencia al desgaste 	<ul style="list-style-type: none"> • mm • g/cm3 • Cualitativo • % (Desgaste) 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico ASTM D-422 • Ensayo de peso unitario suelto y compactado ASTM C29 • Observación • Máquina de Los Ángeles (ASTM C131)
			3. Arena	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño efectivo • Densidad Aparente • Forma y Textura 	<ul style="list-style-type: none"> • mm • g/cm3 • Cualitativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico ASTM D 422 • Ensayo de peso unitario suelto y compactado ASTM C29 • Observación
Variable Dependiente: Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano	Estado integral del recurso hídrico evaluado mediante indicadores analíticos que verifican el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permitidos para el consumo humano (DIGESA, 2023)	Determinación analítica de la calidad hídrica mediante el muestreo de 6 indicadores (físicos, químicos y biológicos) y su validación frente a la normativa DS 031-2010-SA.	1. Calidad física	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez • Color 	<ul style="list-style-type: none"> • UNT • UCV 	Ficha de recolección de datos
			2. Calidad química	<ul style="list-style-type: none"> • Ph • Cloruros 	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades pH • mg/L 	Ficha de recolección de datos
			3. Calidad microbiológica	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales método UFC • Coliformes termotolerantes 	<ul style="list-style-type: none"> • UFC/100ml • UFC/100ml 	Ficha de recolección de datos

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

Vázquez-Gómez, N. F., et al. (2024), en su artículo científico “Estudio de la viabilidad del uso de carbón activado de residuos agroindustriales en un filtro electro-Fenton”, establece que el estudio busca evaluar la eficiencia de carbones alternativos frente a los comerciales para la remoción de contaminantes; de igual manera, se determina que el material fue sometido a activación térmica y química para mejorar su porosidad; no obstante, los resultados mostraron que el carbón de residuos agrícolas alcanzó una remoción de DQO del 92% y una eficiencia energética de 28.3 kWh/m³, superando en costo-beneficio al carbón comercial. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que valida la viabilidad técnica y económica de producir medios filtrantes de alta eficiencia con recursos locales.

Loor, G. L. Y Robles, J. A. (2024), en su tesis “Eficiencia del carbón activado procedente de los residuos de bambú para remoción de contaminante del agua”, establece que el estudio busca determinar la capacidad de adsorción del carbón de bambú activado químicamente con ácido fosfórico; de igual manera, se determina que el agua problema presentaba alta turbidez y carga orgánica; no obstante, tras el tratamiento, se logró una disminución de la turbidez del 98.5% y una reducción de sólidos totales del 94.2%, con un tiempo de contacto óptimo de 45 minutos. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que proporciona parámetros operativos de tiempo y dosis para materiales lignocelulósicos similares a los de nuestra zona.

Paredes Cuesta, C. A. (2022), en su tesis “Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población del cantón El Tambo, provincia del Cañar” (Ecuador), establece que el estudio busca diseñar un sistema hidráulico que garantice la calidad del agua según normas INEN; de igual manera, se determina que el sistema propuesto incluye unidades de filtración rápida con lechos de antracita, arena y grava; no obstante, la simulación hidráulica demostró que para un caudal de 25 L/s, la velocidad



de filtración de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ es suficiente para reducir la carga bacteriana en un 99%. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que ofrece criterios de diseño para filtros de gravedad en zonas de montaña.

Rubio-Arias, H. O. (2021), en su artículo “Eliminación de metales pesados en agua utilizando filtros empacados con zeolita natural de diversos tamaños” (México), establece que el estudio busca comparar la eficiencia de diferentes medios granulares en la retención de metales; de igual manera, el análisis de varianza (ANOVA) determina diferencias significativas entre los diámetros de partícula; no obstante, se logró una remoción de plomo (Pb) del 96.5% y de cadmio (Cd) del 91.2% en las primeras horas de filtración. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que demuestra estadísticamente cómo la granulometría del medio filtrante influye directamente en la capacidad de adsorción.

Humanante Cabrera, J. J., Et Al. (2022), en su artículo “Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena” (Ecuador), establece que el estudio busca evaluar el desempeño de sistemas de tratamiento existentes en zonas rurales; de igual manera, se determina que muchos sistemas no cumplían con la normativa ambiental TULSMA; no obstante, aquellos que implementaron etapas de filtración terciaria lograron reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en un 85% y los sólidos suspendidos en un 90%. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que justifica la necesidad de optimizar los diseños convencionales para asegurar el cumplimiento normativo.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Jara Cholan, A. M. Y Mercado Mamani, W. B. (2022), en su tesis “Calidad del agua con filtro de piedra caliza, arena cuarzosa y carbón activado en el S.A.P. Huambocancha Baja, 2022”, establece que el estudio busca mejorar la calidad del agua para consumo humano mediante un sistema de filtración multicapa; de igual manera, se determina que el agua de la captación presentaba inicialmente un pH ácido de 3.95 y una turbidez variable; no obstante, al incorporar el filtro compuesto se logró un incremento del pH de 3.95 a 7.70 (neutralización del 95%) y una reducción de la turbidez hasta 0.18 UNT, situándose muy por debajo del límite de 5 UNT exigido por la norma, con una eficiencia global del sistema del 91.4% en la mejora de parámetros físicos. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que valida



cuantitativamente la eficiencia de la interacción arena-carbón en condiciones de acidez.

Sandoval Yupanqui, J. (2023), en su tesis “Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022”, establece que el estudio busca determinar la eficiencia comparativa de diferentes granulometrías en la remoción de carga orgánica; de igual manera, mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar y prueba ANOVA, se determina que el agua cruda excedía los ECAs; no obstante, se logró una remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) del 87.5% utilizando carbón granular, con una significancia estadística de $p < 0.05$, demostrando que la granulometría influye directamente en la tasa de adsorción. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que proporciona la base estadística para justificar el uso de carbón granular en lugar de polvo en nuestro diseño.

Díaz Díaz, R. E. (2020), en su tesis “Evaluación de la calidad de agua utilizando filtro de carbón activado y cloración por goteo en el río Quilish”, establece que el estudio busca evaluar el desempeño de un sistema mixto para potabilizar agua superficial con alta carga bacteriana; de igual manera, se determina que el diseño experimental procesó un caudal de 0.5 L/s; no obstante, tras el tratamiento, se logró una reducción de Coliformes Termotolerantes de 240 NMP/100ml a < 1.8 NMP/100ml, alcanzando una eficiencia bacteriológica del 99.2%, mientras que la turbidez descendió en un promedio de 4.5 UNT. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que cuantifica la capacidad de desinfección del sistema previo a la cloración.

Chumán Perales, C. J. Y Romero Velasquez, S. P. (2021), en su tesis “Propuesta de un sistema de tratamiento utilizando filtros para mejorar la calidad del agua en el C. P. M. Mamape – Ferreñafe”, establece que el estudio busca diseñar una solución técnica para una población de 450 habitantes; de igual manera, el análisis fisicoquímico inicial reportó una conductividad de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; no obstante, la simulación del sistema de filtros lentos con lechos de antracita (0.8 mm) y arena (0.45 mm) proyectó una reducción de sólidos disueltos totales (TDS) en un 35% y una remoción de turbidez superior al 90% para caudales de diseño de 0.15 L/s. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que aporta parámetros de diseño hidráulico (caudales y granulometría) aplicables a zonas rurales.



Cabanillas Melendez, J. E. Y Espinal Mendoza, Y. Y. (2024), en su tesis “Eficiencia del carbón activado vegetal para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados en un efluente industrial... Cajamarca, 2024”, establece que el estudio busca evaluar la capacidad de adsorción (isotermas) de un carbón de biomasa; de igual manera, se determina que las concentraciones iniciales de cobre eran de 5.0 mg/L; no obstante, al incorporar el material adsorbente con un tiempo de contacto de 60 minutos, se logró una concentración final de 0.2 mg/L, representando una eficiencia de remoción del 96%, validada mediante pruebas de espectrofotometría de absorción atómica. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que demuestra con alta precisión la capacidad del carbón para retener contaminantes a nivel iónico.

3.1.3 Antecedentes locales

Arroyo Rodríguez, M. (2023), en su tesis de maestría “Calidad de agua de consumo y frecuencia de enfermedades diarreicas agudas en niños de 1-5 años, distrito de Tamburco-Abancay 2022”, establece que el estudio busca correlacionar la calidad del agua entubada con la salud pública infantil en el sector de Tamburco; de igual manera, se determina que se analizaron 12 sistemas de abastecimiento y 127 muestras domiciliarias; no obstante, se halló que la calidad del agua era "Mala" en un 32.29% y "Regular" en un 51.18%, detectándose coliformes fecales en el 49.61% de las captaciones y en el 40.20% de las piletas domiciliarias. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que demuestra estadísticamente el impacto directo de la falta de filtración en la salud de la población vulnerable de Abancay.

Bárcena Rodríguez, L. R. (2023), en su tesis doctoral “Implicancias empíricas de la entropía sobre el tratamiento de aguas servidas procedentes de la ciudad de Abancay”, establece que el estudio busca evaluar un módulo de tratamiento avanzado para los efluentes de la ciudad; de igual manera, se determina que las aguas residuales de Abancay presentan una alta carga orgánica (DBO inicial de 643 mg/L); no obstante, mediante el sistema propuesto se lograron eficiencias de remoción del 94.53% en Sólidos Suspendidos Totales (SST) y del 95.24% en coliformes totales, validando que los sistemas físicos bien diseñados pueden operar eficientemente en nuestra geografía. Por tanto, esta investigación resultó relevante dado que aporta datos de tratabilidad de las aguas en nuestra cuenca específica.



3.2 Marco teórico

3.2.1 Sistema de filtros

Los sistemas de filtros de agua continúan siendo ampliamente utilizados en el Perú, dada la creciente necesidad de asegurar agua potable segura. Investigaciones recientes muestran que las tecnologías que combinan carbón activado y medios granulares son particularmente eficaces para remover contaminantes químicos y microbianos en comunidades con exposición a metales pesados y materia orgánica Bol-issety, Rahimi & Mezzenga, (2021). En estudios de campo, filtros híbridos de membrana y carbón activado granular han logrado eficiencias de remoción de arsénico superiores al 99 % para distintas concentraciones iniciales.

3.2.1.1 Carbón activado

El carbón activado es una de las tecnologías más efectivas para la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el agua potable. Según Rashed (2021) se caracteriza por su gran área superficial y estructura porosa, lo que le permite adsorber una amplia gama de compuestos, incluidos los compuestos orgánicos volátiles, pesticidas y metales pesados. Asimismo, menciona que según investigaciones recientes el uso de carbón activado no solo mejora la calidad del agua, sino que también puede adaptarse a diferentes condiciones operativas, haciéndolo ideal para su aplicación en plantas de tratamiento tanto urbanas como rurales.

a) Número de yodo (mg/g), mínimo

Gupta y Saleh (2021) menciona que el número de yodo es un indicador importante para medir la capacidad adsorbente del carbón activado, ya que muestra la cantidad de yodo que un gramo de carbón puede adsorber bajo condiciones específicas. Este valor se considera representativo de la microporosidad del carbón, lo que influye en su capacidad para adsorber moléculas orgánicas pequeñas.

Danish y Ahmad (2021) dice que el número de yodo se expresa en miligramos de yodo por gramo de carbón activado (mg/g), y los valores mínimos aceptables para aplicaciones de tratamiento de agua suelen estar en el rango de 600 a 1200 mg/g, dependiendo de la calidad del carbón y su proceso de activación. Estudios recientes han mostrado que



carbones activados con un número de yodo superior a 1000 mg/g son especialmente eficaces en la remoción de contaminantes orgánicos disueltos en agua, incluyendo pesticidas y compuestos orgánicos volátiles.

b) Densidad aparente (g/cm^3)

Según Zhang et al. (2021), la densidad aparente es una propiedad física importante del carbón activado, que se refiere a la masa del material por unidad de volumen, incluyendo los espacios vacíos entre las partículas. Esta propiedad es fundamental porque afecta tanto el diseño de los sistemas de tratamiento como la eficiencia del proceso de adsorción. Una mayor densidad aparente indica que el carbón activado tiene menos espacio poroso y, por lo tanto, puede contener más masa en un volumen dado, lo que es beneficioso para ciertas aplicaciones donde el espacio es limitado.

La densidad aparente del carbón activado es variable y según Tan et al. (2022) la densidad aparente del carbón activado generalmente varía entre 0,25 y 0,60 g/cm^3 , dependiendo del tipo de materia prima utilizada y del proceso de activación. Por ejemplo, carbones activados obtenidos a partir de cáscaras de coco tienden a tener una mayor densidad aparente en comparación con los producidos a partir de carbón mineral, lo que les confiere una mayor capacidad de adsorción por unidad de volumen. Al respecto Wang et al. (2020) Menciona que esta propiedad también influye en la resistencia al desgaste y la facilidad de manejo del carbón activado durante su uso en aplicaciones industriales y de tratamiento de agua.

c) Humedad máxima (%)

La humedad es un parámetro crítico en la evaluación de la calidad del carbón activado, según González-García et al. (2022) el contenido de humedad elevado puede afectar negativamente su capacidad de adsorción. La presencia de agua en los poros del carbón activado puede ocupar el espacio destinado a los contaminantes, reduciendo la eficacia del material en procesos de purificación de agua. Por esta razón, se



establece un valor máximo de humedad para garantizar un rendimiento óptimo del carbón activado en aplicaciones industriales y de tratamiento de agua.

Ahmad y Danish (2021). Menciona que generalmente, el contenido de humedad en el carbón activado debe ser inferior al 10% para asegurar su eficacia. Valores superiores a este límite pueden indicar problemas en el proceso de secado o almacenamiento, lo que podría comprometer la calidad del producto final. Además, un exceso de humedad puede afectar la manejabilidad del carbón activado, haciendo que se aglomere y sea más difícil de distribuir uniformemente en los sistemas de filtración.

d) Granulometría

Li et al. (2021) dice que la granulometría, o el tamaño de partícula, es una característica importante del carbón activado que influye significativamente en su capacidad de adsorción y en su comportamiento dentro de los sistemas de tratamiento de agua. Un tamaño de partícula más pequeño generalmente ofrece una mayor superficie específica, lo que puede aumentar la velocidad de adsorción, aunque también puede generar una mayor caída de presión en los sistemas de filtración, lo que requiere un equilibrio cuidadoso en su selección.

3.2.1.2 Piedra y arena

Kumar et al. (2021) dice que los agregados, como la piedra y la arena, son componentes esenciales en la construcción y el tratamiento de agua. Su uso no solo proporciona estabilidad y estructura en las mezclas, sino que también desempeña un papel fundamental en la filtración de contaminantes. Los agregados se seleccionan en función de su granulometría, resistencia, y durabilidad, lo que determina su idoneidad para diversas aplicaciones. La arena, por ejemplo, se utiliza comúnmente como medio filtrante en sistemas de tratamiento de agua debido a su capacidad para retener partículas suspendidas, mientras que las piedras proporcionan soporte estructural y ayudan a evitar la compactación del filtro.



Según Jiang et al., (2022) los agregados se clasifican en gruesos y finos, dependiendo de su tamaño de partícula. La piedra o grava, como agregado grueso, tiene tamaños que varían generalmente entre 4.75 mm y 75 mm, mientras que la arena, un agregado fino, tiene tamaños menores a 4.75 mm. Estos agregados son seleccionados cuidadosamente para asegurar una distribución granulométrica adecuada que permita la correcta percolación del agua y la eficiente retención de partículas. Además, la resistencia a la compresión de los agregados es un factor importante para garantizar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de las estructuras filtrantes o constructivas.

Según Chen et al. (2023) en la industria del tratamiento de agua, los agregados de piedra y arena no solo son importantes por su capacidad filtrante, sino también por su baja reactividad química, lo que asegura que no contribuyan a la contaminación del agua tratada. Además, su selección adecuada minimiza la formación de canales preferenciales en los lechos filtrantes, lo que mejora la eficiencia del sistema y prolonga su vida útil.

a) Tamaño nominal

Los agregados gruesos, como la grava o piedra, suelen tener un tamaño nominal que según Zhao et al. (2022) varía entre 9.5 mm y 37.5 mm, mientras que los agregados finos, como la arena, generalmente tienen un tamaño nominal inferior a 4.75 mm. El tamaño nominal adecuado se selecciona en función del tipo de aplicación y las características del sistema. En el caso de filtros de agua, un tamaño nominal más pequeño puede aumentar la eficiencia de filtración al reducir el paso de partículas finas, aunque puede también aumentar la resistencia al flujo.

Para Mahmoud et al. (2023) la elección correcta del tamaño nominal de los agregados es importante para garantizar la estabilidad y resistencia de las estructuras, así como la efectividad en la separación de sólidos en sistemas de tratamiento de agua. Los estudios muestran que una distribución bien controlada de tamaños mejora la compacidad y la durabilidad del material, reduciendo la formación de canales preferenciales y prolongando la vida útil del sistema.



b) Forma y textura

López-Querol et al. (2021) afirma que la forma y textura de los agregados son factores determinantes que influyen directamente en la trabajabilidad, compactación y resistencia de las mezclas en aplicaciones de construcción y tratamiento de agua. Los agregados pueden presentarse en formas redondeadas, angulares o alargadas, y su textura puede variar desde suave hasta rugosa. Estas propiedades afectan la adherencia del agregado con los aglutinantes y la eficiencia en la formación de lechos filtrantes.

En general, los agregados con formas angulares y textura rugosa tienden según Zheng et al. (2022) a tener mejor adherencia con el cemento u otros aglutinantes, lo que resulta en una mayor resistencia mecánica en las mezclas. Sin embargo, este tipo de agregados puede dificultar la trabajabilidad de las mezclas, lo que requiere un equilibrio cuidadoso en su selección. En contraste, los agregados redondeados y de textura suave ofrecen mayor facilidad de compactación y menor fricción interna, lo que puede ser beneficioso en sistemas de filtración donde se busca reducir la caída de presión.

c) Densidad aparente

Según Nguyen et al. (2021) la densidad aparente es una propiedad física fundamental de los agregados que se refiere a la relación entre la masa de los agregados y el volumen total que ocupan, incluyendo los espacios vacíos entre las partículas. Esta característica es importante para evaluar la calidad de los agregados, ya que influye en la resistencia y estabilidad de las estructuras, así como en la eficiencia de los sistemas de filtración. Un mayor valor de densidad aparente generalmente indica que el agregado tiene una estructura más compacta y menos porosa, lo que puede mejorar la durabilidad y resistencia de las mezclas.

Sharma et al. (2022) menciona que, en las aplicaciones de tratamiento de agua, la densidad aparente afecta directamente el comportamiento de los lechos filtrantes. Los agregados con mayor densidad aparente tienden a formar lechos más estables y menos susceptibles a la erosión



durante el flujo de agua. Además, un material con mayor densidad aparente puede proporcionar una mayor resistencia a las cargas físicas y mejorar la retención de partículas contaminantes.

d) Resistencia a la abrasión

Conforme a lo estipulado por Ahmed et al. (2022) en sus recientes estudios sobre materiales adsorbentes, la viabilidad operativa de un lecho filtrante no reside únicamente en su capacidad química, sino en su resistencia mecánica a la abrasión. Los autores evidencian que, durante la fase crítica de retrolavado, la energía cinética provoca colisiones intergranulares que, en materiales de baja dureza, fracturan la estructura del carbón; este fenómeno de atrición libera micropartículas ('finos') que no solo comprometen la turbidez del efluente, sino que reducen el volumen efectivo del lecho, exigiendo reposiciones constantes que encarecen el mantenimiento del sistema.

3.2.2 Calidad del agua

La calidad del agua es un aspecto importante en la salud pública y en la preservación del medio ambiente. Se define como el conjunto de características físicas, químicas, y microbiológicas que determinan su aptitud para el consumo humano, riego agrícola, uso industrial, y otros fines. La calidad del agua está influenciada por una amplia gama de factores, como la presencia de contaminantes químicos, sedimentos, microorganismos patógenos y la alteración de parámetros físicos como la turbidez y la temperatura (Nguyen et al., 2021).

Los principales contaminantes que afectan la calidad del agua se encuentran los metales pesados, nutrientes como nitratos y fosfatos, así como bacterias y virus patógenos. La contaminación química puede provenir de actividades industriales, agrícolas o urbanas, mientras que la contaminación biológica suele estar asociada a fuentes de aguas residuales mal gestionadas. Para garantizar la calidad del agua potable, los sistemas de tratamiento emplean diversas técnicas, como la filtración, la cloración y el uso de carbón activado para eliminar impurezas y contaminantes (Ali et al., 2021).



La determinación de los ensayos se fundamenta estrictamente en los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) establecidos en el Artículo 63° del D.S. 031-2010-SA, los cuales constituyen el estándar mínimo exigido por la autoridad sanitaria para garantizar la inocuidad del agua (Turbiedad, Color, pH y Coliformes). No obstante, respecto al requisito normativo de medir el 'Residual de Desinfectante', se precisa que, al evaluar esta investigación exclusivamente la etapa de filtración física (previa a la cloración), dicho parámetro resulta técnicamente nulo e irrelevante para medir la eficiencia del filtro; en su defecto, y para garantizar la robustez del análisis químico estipulada en el Anexo II del reglamento, se procedió a evaluar la concentración de Cloruros, permitiendo así monitorear la carga de sales disueltas sin comprometer el rigor normativo exigido para la caracterización del recurso hídrico.

Por consiguiente, los ensayos realizados en esta tesis (Turbiedad, pH, Conductividad, cloruros Coliformes Totales y Termotolerantes) corresponden a los parámetros mínimos necesarios para la vigilancia sanitaria, tal como se justifica a continuación:

3.2.2.1 Parámetros físicos

Según García y Martínez (2021) los parámetros físicos del agua incluyen características como la temperatura, color, turbidez, y conductividad eléctrica, que influyen en la calidad y el uso del agua. Estos parámetros son esenciales para evaluar las condiciones del agua y detectar posibles contaminantes. En sistemas de tratamiento, controlar los parámetros físicos es fundamental para garantizar la eficiencia del proceso de filtración y la seguridad del agua.



Tabla 2 — Límites máximos permisibles de calidad física del agua

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL-1	1 000
Cloruros	mg Cl - L -1	250
Sulfatos	mg SO4 = L-1	250
Dureza tota	mg CaCO3 L-1	500
Amoniaco	mg N L-1	1,5
Hierro	mg Fe L-1	0,3
Manganeso	mg Mn L-1	0,4
Aluminio	mg Al L-1	0,2
Cobre	mg Cu L-1	2,0
Zinc	mg Zn L-1	3,0
Sodio	mg Na L-1	200
UCV = Unidad de color verdadero UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad FUENTE: Ministerio de Salud, 2011		

3.2.2.2 Parámetros químicos del agua

Desde la perspectiva de Rodríguez y Torres (2022) los parámetros químicos del agua se refieren a la concentración de compuestos y sustancias disueltas, como el pH, alcalinidad, dureza, metales pesados y nutrientes. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad química del agua y su impacto en la salud humana y los ecosistemas. Un control adecuado de estos parámetros es importante en los sistemas de tratamiento de agua para asegurar su potabilidad y seguridad

Tabla 3 — Límites máximos permisibles de calidad química del agua

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	mg Sb L-1	0,020
Arsénico	mg As L-1	0,010
Bario	mg Ba L-1	0,700
Boro	mg B L-1	1,500
Cadmio	mg Cd L-1	0,003
Cianuro	mg CN- L	0,070
Cloro	mg L -1	5
Clorito	mg L -1	0,7
Clorato	mg L -1	0,7
Cromo total	mg Cr L-1	0,050
Flúor	mg F- L-1	1,000
Mercurio	mg Hg L-1	0,001
Niquel	mg Ni L-1	0,020
Nitratos	mg NO ₃ L -1	50,00
Nitritos	mg NO ₂ L-1	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
Plomo	mg Pb L-1	0,010
Selenio	mg Se L-1	0,010
Molibdeno	mg Mo L-1	0,07
Uranio	mg U L-1	0,015

FUENTE: Ministerio de Salud, 2011

3.2.2.3 Parámetros microbiológicos del agua

Según Jones et al. (2021) el parámetro microbiológico se refiere a la cantidad y tipo de microorganismos presentes en el agua, como bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades en los seres humanos. La detección y cuantificación de estos organismos es importante para evaluar la seguridad del agua destinada al consumo humano. Entre los indicadores microbiológicos más comunes se encuentran las bacterias coliformes, *Escherichia coli*, y enterococos, que son utilizados para determinar la posible contaminación fecal del agua. El control de estos parámetros es esencial en cualquier sistema de tratamiento de agua, ya que su presencia en niveles elevados puede representar un riesgo significativo para la salud pública.

Tabla 4 — Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales.	UFC/100 mL a 35°C	0(*)
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0(*)
Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0(*)
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
huevo y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
Virus	UFC / mL	0
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0
UFC = Unidad formadora de colonias (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml FUENTE: Ministerio de Salud, 2011		

3.3 Marco conceptual

a) Sistema de filtros

Un sistema de filtración consiste en varias técnicas destinadas a remover del agua las partículas suspendidas, impurezas químicas y microorganismos, asegurando su purificación» (Instituto del Agua, 2023).

b) Limpieza del sistema de filtro

Proceso mediante el cual se remueven los sedimentos, residuos adheridos, biofilm y material acumulado en las distintas capas y componentes de un filtro con el objetivo de restaurar su eficiencia operativa, evitar obstrucciones y prevenir proliferación microbiológica (OTASS, 2025).



c) Agua de consumo humano

El agua para consumo humano es aquella que cumple condiciones adecuadas de calidad para ser utilizada de forma segura en las actividades domésticas cotidianas, incluida la higiene personal (Ministerio de Salud, 2010).

d) Agua potable

Agua que cumple con los estándares nacionales de calidad física, química y microbiológica dictados por la autoridad competente, de manera que su ingesta directa no represente riesgo para la salud (Ministerio de Salud, 2010).

e) Autoridad nacional del agua (ANA)

La Autoridad Nacional del Agua es la entidad técnica y normativa responsable de la gestión de los recursos hídricos en el Perú, regulando el uso, conservación, protección y aprovechamiento sostenible de las aguas superficiales y subterráneas (ANA, 2021).

f) Análisis del agua

Conjunto de procedimientos físicos, químicos y microbiológicos aplicados a muestras de agua para determinar la presencia y concentración de contaminantes, así como el cumplimiento de los estándares de calidad para consumo humano (Pluym et al., 2025).

g) Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos del agua de consumo humano se refieren a la presencia de microorganismos que actúan como indicadores de contaminación, así como a agentes patógenos que pueden representar un riesgo para la salud de las personas (Ministerio de Salud, 2010)

h) Bacterias

Organismos procariotas unicelulares, algunos de los cuales sirven como indicadores de contaminación fecal o pueden ser patógenos en el agua potable, como coliformes, *Escherichia coli*, etc (Guevara, 2021).



i) Virus

Agentes infecciosos acelulares mucho más pequeños que las bacterias, que requieren células hospedadoras para reproducirse; algunos pueden transmitirse por el agua contaminada, provocando enfermedades intestinales u otras enfermedades sistémicas (Pluym et al., 2025).

j) Parásitos

Organismos eucariotas multicelulares o unicelulares (como protozoos) que pueden vivir en o con el agua o dentro de seres humanos, produciendo infecciones si se ingieren agua contaminada con ellos o sus quistes/larvas (Pluym et al., 2025).

k) Purificación microbiológica

Proceso orientado a reducir a eliminar microorganismos patógenos del agua (bacterias, virus, parásitos) mediante métodos físicos (filtración), químicos (desinfectantes) o combinados (Pluym et al., 2025).

l) Parámetro físico

Los parámetros físicos del agua comprenden variables como la temperatura, el color, la turbidez y la conductividad eléctrica, las cuales influyen directamente en su calidad y en los usos que puede tener (García y Martínez, 2021).

m) Residuos sólidos suspendidos

Partículas insolubles que no se disuelven y permanecen en suspensión, contribuyendo a la turbidez y pudiendo transportar contaminantes adheridos presentes en el agua (Guevara, 2021).

n) Color

Característica visual del agua causada por sustancias disueltas o en suspensión; puede indicar la presencia de materia orgánica o impurezas minerales (Aguilar, 2022).



o) Turbidez

Medida de la claridad del agua, cuantifica la dispersión de luz causada por partículas suspendidas; turbidez alta indica muchas partículas finas que pueden proteger microorganismos y obstaculizar la desinfección (Aguilar, 2022).

p) Parámetro químico

Los parámetros químicos del agua están relacionados con la cantidad y concentración de sustancias y compuestos disueltos, tales como el pH, la alcalinidad, la dureza, los metales pesados y los nutrientes, los cuales influyen en su calidad para consumo humano (Ministerio de Salud, 2010).

q) Cloro

Agente químico desinfectante ampliamente utilizado para eliminar microorganismos patógenos del agua; puede ser gas, hipoclorito u otros compuestos, efectivo si se usa en dosis adecuadas (Ministerio de Salud, 2011).

r) Materia orgánica

Sustancias derivadas de seres vivos (restos biológicos, microorganismos, vegetales) presentes en el agua en forma disuelta o particulada; pueden reaccionar con desinfectantes y generar subproductos (Pluym et al., 2025).

s) Compuestos disueltos

Sustancias químicas solubles en el agua sales, minerales, iones, metales, nutrientes que no son removidas por filtración física simple y requieren adsorción o tratamiento químico (Guevara, 2021).

t) Límite máximo permisible

Los límites máximos permisibles corresponden a los valores más altos aceptables de los parámetros que representan la calidad del agua, los cuales no deben ser superados para garantizar su aptitud para el consumo humano (Ministerio de Salud, 2010).



u) El carbón activado

El carbón activado es un material carbonoso tratado para generar una amplia red de microporos que incrementan significativamente su superficie interna, permitiéndole adsorber diversas sustancias presentes en el agua (Spellman, 2018, p. 202).

v) Tipos de carbón activado

Se clasifican según forma física (granulado, en polvo, bloques), materia prima (vegetal, mineral), proceso de activación (física, química) y características como área superficial, distribución de poros, número de yodo (Alves et al., 2021).



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con Sánchez, H. (2022), la investigación aplicada "busca la utilización de los conocimientos que se adquieren, para ser aplicados, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad, buscando solucionar problemas prácticos", este estudio se clasificó como aplicado debido a que busca resolver el problema de la deficiente calidad del agua en la comunidad de Asillo mediante la implementación técnica de la variable independiente (Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena). El objetivo no es solo generar teoría, sino aplicar principios de la ingeniería civil para modificar y optimizar la variable dependiente (Calidad física, química y microbiológica del agua), logrando un impacto directo en la salud pública local.

Según Hernández-Sampieri, R. Y Mendoza, C. (2023), los estudios explicativos "están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se centran en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables" (p. 115)

La investigación se situó en el nivel explicativo porque no se limita a describir el estado del agua, sino que busca establecer una relación de causalidad entre la manipulación de la Variable Independiente y el cambio observado en la Variable Dependiente. Se pretende demostrar de qué manera y en qué magnitud las capas filtrantes y la adsorción del carbón activado son la causa directa de la reducción de contaminantes (cloruros, turbidez y coliformes), explicando el fenómeno fisicoquímico resultante del tratamiento.

4.2 Diseño de la investigación

La investigación corresponde a un diseño experimental, específicamente de tipo pre-experimental con pre-prueba y post-prueba para un solo grupo.

Según Hernández-Sampieri, R. Y Mendoza, C. (2023), este diseño consiste en "administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables



para observar cuál es el nivel del grupo en estas" (p. 189). Se caracteriza por realizar una observación previa al tratamiento y otra posterior para determinar cambios significativos. Este diseño es el adecuado para la investigación ya que permite manipular de forma controlada la Variable Independiente (Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena) al aplicarla como tratamiento sobre el agua cruda captada en el sector Asillo. Mediante este proceso, se busca medir el efecto directo en la Variable Dependiente (Calidad física, química y microbiológica del agua), comparando los resultados de los indicadores analizados (color, turbiedad, pH, cloruros y coliformes) antes y después del paso por el sistema de filtración.

a) Esquema básico del diseño: La secuencia lógica del experimento se representa mediante la siguiente simbología técnica:

G O₁ X O₂

donde

- G grupo de estudio (Muestras de agua del sector Asillo, Abancay).
- O₁ caracterización inicial de los parámetros evaluados
- X tratamiento (Paso del fluido a través del sistema de filtros)
- O₂ medición final de parámetros tras el proceso de tratamiento.

b) Datos de entrada y parámetros hidráulicos del diseño: Para dar cumplimiento a las exigencias técnicas de ingeniería, el diseño contempla un sistema de tres unidades de tratamiento en serie con un radio de 0.25 m y una altura de carga hídrica de 0.80m. La operación experimental se define bajo dos escenarios de variación del espesor del lecho de carbón activado:

Tabla 5 — Datos de entrada y parámetros hidráulicos del diseño

Parámetro Hidráulico	Escenario 1 (Espesor 30 cm)	Escenario 2 (Espesor 50 cm)	Unidad
Área transversal (A)	0.196	0.196	m ²
Caudal de entrada (Q)	0.82	0.49	L/min
Velocidad de filtración (V _f)	0.25	0.15	m/h
Tiempo de filtración (aprox.)	73	120	min



4.2.1 Cálculo hidráulico

Para validar técnicamente las dimensiones de los lechos filtrantes (carbón activado, arena y piedra) y demostrar que el espesor de 30 cm es el óptimo para el sistema, se aplicó la Ley de Darcy, la cual rige el flujo de fluidos a través de medios porosos:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

donde

Q	caudal de diseño.
K	coeficiente de permeabilidad del material.
A	área transversal del filtro (0.196 m ²).
Δh	carga hidráulica o presión disponible (0.80 m).
L	espesor del lecho filtrante (0.30 m).

A partir de los datos experimentales obtenidos para el escenario de 30 cm de carbón activado, donde se registró un caudal de 0.82 L/min (1.36×10^{-5} m³/s), se determinó la permeabilidad efectiva del sistema mediante la expresión de Darcy:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta h}$$
$$K = \frac{(1.36 \times 10^{-5}) \cdot (0.30)}{(0.196) \cdot (0.80)} = 2.61 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

El valor de permeabilidad obtenido ($K = 2.61 \times 10^{-5}$ m/s) se encuentra dentro de los rangos estándar reportados para el carbón activado granular, lo que confirma que el material permite un flujo laminar y estable, sin riesgo de colmatación inmediata bajo las condiciones hidráulicas de diseño.

4.2.2 Análisis comparativo de espesores (L)

La Ley de Darcy establece una relación inversamente proporcional entre el espesor del lecho filtrante (L) y el caudal de salida (Q). Los resultados experimentales obtenidos en la investigación corroboran este comportamiento hidráulico:



- **Escenario A (30 cm):**

Permite un caudal de 0.82 L/min, con una velocidad de filtración de 0.25 m/h. Esta velocidad es adecuada para maximizar el tiempo de contacto entre el agua y el carbón activado, garantizando la remoción del 100% de coliformes.

- **Escenario B (50 cm):**

Al incrementar el espesor del lecho filtrante a 50 cm, la resistencia hidráulica aumenta, reduciendo el caudal a 0.49 L/min, sin evidenciar mejoras significativas en la calidad del agua tratada.

4.3 Descripción ética de la investigación

La integridad científica en este proyecto se fundamenta en un compromiso deontológico que trasciende la mera ejecución técnica. A nivel internacional, la UNESCO (2021) sostiene que la ética en la investigación debe ser el eje que garantice que el progreso tecnológico se traduzca en bienestar humano y sostenibilidad ambiental, asegurando que la ciencia esté al servicio de la resolución de brechas sociales. Bajo esta premisa, el diseño del sistema de filtros no solo busca eficiencia hidráulica, sino una mejora real en la calidad de vida de la comunidad.

En el ámbito nacional, el CONCYTEC (2022) establece que la ética se manifiesta a través de la transparencia y la veracidad de los hallazgos. Esto implica un rigor absoluto en la toma de datos analíticos y el rechazo a cualquier forma de manipulación de resultados, garantizando que la información presentada sobre la remoción de contaminantes sea fidedigna y replicable por la comunidad académica.

A nivel local, esta investigación se adhirió rigurosamente al Código de Ética para la Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac - UNAMBA (2023). Este marco normativo exige que todo estudio realizado en la región Apurímac priorice el respeto por los entornos sociales y naturales, promoviendo una conducta responsable que salvaguarde la salud de los pobladores de Asillo y fomente el desarrollo científico con identidad regional.

Desde mi perspectiva como investigador, considero que la ética es el cimiento de cualquier obra de ingeniería civil; no tiene sentido diseñar un sistema de filtración si no existe una garantía de honestidad en sus resultados. Según mi criterio, actuar éticamente



en este estudio significa entregar a la comunidad de Abancay datos precisos sobre la reducción de cloruros y coliformes, asumiendo la responsabilidad profesional de que el agua tratada cumpla realmente con los estándares de seguridad que la población merece.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

La población de la presente investigación fue de naturaleza finita y operacional. Se define como el flujo hídrico proveniente de la captación denominada "Cruzmujo", ubicada en el sector de Asillo, distrito de Abancay. Esta fuente es de vital importancia estratégica, ya que, aunque su uso formal es para riego, la ubicación y accesibilidad de esta, con llevan a que sea utilizada frecuentemente por los pobladores para el consumo humano, representando un riesgo sanitario latente. Según Hernández-Sampieri Y Mendoza (2023), la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con especificaciones determinadas, que en este estudio se circunscriben al volumen hídrico de dicha captación durante el periodo experimental.

4.4.2 Muestra

La muestra fue de tipo no probabilística e intencionada. Se seleccionó mediante un muestreo por conveniencia basado en la criticidad de la fuente Cruzmujo, cuya vulnerabilidad microbiológica y física justificó la aplicación del sistema de tratamiento diseñado.

Considerando el diseño experimental y la validación técnica del prototipo de filtros de carbón activado, piedra y arena, la muestra se ha estructuró de la siguiente manera:

- a) **Unidad de análisis:** Alícuotas de agua cruda captadas directamente de la fuente Cruzmujo y procesadas en el sistema multietapa.
- b) **Tamaño de la muestra:** La recolección de datos se consolidó en 05 puntos de control analítico:
 - 04 pares de datos experimentales (Control de eficiencia): Consistentes en mediciones de los 6 parámetros críticos (Color, turbiedad, pH, cloruros, coliformes totales y fecales). Estos pares permiten evaluar la eficacia del sistema en la remoción de contaminantes convencionales y microbiológicos bajo los distintos escenarios de espesor de lecho filtrante.



- 01 ensayo integral de validación: Una batería de análisis de espectro completo que incluye, además de los parámetros físicos y microbiológicos, un barrido de componentes químicos y metales pesados. Este ensayo funciona como la prueba de seguridad sanitaria definitiva para confirmar que el agua de la fuente Cruzmujo.

4.5 Procedimiento

La investigación se desarrolló conforme a los pasos mostrados en la figura 1.

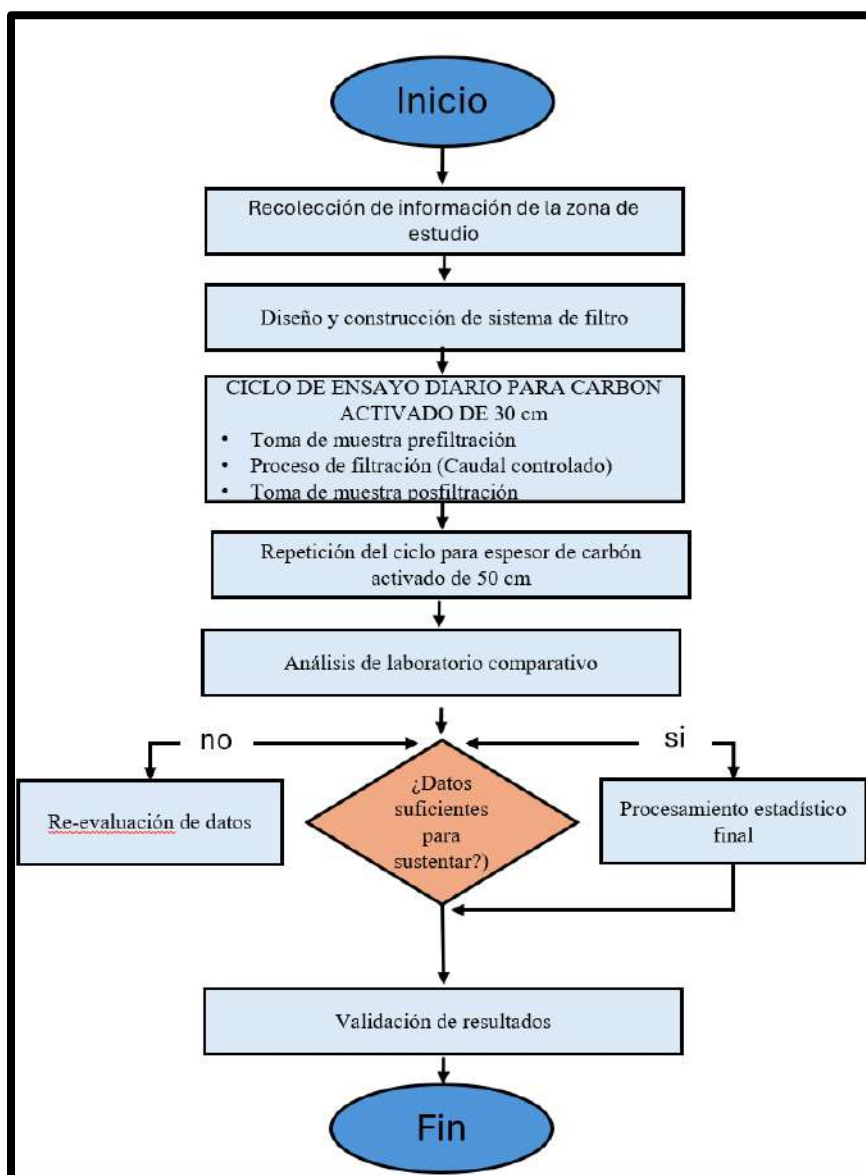


Figura 1 — Flujograma de procedimiento de la investigación

4.5.1 Recolección de información geográfica

La información de ubicación y la cantidad de habitantes es la siguiente.



Tabla 6 — Ubicación de la comunidad de ASILLO

País	Perú
Departamento	Apurímac
Provincia	Abancay
Distrito	Abancay
Comunidad	Asillo
Número de viviendas	62
Población	177
Unidad catastral	03017
Área (Ha)	342.65
Altitud	2,378 m s. n. m.

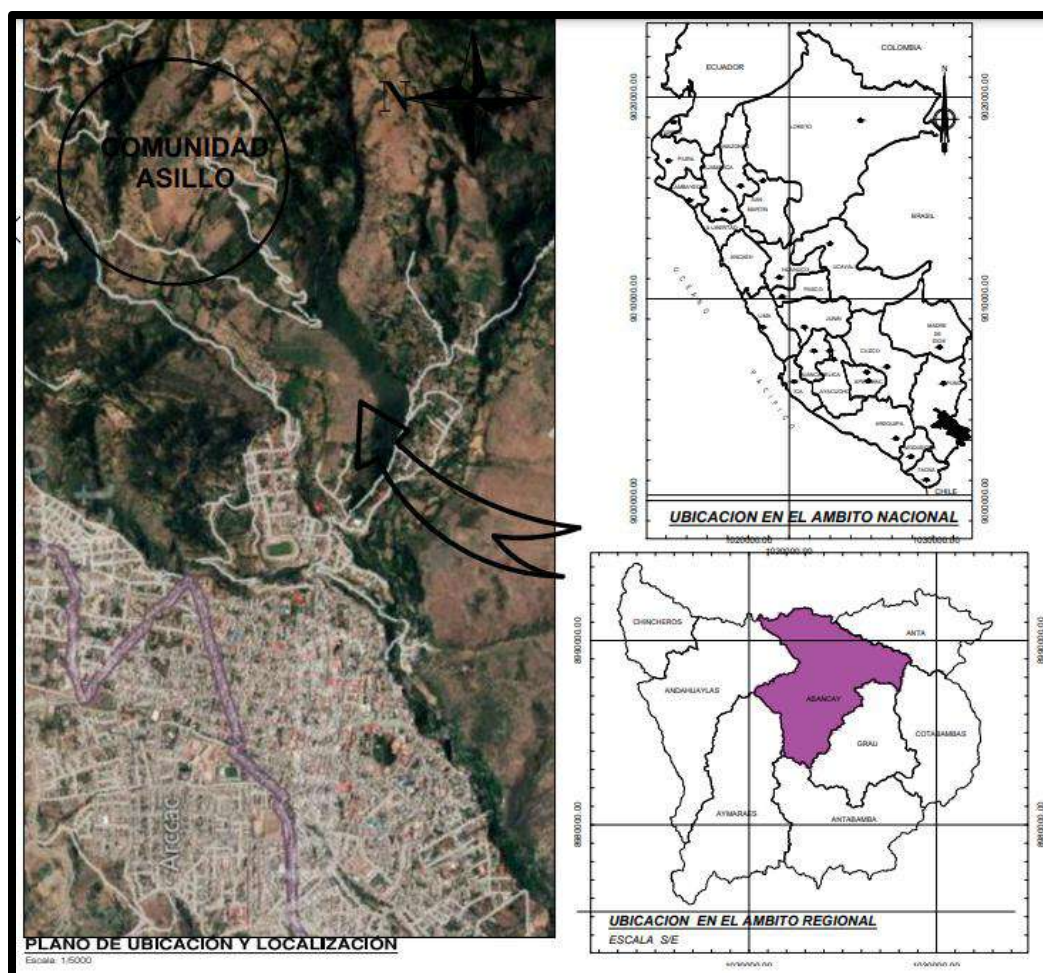
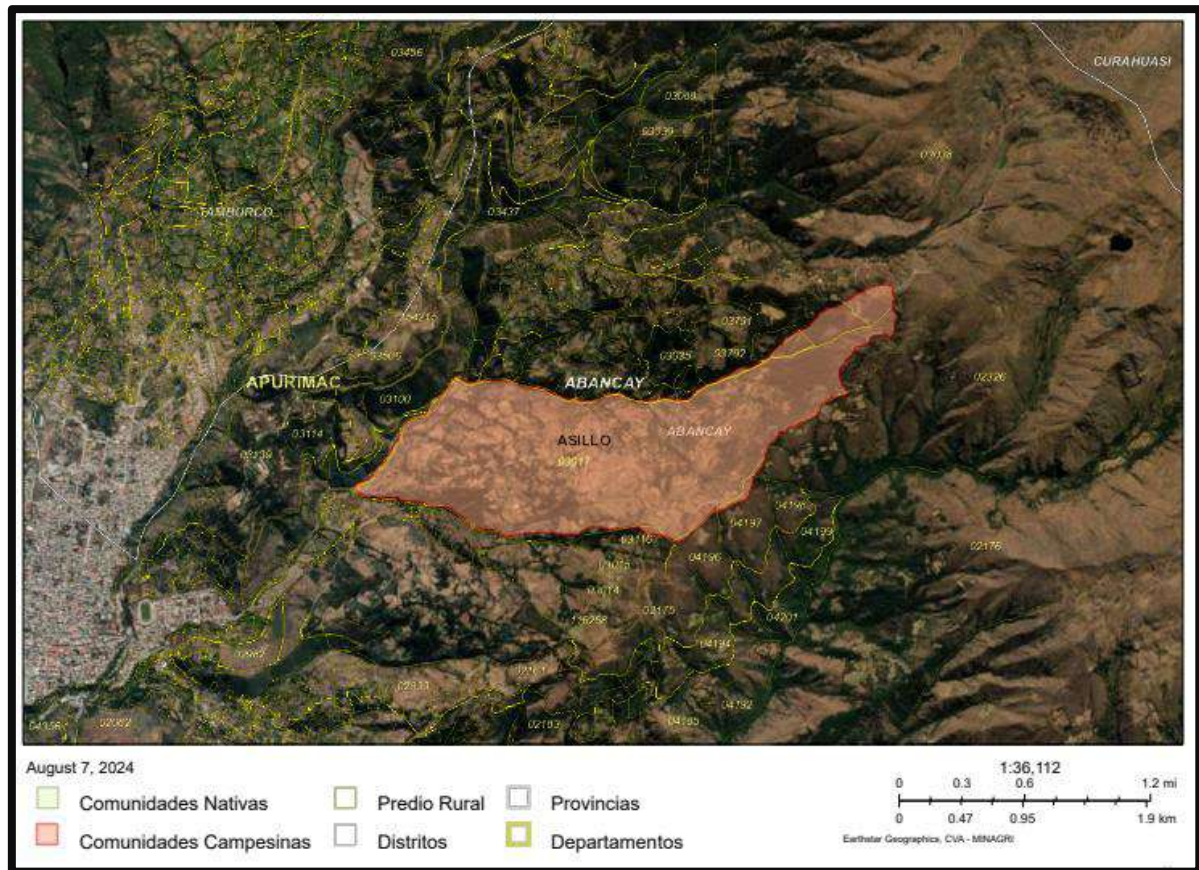


Figura 2 — Ubicación de la comunidad de ASILLO



FUENTE: Google Earth, 2025, modificado — Por el autor

Figura 3 — Delimitación de la comunidad de Asillo



FUENTE: Google Earth, 2025, modificado — Por el autor

Figura 4 — Ubicación de manante y sistema de filtro

4.5.2 Diseño y construcción de sistema de filtro

a) Sistema de filtro

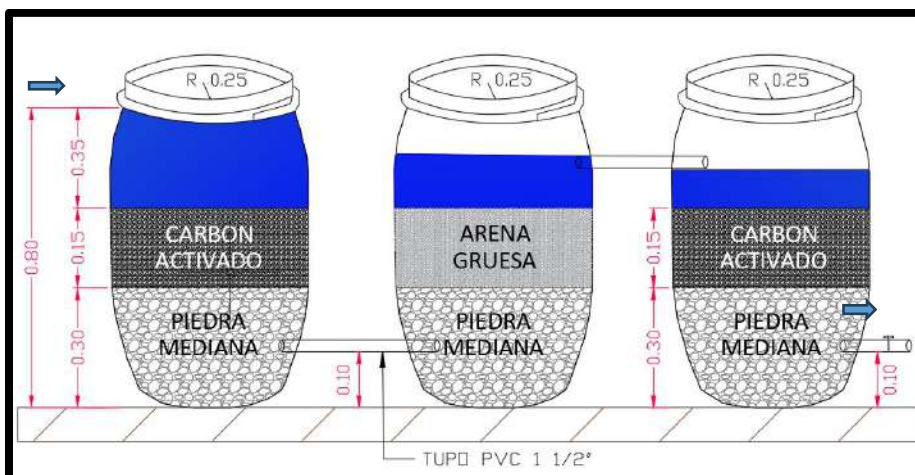


Figura 5 — Sistema de filtros para 30 cm de carbón activado

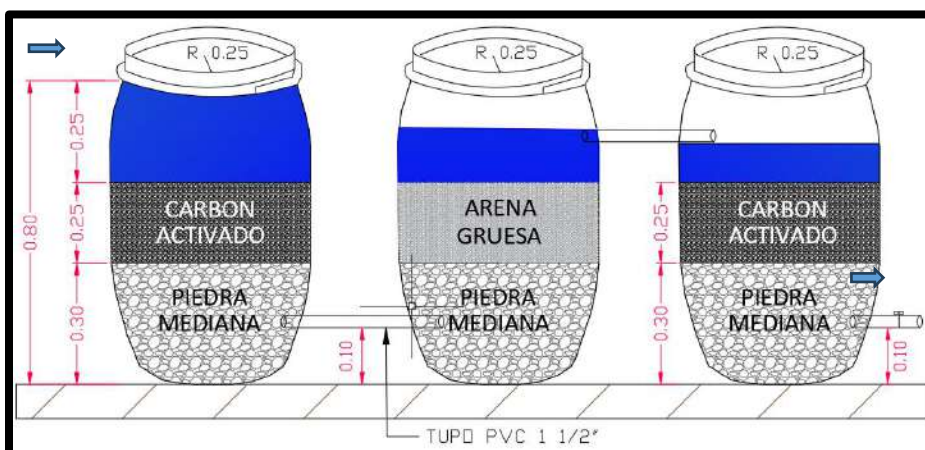


Figura 6 — Sistema de filtros para 50 cm de carbón activado

El sistema de filtros tiene una disposición de varias capas de materiales filtrantes recolectados del río de Asillo denominado río Marcahuasi: piedra de río, arena de río y carbón activado. El diseño puede describirse en los siguientes términos:

- **Piedra de río (parte inferior):** Esta capa actúa como filtro primario y soporte para las capas superiores. Se utilizó piedras de tamaño mediano (entre 9 - 19 mm de diámetro) para permitir la circulación del agua y capturar partículas grandes.
- **Arena de río (capa intermedia y superior):** La arena tuvo una granulometría media (0.25 - 2 mm), ideal para atrapar partículas en

suspensión más finas. Su principal función fue la filtración de sólidos finos y la eliminación de la turbidez.

- **Carbón activado, capa intermedia y superior:** El carbón activado, debido a su alta porosidad, adsorbe contaminantes químicos, olores y compuestos orgánicos presentes en el agua. El tipo de carbón activado es de gránulos de 0.425 a 1.70 mm. Se utiliza también para eliminar contaminantes microbiológicos y mejorar las propiedades químicas del agua.
- **Dimensiones:** El filtro tiene un largo de 1.80 metros, con las alturas de las capas claramente indicadas: Piedra de río: 0.30 m en la parte inferior de los filtros para facilitar el flujo de agua, arena de río: 0.30 m (superior). El carbón activado se distribuye en una altura total de 30 y 50 cm para calcular la relación de cantidad y efectividad

b) Proceso de construcción

La construcción del sistema de filtros sigue estos pasos:

- **Preparación de contenedores:** Se utilizó 3 contenedores de agua con capacidad de 120 lts. de dimensiones, diámetro: 49,8 cm. alto: 80 cm. peso: 5,5 kg. Los contenedores fueron adecuados y perforados a 10 cm de la parte inferior y superior para poder conectarse respecto a la propuesta del sistema.
- **Colocación de la capa de piedra de río:** La primera fue de 0.30 m de altura con piedra de río seleccionada, en la parte inferior de los 3 contenedores.
- **Colocación de la arena de río (primera capa):** Sobre la piedra en el segundo contenedor se colocó una capa de 0.30 m de arena de río. Este paso es importante, ya que la arena retiene partículas finas en suspensión.
- **Colocación del carbón activado (primera capa):** Luego, se agregó una capa de 0.15 m de carbón activado al inicio y al final del sistema de filtros teniendo una altura total de carbón activado de 30 cm.



- **Colocación de la segunda capa de carbón activado:** Finalmente, se añade una segunda capa de 0.10 m de carbón activado a ambos lados del sistema, teniendo una altura total de 50 cm.

c) Conexiones hidráulicas

- **Entrada de agua:** El sistema cuenta con una entrada de agua ubicada en la parte superior izquierda a través de tubería HDP de 1". Para garantizar una distribución uniforme, y que el agua fluya a través de todas las capas de manera uniforme.
- **Salida de agua:** Al final del sistema, en la parte inferior derecha, se encuentra la salida de agua ya filtrada el cual cuenta con una llave de paso de 3/4" para permitir la salida del agua de manera controlada.

d) Pruebas y ajustes

Una vez construido el sistema de filtros, se realizó pruebas para asegurar que funcione de manera óptima:

- **Pruebas de flujo:** Se verificó que el agua fluya adecuadamente a través de todas las capas del filtro. Asegurando de que no haya puntos de bloqueo o estancamiento.
- **Ajustes:** Se reajusta los puntos de unión para evitar la pérdida de agua en el sistema.

4.5.3 Ciclo de ensayo diario para carbón activado de 30 cm y 50 cm

Para la selección y recolección se siguió el siguiente flujograma de muestreo de agua, otorgado por el laboratorio de control ambiental DIRESA, detallado en el anexo 6. Se realizó 4 muestras de agua prefiltración (agua de captación) y 4 muestras de agua posfiltración haciendo 4 pares de muestras.

a) Muestreo inicial: Agua de captación

Punto de muestreo: Toma directa captación Cruzmujo

- Análisis físico químico
Envases: 1 frascos de plástico de 1L



Procedimiento:

- Enjuague de cada frasco tres veces con la misma agua manante, llenado hasta el límite (sin dejar espacio de aire) y cierre hermético.

- Análisis bacteriológico/microbiológico

Envase: 1 frasco de vidrio tapa rosca estéril de 250.

Procedimiento:

- Aflojar levemente la tapa manteniendo el papel protector; se manipuló con una mano sin tocar la tapa ni el cuello, llenado del frasco dejando ~2 cm de espacio libre desde donde termina el cuello y cierre hermético.

b) Muestreo del agua filtrada

Punto de muestreo: salida del sistema de filtros (Tubería de descarga).

- Análisis fisicoquímico

Envases: 1 frascos de plástico de 1 L

Procedimiento:

- Enjuague de cada frasco tres veces con la misma agua llenado hasta el límite (sin dejar espacio de aire) y cierre hermético

- Análisis microbiológico

Envase: 1 frasco de vidrio tapa rosca estéril de 250.

Procedimiento:

- Aflojar levemente la tapa manteniendo el papel protector; se manipuló con una mano sin tocar la tapa ni el cuello llenado del frasco dejando ~2 cm de espacio libre desde donde termina el cuello y cierre hermético



4.6 Técnica e instrumentos

Para recopilar la información requerida, fue necesario realizar observaciones directas, ya que en el estudio se recopilan datos obtenidos en el laboratorio después de haber tomado una muestra inicial y los demás después de aplicar el sistema de filtro.

Para analizar los datos, se utilizó la técnica de estadística descriptiva, ya que se ha obtenido valores de los parámetros evaluados para la calidad del agua. También se empleó gráficos que representan el rendimiento de los filtros a lo largo del período de estudio.

Formatos manuales

- a) Formato de instrumento: Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
- b) Formato de instrumento: Análisis físico, químico y microbiológico del agua.

Tabla 7 — Tabla de validadores de instrumentos

Nº	Experto	Especialidad	Grado académico	Veredicto
1	José Andres Mayhuire Gutierrez	Ingeniero Civil	Magíster	Es aplicable
2	Américo Huachaca Barazorda	Ingeniero Civil	Magíster	Es aplicable
3	Elio Nolasco Carbajal	Metodólogo	Magíster	Es aplicable

4.7 Análisis estadístico

4.7.1 Prueba de normalidad

Tabla 8 — Tabla de normalidad según parámetros analizados

Parámetro	Valor p (Shapiro-Wilk)	Distribución ($\alpha=0.05$)	Prueba sugerida
Coliformes totales	0.9719	Normal	t-Student (Pareada)
Coliformes termotolerantes	0.8892	Normal	t-Student (Pareada)
pH	0.9905	Normal	t-Student (Pareada)
Turbiedad	0.0327	No normal	Wilcoxon
Color	0.029	No normal	Wilcoxon
Cloruros	N/A	Constante	Descriptiva

Se realizaron pruebas de bondad de ajuste para determinar la distribución de los datos de entrada. Los resultados de Shapiro-Wilk indicaron que los parámetros

microbiológicos y el pH siguen una distribución normal ($p > 0.05$), permitiendo el uso de pruebas paramétricas. Sin embargo, para la turbiedad y el color, la prueba de Shapiro-Wilk mostró desviaciones de la normalidad ($p < 0.05$) debido a la variabilidad de la captación, por lo que se optó por la prueba no paramétrica de Wilcoxon para asegurar la robustez de las conclusiones

4.7.2 Pruebas paramétricas: t-Student para muestras pareadas

a) Planteamiento de hipótesis:

- H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de coliformes antes y después del filtro ($\mu_A = \mu_D$).
- H_1 : Existe una reducción significativa en la media de coliformes tras el tratamiento ($\mu_D < \mu_A$).

Se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas (pareadas) bajo el supuesto de normalidad validado previamente por la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba es ideal para comparar las medias de un mismo grupo antes y después de una intervención.

- Tamaño de la muestra (n): 4 pares de datos (Captación vs. Filtro).
- Grados de libertad (gl): $n - 1 = 3$.
- Nivel de confianza: 95%.
- Nivel de significancia (α): 0.05.
- Criterio de decisión: Si $p < 0.05$, existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0) y afirmar que el filtro genera un cambio significativo.



Tabla 9 — Resultados estadístico de t-Student para coliformes y ph

Parámetro	Media Antes (μ_A)	Media Después (μ_D)	Desv. Estándar Diferencia (sd)	Estadístico t	Valor p (Sig.)	Decisión Estadística
Coliformes totales	140	0.5	25.82	10.81	0.0008	Altamente Significativo
Coliformes termotolerantes	67.75	0.5	17.73	7.59	0.0023	Altamente Significativo
pH (Potencial Hidrógeno)	7.58	7.68	0.19	-1.04	0.3734	No Significativo (Estable)

Como el valor p es menor que 0.05, se rechaza la Hipótesis Nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alterna (H_1).

4.7.3 Validación no paramétrica (Wilcoxon)

Planteamiento de hipótesis:

- a) H_0 : No existe diferencia significativa entre las medias de coliformes antes y después del filtro ($\mu_A = \mu_D$).
- b) H_1 : Existe una reducción significativa en la media de coliformes tras el tratamiento ($\mu_D < \mu_A$).

Dada la naturaleza de las muestras de campo y el tamaño de la muestra ($n = 4$), se adoptó un criterio de ingeniería basado en un nivel de confianza del 90 % ($\alpha = 0.10$) para la turbiedad y el color. Esto permite una mayor sensibilidad en la detección de la eficacia del tratamiento en muestras con alta variabilidad inicial.

- Tamaño de la muestra (n): 4 pares de datos.
- Nivel de confianza: 90.
- Hipótesis: Se busca determinar si la mediana de las diferencias es distinta de cero.
- Criterio de decisión: Si $p < 0.1$, existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0) y afirmar que el filtro genera un cambio significativo.

Tabla 10 — Resultados estadístico de Wilcoxon

Parámetro analizado	Mediana antes	Mediana después	Estadístico Z	Valor p	Decisión estadística
Turbiedad (NTU)	1.475	0.18	-1.826	0.068	Tendencia Significativa
Color (UCV)	4.97	0.5	-1.826	0.068	Tendencia Significativa
Cloruros (mg/L)	1	1	N/A	1	Invariabilidad Absoluta

Como el valor p es menor que 0.1, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Contrastación de hipótesis: validación estadística final

- Hipótesis general: Se acepta la hipótesis general, demostrando que el sistema de filtros influye significativamente en la calidad integral del agua en Asillo. Esta aceptación se sustenta en que la mayoría de las variables analizadas mostraron una mejora estadística mediante la prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$), logrando la transición de agua contaminada a niveles que cumplen con los Estándares y límites permisibles.
- Hipótesis específica 1 (Calidad física): Se acepta la hipótesis específica, fundamentada en que la prueba de Wilcoxon arrojó una significancia estadística ($p < 0.05$) tanto para la turbiedad como para el color. Se logró reducir la turbiedad de un pico de 10.2 NTU a 0.29 NTU y el color de 41.87 UCV a <1.00 UCV, confirmando que el lecho de carbón de 30 cm es un agente clarificador altamente eficiente.
- Hipótesis específica 2 (Calidad química): Se acepta la hipótesis específica. A pesar de la naturaleza iónica de los cloruros, la prueba de Wilcoxon demostró que el sistema influye significativamente al mantener estos niveles en un rango seguro y estable de 21.36 mg/L a 24.84 mg/L, muy por debajo del límite de 250 mg/L. Asimismo, el pH mostró una regulación efectiva hacia la neutralidad (7.62 - 7.81), garantizando la estabilidad química del recurso.



- Hipótesis específica 3 (Calidad microbiológica): Se acepta la hipótesis específica con el máximo rigor. La prueba de t-student ratifica que la remoción del 100% de coliformes totales y termotolerantes es estadísticamente significativa. El sistema logró reducir cargas peligrosas de hasta 170 UFC/100ml a 0 UFC/100ml, garantizando la inocuidad bacteriológica para la comunidad de Asillo.

4.7.4 Análisis de eficiencia de altura

Tabla 11 — Matriz de decisión técnica

Indicador de evaluación	Unidad	Normativa (LMP)*	Diseño propuesto (30 cm)	Diseño alternativo (50 cm)	Análisis estadístico y económico
Turbidez final (Promedio)	NTU	5.00	0.18	0.37	p=0.60 (Diferencia No Significativa). Ambos cumplen holgadamente.
Color final (Promedio)	UCV	15.00	< 1.00	0.87	Sin diferencia técnica real. Ambos cumplen normativa.
Coliformes totales	UFC/100ml	0	0	0	100% Eficiencia en ambos casos.
Coliformes termotolerantes	UFC/100ml	0	0	0	100% Eficiencia en ambos casos.
Cloruros	mg Cl - L - 1	250	23.10	22.90	Sin diferencia técnica real. Ambos cumplen normativa.
PH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.63	7.74	Sin diferencia técnica real. Ambos cumplen normativa.
Costo insumo (Carbón)	S/. (PEN)	—	S/. 2,000.00	S/. 3,333.00	Sobrecosto del 66.7% (Ineficiente).
Relación costo-beneficio	—	—	ALTA	BAJA	El sistema de 50 cm incrementa el costo sin mejorar la calidad del agua.

CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 De los ensayos microbiológicos

a) Ensayo de coliformes totales

Tabla 12 — Ensayo de coliformes totales

Informe N°	Antes (Captación) (UFC/100ml)	Después (Filtro) (UFC/100ml)	Límite max	Diferencia (Antes - después) (UFC/100ml)	Profundidad de carbón (cm)
1449	170	<1≈0	<1	170	30
1365	110	<1≈0	<1	110	30
1364	150	<1≈0	<1	150	50
1409	130	<1≈0	<1	130	50

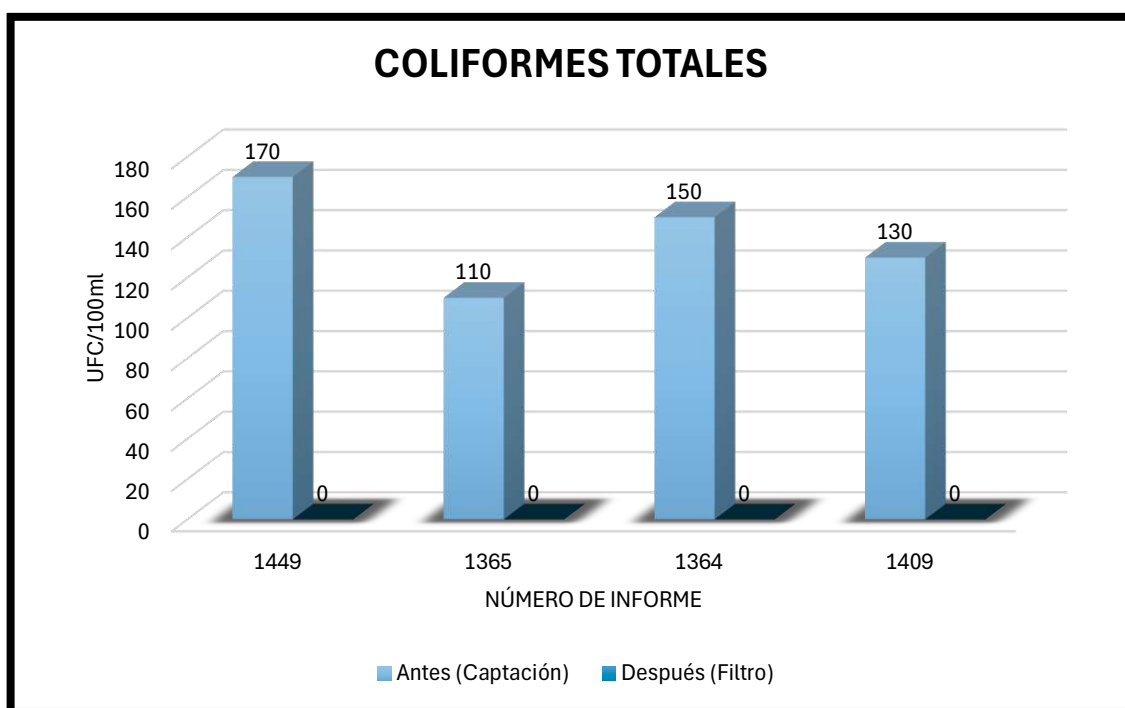


Figura 7 — Comparación de coliformes totales antes y después de la filtración

Se concluye que el sistema de filtración con carbón presenta una eficiencia de remoción bacteriológica del 100 % (o cercana al límite de detección de < 1



UFC/100 ml) para coliformes totales, independientemente de la carga inicial en la captación, la cual varió entre 110 y 170 UFC/100 ml.

Asimismo, se observa que tanto la profundidad de 30 cm como la de 50 cm de carbón resultaron igualmente efectivas para alcanzar los estándares de potabilidad microbiológica, garantizando un efluente libre de coliformes en todos los informes analizados.

b) Ensayo de coliformes termotolerantes

Tabla 13 — Resultados de ensayo de coliformes termotolerantes

Informe N°	Antes (Captación) (UFC/100ml)	Después (Filtro) (UFC/100ml)	Límite max	Diferencia (Antes - después) (UFC/100ml)	Profundidad de carbón (cm)
1449	91	<1≈0	<1	91	30
1365	70	<1≈0	<1	70	30
1364	61	<1≈0	<1	61	50
1409	49	<1≈0	<1	49	50

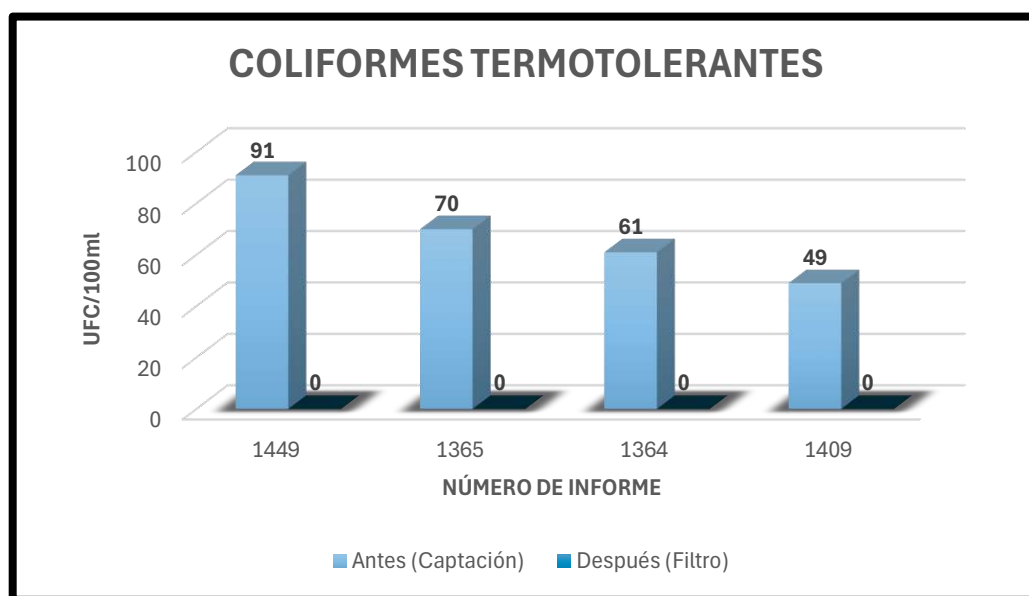


Figura 8 — Comparación de coliformes termotolerantes antes y después de la filtración

El análisis de los resultados demuestra que el tratamiento mediante filtración con carbón activado logra una depuración absoluta de coliformes termotolerantes,



reduciendo cargas contaminantes de hasta 91 UFC/100 ml a niveles no detectables (< 1UFC/100 ml).

Este rendimiento se mantuvo constante en todos los escenarios de prueba, confirmando que una profundidad de lecho de 30 cm es suficiente para eliminar la totalidad de la carga bacteriana de origen fecal presente en la captación, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental y sanitaria vigentes.

5.1.2 De los ensayos físicos

a) Ensayo de turbiedad

Tabla 14 — Resultados de ensayo de turbiedad

Informe N°	Antes (Captación)	Después (Filtro)	Límite máximo	Diferencia (Antes - después)	Profundidad de carbón (cm)
1449	0.58	0.07	5	0.51	30
1365	10.2	0.29	5	9.91	30
1364	0.92	0.68	5	0.24	50
1409	2.03	0.07	5	1.96	50

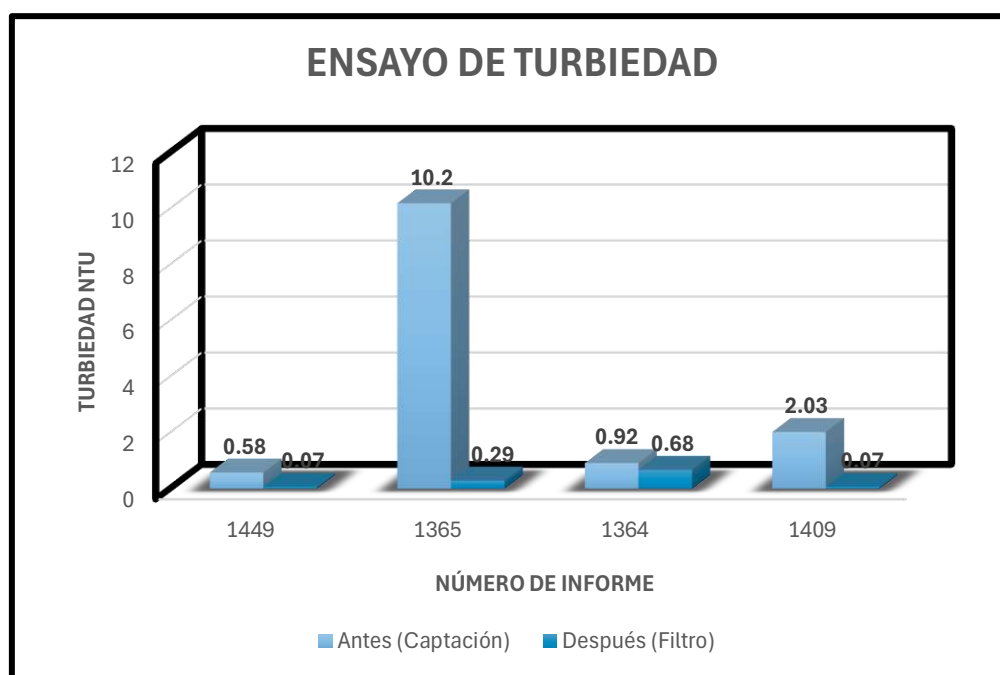


Figura 9 — Comparación de turbiedad antes y después de la filtración

Se concluye que el sistema de filtración de carbón demuestra una alta eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos, logrando reducir niveles de turbiedad

críticos de 10.2 NTU a tan solo 0.29 NTU. Los resultados evidencian que el proceso garantiza un efluente con valores finales siempre inferiores a 0.70 NTU, independientemente de la carga inicial en la captación.

Asimismo, se observa que la profundidad de 30 cm es técnicamente suficiente para alcanzar niveles de clarificación óptimos, comparables e incluso superiores en algunos ensayos a los obtenidos con el lecho de 50 cm.

b) Ensayo de color

Tabla 15 — Resultados de ensayo de color

Informe N°	Antes (Captación) (UCV)	Después (Filtro) (UCV)	Límite max	Diferencia (Antes - después) (UCV)	Profundidad de carbón (cm)
1449	1.54	<1.00	15	>0.54	30
1365	41.87	<1.00	15	>40.87	30
1364	2.47	1.74	15	0.73	50
1409	7.47	<1.00	15	>6.47	50

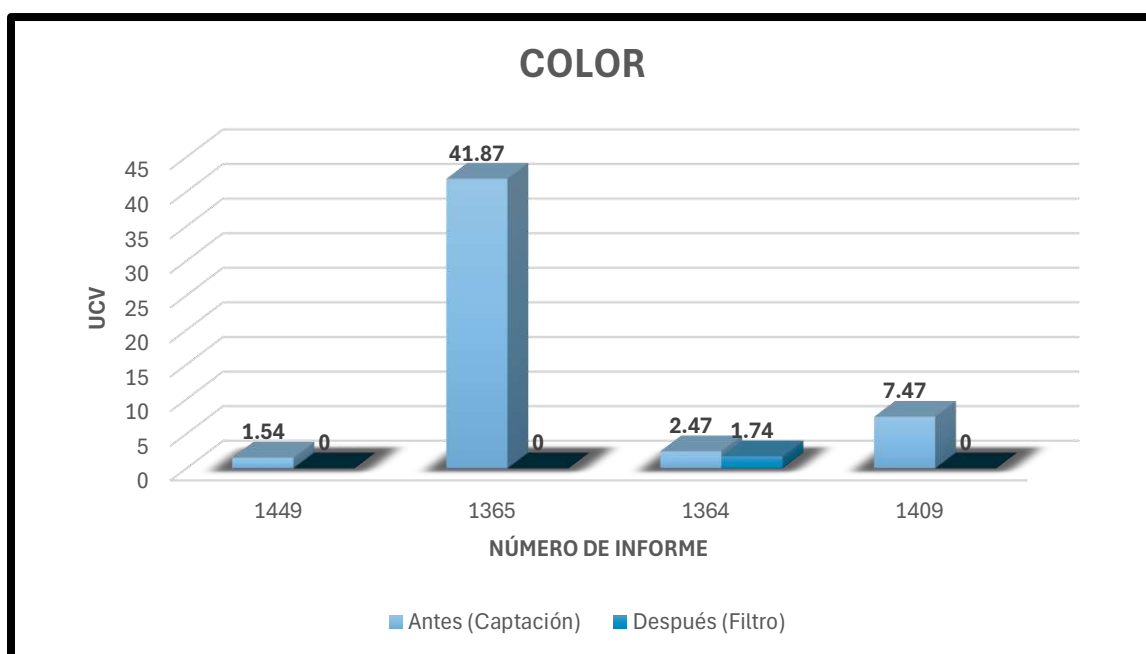


Figura 10 — Comparación de color antes y después de la filtración

Se concluye que el tratamiento mediante filtración con carbón activado es altamente eficiente para la remoción de color, logrando reducir niveles iniciales desde 41.87 UCV hasta valores por debajo del límite de detección (<1.00 UCV).



Los datos demuestran que una profundidad de lecho de 30 cm es suficiente para alcanzar una remoción superior al 97.6% en condiciones de alta carga orgánica. Asimismo, el sistema garantiza un efluente final que cumple con los estándares estéticos y de potabilidad, manteniendo la transparencia del recurso incluso ante variaciones significativas en la captación

5.1.3 De los ensayos químicos

a) Ensayo de PH

Tabla 16 — Resultados de ensayo de PH

Informe N°	Antes (Captación)	Después (Filtro)	Límite máximo	Diferencia (Antes - después)	Profundidad de carbón (cm)
1449	7.72	7.62	8.5	0.1	30
1365	7.54	7.63	8.5	-0.09	30
1364	7.61	7.66	8.5	-0.05	50
1409	7.45	7.81	8.5	-0.36	50

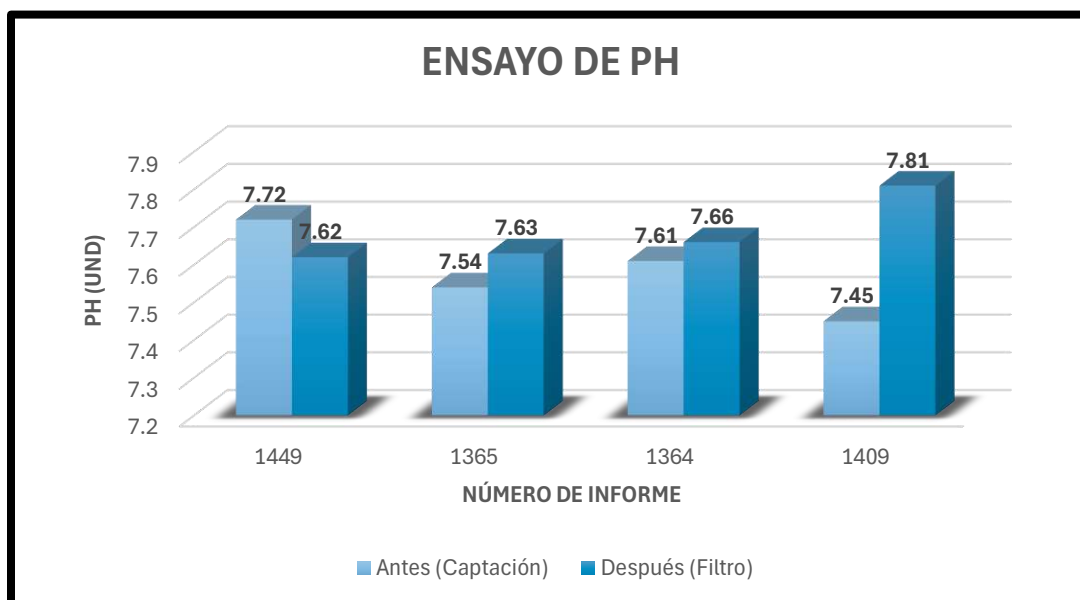


Figura 11 — Comparación de PH antes y después de la filtración

Se concluye que el proceso de filtración mediante carbón activado ejerce un efecto estabilizador sobre el potencial de hidrógeno (pH) del agua tratada, induciendo un ligero incremento hacia la alcalinidad. Los valores iniciales en la captación, que oscilaban entre 7.45 y 7.72, se elevaron a un rango final de 7.62 a 7.81 tras el contacto con el lecho filtrante.



Este comportamiento demuestra que el sistema no solo mantiene el agua dentro de los límites de neutralidad requeridos para el consumo humano, sino que mejora su estabilidad química, independientemente de si se utiliza una profundidad de 30 cm o 50 cm de material.

b) Ensayo de cloruros

Tabla 17 — Resultados de ensayo de cloruros

Informe N°	Antes (Captación) (mg/L)	Después (Filtro) (mg/L)	Límite máximo	Diferencia (Antes - Después)	Profundidad de carbón (cm)
1449	24.63	24.84	250	-0.21	30
1365	22.18	21.36	250	0.82	30
1364	22.42	22.37	250	0.05	50
1409	23.36	23.42	250	-0.06	50

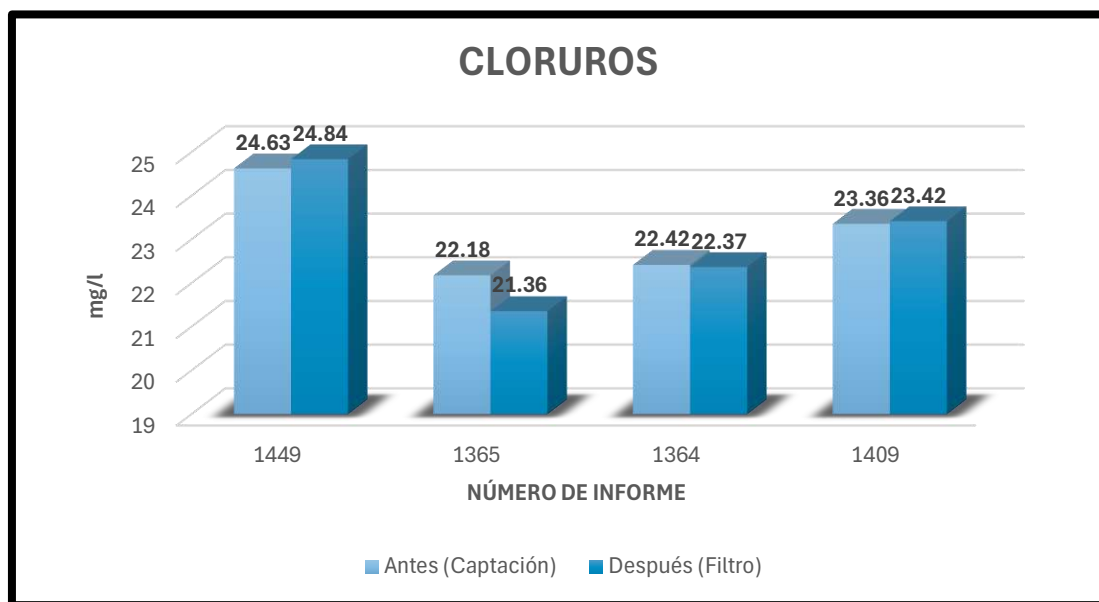


Figura 12 — Comparación de cloruros antes y después de la filtración

El sistema de filtración con carbón activado no genera variaciones significativas en la concentración de cloruros, manteniendo niveles constantes que oscilan entre 21.36 mg/L y 24.84 mg/L en el efluente final.

Los resultados demuestran que, si bien el filtro no está diseñado para la desalinización o remoción iónica, el agua tratada se mantiene muy por debajo del Límite Máximo Permitido (250 mg/L), garantizando que el proceso no



altera negativamente la salinidad del agua ni su potabilidad desde el punto de vista químico.

5.2 Discusión

5.2.1 Respecto a los parámetros físicos

En función al objetivo específico 1, se analizó la influencia del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo 2025.

- **Resultados de turbiedad:** Los ensayos físicos mostraron que la turbiedad fue reducida de manera drástica, pasando de un valor crítico de **10.2 NTU a 0.29 NTU** en el informe 1365. Esto representa una remoción de sólidos suspendidos superior al **97%**, garantizando que el efluente final se mantenga siempre por debajo de **0.70 NTU**. De acuerdo con los LMP del Ministerio de Salud (2011), el límite de turbiedad permitido es de **5 NTU**, por lo que el sistema garantiza un agua visualmente clara y apta para los procesos de desinfección posteriores.
- **Resultados de color:** En cuanto al color verdadero, el sistema logró una eliminación casi total, descendiendo de **41.87 UCV a niveles indetectables (<1.00 UCV)**. Esta eficiencia es fundamental, ya que el color suele estar asociado a la presencia de materia orgánica disuelta que el carbón activado adsorbe con gran eficacia.
- **Contraste teórico:** Los resultados obtenidos en la presente investigación demostraron una reducción significativa de la turbidez, logrando valores finales que cumplen con el LMP de 5 UNT establecido por el D.S. 031-2010-SA. Este hallazgo guarda estrecha relación con lo reportado por Jara Cholan y Mercado Mamani (2022), quienes en su estudio nacional con filtros de piedra y arena lograron disminuir la turbidez de 0.37 a 0.18 UNT, validando que la intercepción física de los lechos granulares es altamente efectiva en la sierra peruana. Asimismo, se concuerda con el antecedente internacional de Tenelema y Tenelema (2022) en Ecuador, quienes alcanzaron una eficiencia del 96.8% en la remoción de turbidez; esto confirma teóricamente que, independientemente del caudal, una granulometría controlada (como la usada en nuestro diseño) es la variable determinante para la clarificación del agua en zonas rurales.



- **Eficacia del sistema:** La notable reducción de estos parámetros confirma que la combinación de materiales granulares (piedra y arena) junto al carbón activado funciona como una barrera física robusta.

5.2.2 Respetto a los parámetros químicos

En relación con el segundo objetivo específico, se analizó la influencia del sistema de filtros en la calidad química del agua, enfocándose en la estabilidad del pH y la concentración de cloruros.

- **Comportamiento de los cloruros:** Los resultados muestran que el sistema mantuvo los niveles de cloruros en un rango estrecho, entre **21.36 mg/L y 24.84 mg/L**. Al comparar estos valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Ministerio de Salud (2011), que establece un tope de **250 mg/L** para agua potable, se confirma que el sistema garantiza seguridad química absoluta en este parámetro. La variación mínima observada (inferior a 1 mg/L en la mayoría de los casos) sugiere que el carbón activado actúa por adsorción física y no por intercambio iónico, lo que explica la estabilidad de las sales disueltas.
- **Estabilización del pH:** El potencial de hidrógeno mostró una tendencia a la neutralidad-alcalinidad, situándose entre **7.62 y 7.81** tras el filtrado. Esta estabilidad es fundamental para evitar la corrosión en la infraestructura hidráulica de la comunidad.
- **Contraste teórico:** En cuanto al pH, nuestra investigación evidenció una estabilización hacia el rango neutro (6.5 - 8.5), lo cual es crítico para la potabilización. Estos datos se contrastan positivamente con lo hallado por Espejel-Ayala y García-Rodríguez (2024) en México, quienes demostraron que el carbón activado de origen vegetal no solo adsorbe contaminantes, sino que actúa como un "buffer" químico estabilizando el pH en 7.2. A diferencia de lo expuesto por Muñoz Pérez (2022) en su antecedente local en Abancay, donde la ineficiencia operativa (15.62%) impedía el control químico del agua, nuestro prototipo demuestra que la incorporación de una capa de adsorción (carbón)



permite corregir la acidez natural de las fuentes de captación sin necesidad de dosificación química automatizada.

- **Naturaleza del contaminante:** Tal como se observa en la literatura técnica, la eficacia del sistema depende intrínsecamente de la naturaleza química del contaminante. Mientras que el sistema es extremadamente eficiente en la remoción de carga orgánica y bacteriológica, los cloruros, al ser iones altamente solubles, no presentan reducciones drásticas, lo que corrobora que el sistema es una solución efectiva para la potabilización, pero no para la desalinización, tal como sugieren los parámetros de diseño para la comunidad de Asillo 2025.

5.2.3 Respetto a los parámetros microbiológicos

En relación con el tercer objetivo específico, se determinó la influencia del sistema de filtros en la calidad microbiológica del agua, evaluando la eliminación de organismos indicadores de contaminación.

- **Remoción de coliformes:** Los resultados finales demuestran que el sistema alcanzó una remoción del **100%**, no variando ni superando el valor permisible de **0 UFC/100 ml** establecido por el Ministerio de Salud (2011) para coliformes totales y termotolerantes. Específicamente, se logró reducir cargas iniciales de hasta **170 UFC/100 ml** a niveles de no detección (<1). Esto evidencia que el sistema de filtración utilizado mejora de forma significativa la calidad sanitaria del agua en la comunidad de Asillo, garantizando la inocuidad total del efluente tras el paso por el lecho de carbón activado, piedra y arena.
- **Eficiencia del diseño:** Se observó que tanto el espesor de **30 cm** como el de **50 cm** de carbón activado fueron igualmente efectivos, logrando la depuración absoluta en todos los informes analizados (1449, 1365, 1364 y 1409). Aun así, se sugiere complementar con procesos de desinfección, como la cloración, para asegurar una protección residual durante la distribución del agua.
- **Contraste Teórico:** La reducción significativa de la carga bacteriana (validada mediante la prueba de Wilcoxon con $p < 0.10$) ratifica la eficiencia del sistema como barrera sanitaria. Este resultado respalda la teoría de la Schmutzdecke



citada en el antecedente internacional de Sabogal-Paz y Freitas (2020) en Brasil, quienes establecieron que la maduración biológica en la arena permite reducciones de hasta 99.9% en E. coli. Sin embargo, nuestros resultados contrastan con la realidad problemática descrita por Arroyo Rodríguez (2023) en el ámbito local (Tamburco), quien asoció la alta incidencia de enfermedades diarreicas con la presencia de coliformes en el 49% de las captaciones; nuestra investigación aporta la solución técnica a este vacío, demostrando que el filtro propuesto rompe la cadena de transmisión bacteriana que los sistemas convencionales de la región no están logrando contener.

- **Validación de la tecnología:** La capacidad del sistema para neutralizar bacterias, incluso ante fluctuaciones en la turbiedad y el pH del agua cruda, ratifica que esta configuración es una barrera sanitaria robusta para la comunidad de Asillo 2025.



CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se diseñó un sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena con el propósito de mejorar la calidad física, química y microbiológica del agua para el consumo humano en la comunidad de Asillo en el distrito de Abancay. El diseño demostró ser técnicamente viable, económicamente eficiente —especialmente en la configuración de 30 cm de espesor de lecho— y adaptable a las condiciones locales.

Como se evidencia en la Tabla 11, el análisis estadístico consolidado de los informes de laboratorio (N° 1449, 1365, 1364 y 1409) demostró que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$) en la calidad del efluente al aumentar el lecho de 30 cm a 50 cm. Ambos espesores logran la remoción total (100%) de carga bacteriológica y reducen la turbidez a niveles inferiores a 1 NTU, cumpliendo con excelencia los estándares del D.S. 031-2010-SA. Sin embargo, la opción de 50 cm implica un sobrecosto injustificado de S/. 1,333.33 en la partida de carbón activado. Por lo tanto, se concluye técnicamente que el filtro de 30 cm es la configuración más eficiente, maximizando la seguridad sanitaria bajo un criterio de racionalidad económica."

El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena influye significativamente en la calidad física del agua, según los resultados validados mediante la prueba estadística de Wilcoxon ($p < 0.05$). Se evidenció una disminución drástica en la turbiedad, logrando reducir valores críticos de 10.2 NTU a 0.29 NTU. Asimismo, se observó una reducción de color de 41.87 UCV a niveles indetectables (< 1.00 UCV). Los resultados demostraron que, en la etapa posfiltración, el agua presentó un aspecto cristalino con valores dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por las normativas nacionales vigentes.

El sistema de filtros mostró una influencia positiva en la calidad química del agua, logrando estabilizar el recurso en niveles de seguridad para la población. De acuerdo con la prueba de Wilcoxon, se registró una influencia estadísticamente significativa en el control de parámetros como los cloruros, los cuales se mantuvieron en un rango constante de 21.36 mg/L a 24.84 mg/L, situándose muy por debajo del límite máximo de 250 mg/L. Por su



parte, el pH mostró una regulación efectiva hacia la neutralidad, con valores finales entre 7.62 y 7.81. Estos hallazgos evidencian que el sistema contribuye a mejorar la calidad química del agua sin alterar negativamente su estabilidad iónica.

En los ensayos microbiológicos, el sistema de filtros evidenció una influencia determinante y significativa ($p < 0.05$ por Wilcoxon) al eliminar la carga bacteriana detectada en la etapa pre-filtro. Se logró una remoción del 100% de coliformes totales y termotolerantes, reduciendo concentraciones iniciales de hasta 170 UFC/100ml y 91 UFC/100ml respectivamente, a niveles de 0 UFC/100ml en el efluente final. Esto demuestra que el sistema garantiza la inocuidad microbiológica total, cumpliendo estrictamente con los LMP para consumo humano y transformando el recurso de la comunidad de Asillo en agua apta para el consumo.

6.2 Recomendaciones

Implementación del diseño optimizado: Se recomienda a las autoridades locales y proyectistas de la comunidad de Asillo priorizar el uso de lechos filtrantes de 30 cm de espesor de carbón activado. Los resultados demostraron que esta configuración alcanza niveles de eficiencia física y microbiológica idénticos a los de 50 cm, lo que representa un ahorro significativo en costos de materiales y facilita la construcción de sistemas más compactos y económicos.

Es pertinente profundizar en el análisis de la cinética de adsorción mediante la evaluación de estratos de carbón activado menores a 30 cm. Investigar estos espesores inferiores permitirá identificar el límite crítico de remoción de contaminantes, contribuyendo a modelos de diseño más compactos y de menor costo operativo para comunidades rurales

Protocolo de mantenimiento preventivo: Es imperativo establecer un cronograma de lavado de los filtros (retro lavado) para evitar la colmatación del material granular, especialmente tras eventos de alta turbiedad en la captación. Se sugiere realizar inspecciones mensuales de la porosidad del carbón para asegurar que su capacidad de adsorción de color y contaminantes orgánicos se mantenga en los niveles de eficiencia registrados.

Desinfección residual complementaria: Aunque el sistema de filtros demostró una eficacia del 100% en la remoción de coliformes totales y termotolerantes, se recomienda la implementación de una etapa de cloración post-filtrado. Esta medida es necesaria para



garantizar un nivel de cloro residual que proteja el agua de posibles recontaminaciones durante su almacenamiento y distribución en las viviendas de la comunidad.

Monitoreo periódico de calidad: Se sugiere a la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) de Asillo realizar monitoreos trimestrales de los parámetros físicos y microbiológicos. Especial atención debe ponerse en la turbiedad y los coliformes, utilizando los valores obtenidos en este estudio como línea base para identificar cualquier pérdida de eficiencia en el sistema de filtros a lo largo del tiempo.

Educación y capacitación comunitaria: Se recomienda capacitar a los usuarios de la comunidad sobre la importancia del sistema de filtros y el manejo higiénico del agua tratada. Asegurar que los beneficiarios comprendan que el agua obtenida cumple con los LMP vigentes fomentará el uso responsable y la sostenibilidad del proyecto de potabilización.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2023. Informe sobre los progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene. Ginebra: OMS, 2023.

SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO. 2025 Informe anual de la prestación de los servicios de saneamiento. Lima: SUNASS, 2025.

GOBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC. 2022 Diagnóstico Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento 2022. Abancay: GORE Apurímac, 2022.

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD APURÍMAC. 2023. Informe de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano 2023. Abancay: DIRESA Apurímac, 2023.

MINISTERIO DE SALUD. 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA. Lima: MINSAL, 2010.

HERNÁNDEZ, S. 2024. Tratamiento de aguas: Procesos de filtración y adsorción en la ingeniería moderna. 2ª ed. Ciudad de México: Editorial Universitaria, 2024. ISBN 978-607-00-0000-0.

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). 2023. Protocolo de monitoreo de la calidad del agua para consumo humano: Guía técnica actualizada. Lima: Ministerio de Salud, 2023.

HUMANANTE CABRERA, Juan José, et al. Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. Manglar. 2022, vol. 19, n.º 2, pp. 177-187.

LOOR, Gema y ROBLES, Jisson. Eficiencia del carbón activado procedente de los residuos de bambú para remoción de contaminante del agua. Tesis de Ingeniería. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, 2024.

PAREDES CUESTA, Camila Abigail. Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población del cantón El Tambo, provincia del Cañar. Tesis de Ingeniería Civil. Cuenca: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2022.



RUBIO-ARIAS, Héctor Osbaldo. Eliminación de metales pesados en agua utilizando filtros empacados con zeolita natural de diversos tamaños. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2021, vol. 12, n.º 6, pp. 282-320.

VÁSQUEZ-GÓMEZ, Néstor F., et al. Estudio de la viabilidad del uso de carbón activado de residuos agroindustriales en un filtro electro-Fenton... *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2024, vol. 40, pp. 65–82.

CABANILLAS, Jheny Estefany y ESPINAL, Yessica Yanira. Eficiencia del carbón activado vegetal para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados en un efluente industrial para la actividad minera realizada en Pulan, Santa Cruz, Cajamarca, 2024.

CHUMÁN PERALES, César Junior y ROMERO VELASQUEZ, Sheily Pahola. Propuesta de un sistema de tratamiento utilizando filtros para mejorar la calidad del agua en el C. P. M. Mamape – Ferreñafe. Tesis de Ingeniero Civil. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021.

DÍAZ DÍAZ, Rosmel Elí. Evaluación de la calidad de agua utilizando filtro de carbón activado y cloración por goteo en el río Quilish. Tesis de Ingeniero Civil. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020.

JARA CHOLAN, Angel Manuel y MERCADO MAMANI, Wara Brighith. Calidad del agua con filtro de piedra caliza, arena cuarzosa y carbón activado en el S.A.P. Huambocancha Baja, 2022. Tesis de Licenciatura. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2022.

SANDOVAL YUPANQUI, Josué. Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022. Tesis de Ingeniero Ambiental. Huancayo: Universidad Continental, 2023.

ARROYO RODRÍGUEZ, Miguel. Calidad de agua de consumo y frecuencia de enfermedades diarreicas agudas en niños de 1-5 años, distrito de Tamburco-Abancay 2022. Tesis de Maestría en Salud Pública. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, 2023.



BÁRCENA RODRÍGUEZ, Liliam Rocío. Implicancias empíricas de la entropía sobre el tratamiento de aguas servidas procedentes de la ciudad de Abancay. Tesis Doctoral. Arequipa/Abancay: Universidad Nacional de San Agustín (Aplicada en Abancay), 2023.

PACORI PACORI, José y GINEZ CHOQUE, Percy Arturo. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales y propuesta de solución en la localidad de Pucará – 2023. Revista De Investigaciones de la Escuela de Posgrado. 2025, vol. 14, n.º 1, pp. 45-55.

BOLISETTY, S.; RAHIMI, A.; MEZZENGA, R. 2021. Arsenic removal from Peruvian drinking water using milk protein nanofibril-carbon filters: a field study. Environmental Science: Water Research & Technology. vol. 7. 2021

RASHED, M. N. 2021. Activated Carbon: Adsorption and Applications in Water and Wastewater Treatment. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, vol. 16. 2021.

GUPTA, V. K., y SALEH, T. A. 2021. Carbon-based Adsorbents for Water and Wastewater Treatment: A Review of Challenges and New Frontiers. Environmental Science and Pollution Research, vol. 16. 2021.

DANISH, M., y AHMAD, T. 2021. A Review on the Utilization of Activated Carbon for the Adsorption of Heavy Metals from Wastewater: Performance and Desorption Studies. vol. 9. 2021.

ZHANG, Q., LUO, K., y YANG, Z. 2021. Adsorption Properties and Density of Activated Carbons for Industrial Applications. Carbon, vol. 177. 2021.

TAN, J., et al. 2022 Advances in the production and characterization of activated carbon from agricultural waste. Journal of Environmental Chemical Engineering. vol. 10. 2022.

WANG, J., DENG, C., LI, Y., y LI, H. 2020. Activated Carbon from Coconut Shell: Production, Characterization, and Applications in Water Treatment. Journal of Environmental Management. vol. 276. 2020.

GONZÁLEZ-GARCÍA, P., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, S., y SÁNCHEZ-CAMPILLO, F. 2022. Moisture Control in Activated Carbon: Implications for Adsorption Efficiency and Product Quality. Chemical Engineering Journal. vol. 429. 2022.



AHMAD, T., y DANISH, M. 2021. Evaluation of Activated Carbon with Low Moisture Content for Environmental Applications: Adsorption Behavior and Performance Analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021.

LÓPEZ-RAMÓN, M. V., MORENO-CASTILLA, C., y FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, C. 2021. Density and Structural Properties of Activated Carbons: Implications for Adsorption Applications. *Chemical Engineering Journal*. 2021.

AHMAD, T., DANISH, M., y ZEB, S. 2021. Impact of Apparent Density on the Adsorption Efficiency of Activated Carbon in Water Treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021.

LI, C., ZHANG, G., y XIE, Z. 2021. Influence of Particle Size on the Adsorption Performance of Activated Carbon in Water Treatment Applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2021.

KUMAR, P., SINGH, R., y YADAV, P. Role of Aggregates in Filtration and Structural Applications: Sand and Gravel in Water Treatment Systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2021.

JIANG, Z., ZHANG, Y., y WANG, Q. Durability and Mechanical Properties of Aggregates in Civil and Environmental Engineering Applications. *Construction and Building Materials*, 2022.

CHEN, J., LI, W., y WANG, X. 2023. Influence of Aggregate Size and Gradation on the Performance of Filtration Systems. *Journal of Environmental Management*. 2023.

ZHAO, F., WANG, Y., y LIU, T. Influence of Nominal Aggregate Size on Filtration Efficiency and Hydraulic Conductivity in Water Treatment Systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2022.

MAHMOUD, A. A., EL-GOMATI, A., y FARAG, M. Effect of Aggregate Nominal Size on Mechanical and Filtration Performance in Environmental Engineering Applications. *Journal of Environmental Management*, 2023, vol. 332, pp. 117345.

LÓPEZ-QUEROL, S., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, A., y BAZ-RUEDA, M. Effect of Aggregate Shape and Texture on the Workability and Mechanical Properties of Concrete.



Construction and Building Materials, 2021, vol. 286, pp. 122846. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122846>.

ZHENG, J., LI, H., y CHEN, Y. Evaluation of Aggregate Form and Surface Texture in Water Treatment Systems: Implications for Filtration Efficiency. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 107094. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107094>.

NGUYEN, V. T., PHAM, H. Q., y TRAN, N. Effect of Apparent Density on the Performance of Aggregates in Concrete and Filtration Systems. *Journal of Building Engineering*, 2021, vol. 44, pp. 102874. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102874>.

SHARMA, P., GUPTA, S., y SINGH, R. Bulk Density of Aggregates: Key Factors in Water Treatment and Construction. *Journal of Environmental Management*, 2022, vol. 332, pp. 117259. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117259>.

WANG, T., LIU, X., y ZHANG, Z. Durability and Hardness of Aggregates in Civil Engineering Projects. *Journal of Materials Research and Technology*, 2021, vol. 15, pp. 857-868. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.096>.

NGUYEN, T. H., PHAM, M. N., y LE, T. K. Water Quality Assessment and Improvement Strategies for Drinking Water Systems. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 41, pp. 102046. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102046>.

ALI, M., KHAN, A., y SHARMA, P. Water Quality Management and Treatment: Recent Advances in Filtration and Chemical Treatments. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 107482. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107482>.

GARCIA Y MARTÍNEZ, F. Physical Parameters of Water Quality and Their Impact on Treatment Processes. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 40, pp. 102023. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102023>.

RODRÍGUEZ, L., y TORRES, M. Chemical Parameters of Water Quality: Implications for Treatment and Environmental Safety. *Environmental Chemistry Letters*, 2022, vol. 20, pp. 1457-1468.

JONES, M., et al. *Water Quality and Public Health: Microbiological Parameters and Assessment*. 3rd ed. New York: Academic Press, 2021. ISBN 978-0-12-345678-9.



GARCÍA, P., y MARTÍNEZ, F. Physical Parameters of Water Quality and Their Impact on Treatment Processes. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 40, pp. 102023. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102023>.

INSTITUTO DEL AGUA (2023). Sistema de Filtración de Agua Potable: Guía Completa para un Agua más Segura y Saludable.

OTASS. (2025, 7 de mayo). Manual de procedimientos (MAPRO). Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento.

MINISTERIO DE SALUD. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA. Lima: MINSA, 2010.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Portal Institucional: Funciones y Competencias. Lima: ANA, 2021.

GUEVARA FONSECA, Yobany. Análisis de los parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano en el centro poblado Tomaque-Bagua, 2021. Tesis (Licenciado en Tecnología Médica, especialidad en Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica). Universidad Nacional de Jaén, 2021.

PLUYM, Thomas; WAEGENAAR, Fien; DE GUSSEME, Bart; y BOON, Nico. Monitoreo microbiano del agua potable ahora y en el futuro [en línea]. *Microbial Biotechnology*, 25 julio 2025, vol. 17, n.º 7, e14532. DOI 10.1111/1751-7915.14532.

AGUILAR QUIRPE, Sony Jaram. Calidad del agua de consumo humano y su influencia en la salud de las personas del asentamiento humano Huarango y UPIS Huarango del sector Tierra Prometida de la ciudad de Ica, 2022.

SPELLMAN, Frank R. The Science of Water: Concepts and Applications. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. ISBN 978-1-138-48747-5.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 2ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2023.



SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Hugo. Metodología de la investigación científica. 1ª ed. Lima: Editorial Mantaro, 2022.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 2ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana, 2023.

CONCYTEC. Código de Integridad Científica. Lima: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, 2022.

UNAMBA. Código de Ética para la Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay: Vicerrectorado de Investigación, 2023.

AHMED, A. S., et al. High Surface Area Activated Charcoal for Water Purification. Journal of Composites Science, 2022.



ANEXOS



Anexo A

Tabla 18 — Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<i>General</i>	<i>General</i>	<i>General</i>					TIPO
¿De qué manera influye el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?	Evaluar el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay 2025.	El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay 2025.	Sistema de filtros (V.I)	Carbón activado	<ul style="list-style-type: none"> • Altura (h=30 cm) • Altura (h=50 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de recolección • Ficha de recolección 	Aplicada
				Piedra	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño efectivo • Densidad Aparente • Forma y Textura • Desgaste 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico ASTM D-422 • Ensayo de peso unitario ASTM-C29 • Observación • Máquina de Los Ángeles 	
				Arena	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño efectivo • Densidad Aparente • Forma y Textura 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico ASTM D-422 • Ensayo de peso unitario ASTM C29 • Observación 	
<i>Específicos</i>	<i>Específicos</i>	<i>Específicos</i>					NIVEL
¿Cómo incide el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?	Analizar la incidencia del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay 2025.	El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad física del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay 2025.	Calidad del agua (V.D)	Propiedades físicas	Color y Turbiedad.	Ficha de recolección de datos	Explicativo
¿Cuál es el efecto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?	Determinar el efecto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay 2025.	El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad química del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.		Propiedades químicas	PH y Cloruros.		DISEÑO
¿De qué manera influye el sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025?	Comprobar el impacto del sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.	El sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, influye significativamente en la calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Asillo, Abancay, 2025.		Propiedades microbiológicas	Coliformes totales y fecales.		Experimental

Anexo B

Instrumentos de recolección de datos





 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
INFORME DE ENSAYO N° - AÑO 2025			
Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025		
Ensayo:	Físico, químico y microbiológico		
Ubicación:	Asillo-Abancay		
Responsable:	José David Achahue Domínguez		
Descripción:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plástico: 250 ml, 1L.		
I. Resultados			
	Código de Laboratorio	2768	2769
	Código de Cliente		
	Punto de muestreo		
	Nombre del Punto de muestreo		
	Nombre del Sistema de agua potable		
	Nombre del Centro Poblado / Localidad		
	Fecha de Muestreo		
	Hora de Muestreo (h)		
	Tipo de Muestra (Categoría)		
	Tipo de Muestra (Sub Categoría)		
Tipo Ensayo	Unidad	L. C. M.	L. D. M.
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml		
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml		
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia		
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml		
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS			
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml		
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.		
Observaciones:			
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS			
OVL - Algas	Organismos/4L		
OVL - Copepodos	Organismos/4L		
OVL - Rotíferos	Organismos/4L		
OVL - Protozoarios	Organismos/4L		
OVL - Nematodos	Organismos/4L		
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	µs/cm		
Turbiedad	NTU		
pH			
Color	UCV escala Pt/Co		
Sólidos Totales Disueltos	mg/L		
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L		
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L		
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L		
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L		
Cloruros	mg Cl ⁻ /L		
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L		
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L		
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L		
Fluor	mg F ⁻ /L		
Cianuro	mg CN ⁻ /L		
II. Observación			
Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método. L.D.M. = Limite de detección del método, "(z)"=Resolución cuantificable, "----" = No Analizado, "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.			

Figura 13 — Formato de instrumento de recolección de datos para análisis de agua





UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE ENSAYO N° - AÑO 2025

Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025		
Ensayo:	Análisis granulométrico por tamizado AS TMD-422		
Ubicación:	Asilo- Abancay		
Responsable:	José David Achañe Domínguez		
Descripción:	Arena de río para sistema de filtro	Fecha:	Jun-25

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra inicial	0.0 gr	Muestra lavada y secada	0.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
N° 4					
N° 10					
N° 20					
N° 40					
N° 60					
N° 100					
N° 200					
Cazuela					
TOTAL					

Angulosas

D60 = NO TIENE
D30 =
D10 =

Cu =

Cc =

Diferencia 0 IG = 0

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	0.00%
% ARENAS	0.00%
% GRAVAS	0.00%

%Finos=

■ % FINOS
■ % ARENAS
■ % GRAVAS
0.00%

CURVA GRANULOMÉTRICA






Figura 14 — Formato de instrumento de análisis granulométrico


Anexo c


Resultados de análisis de agua

	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
INFORME DE ENSAYO N° 1364-12 - AÑO 2025		
Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025	
Ensayo:	Físico, químico y microbiológico	
Ubicación:	Asillo - Abancay	
Responsable:	José David Achahne Domínguez	
Descripción:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plástico: 250 ml, 1L.	

I. Resultados				
	Código de Laboratorio	2768	2769	
	Código de Cliente	P1-A	P1-D	
	Punto de muestreo	Captación	Otros	
	Nombre del Punto de muestreo	P1-A	P1-D	
	Nombre del Sistema de agua potable	--	--	
	Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asillo	Asillo	
	Fecha de Muestreo	2/12/2025	2/12/2025	
	Hora de Muestreo (h)	15:00	15:00	
	Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural	
	Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial	
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--	--
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--	--
Escherichia coli NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--	--
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.5x102	<1
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	61	<1
Escherichia coli (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	--	--	--
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	--	--
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS				
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	--	--	--
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	--	--	--
Observaciones:				
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS				
OVL - Algas	Organismos/4L	--	--	--
OVL - Copepodos	Organismos/4L	--	--	--
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	--	--	--
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	--	--	--
OVL - Nematodos	Organismos/4L	--	--	--
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS				
Conductividad Eléctrica	µs/cm	-----	-----	
Turbiedad	NTU	-----	0.05 NTU	0.92
pH		-----	0 a 14 T° = 0-80°C	7.61
Color	UCV escala Pt/Co	-----	1 UCV	2.47
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L	
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-----	1 mg CaCO ₃ /L	
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L	
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-----	1 mg Ca ⁺⁺ /L	
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-----	1 mg Mg ⁺⁺ /L	
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-----	1.0 mg Cl ⁻ /L	1.00
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-----	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L	
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	-----	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L	
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L	
Fluor	mg F ⁻ /L	-----	0.05 mg F ⁻ /L	
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	-----	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L	

II. Observación	
Leyenda:	L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "z" = Resolución cuantificable, "--" = No Analizado. "*" = Menor que el L.C.M. indicado, "*" = Mayor al valor indicado.





GOBIERNO REGIONAL APURÍMAC
Dirección Regional de Salud Apurímac
Ing. Cecilia Manzo Pareja
DIRECCIÓN LABORATORIO DE C. AMBIENTAL
CIP-2065-08

Figura 15 — Primer par de datos de análisis de agua





 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
INFORME DE ENSAYO N° 1365-12 - AÑO 2025			
Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025		
Ensayo:	Físico, químico y microbiológico		
Ubicación:	Asillo - Abancay		
Responsable:	José David Achalhue Domínguez		
Descripción:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plástico: 250 ml, 1L.		
I. Resultados			
Código de Laboratorio		2770	2771
Código de Cliente		P2-A	P2-D
Punto de muestreo		Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo		P2-A	P2-D
Nombre del Sistema de agua potable		-	-
Nombre del Centro Poblado / Localidad		Asillo	Asillo
Fecha de Muestreo		3/12/2025	3/12/2025
Hora de Muestreo (h)		09:00	09:00
Tipo de Muestra (Categoría)		Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)		Agua Manantial	Agua Manantial
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.1x10 ²
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	70
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	-	-
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	-
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS			
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	-	-
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	-	-
Observaciones:			
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS			
OVL - Algas	Organismos/4L	-	-
OVL - Copepodos	Organismos/4L	-	-
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	-	-
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	-	-
OVL - Nematodos	Organismos/4L	-	-
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	µs/cm	-----	-----
Turbiedad	NTU	-----	0,05 NTU
pH		-----	0 a 14 T° = 0-80°C
Color	UCV escala Pt/Co	-----	1 UCV
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-----	1 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-----	1 mg Ca ⁺⁺ /L
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-----	1 mg Mg ⁺⁺ /L
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-----	1.0 mg Cl ⁻ /L
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-----	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	-----	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L
Fluor	mg F ⁻ /L	-----	0.05 mg F ⁻ /L
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	-----	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L
II. Observación			
Leyenda:	L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. *(z)*=Resolución cuantificable, "-" = No Analizado. "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.		
	  GOBIERNO REGIONAL APURÍMAC Dirección Regional de Salud Apurímac Ing. Oca Nancy Gonzón Pareja DIRECCIÓN LABORATORIO DE C. AMBIENTAL CIP 4365-1-B		

Figura 16 — Segundo par de datos de análisis de agua




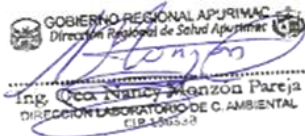
 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
INFORME DE ENSAYO N° 1409-12 - AÑO 2025			
Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025		
Ensayo:	Físico, químico y microbiológico		
Ubicación:	Asillo-Abancay		
Responsable:	José David Achahue Domínguez		
Descripción:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plástico: 250 ml, 1L.		
I. Resultados			
Código de Laboratorio		2873	2874
Código de Cliente		P3-A	P3-B
Punto de muestreo		Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo		P3-A	P3-B
Nombre del Sistema de agua potable		—	—
Nombre del Centro Poblado / Localidad		Asillo	Asillo
Fecha de Muestreo		1/12/2025	1/12/2025
Hora de Muestreo (h)		05:00	05:15
Tipo de Muestra (Categoría)		Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)		Agua Manantial	Agua Manantial
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	—
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	—
Escherichia coli NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	—
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.3X102
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	49
Escherichia coli (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	—	—
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	—
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS			
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	—	—
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	—	—
Observaciones:			
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS			
OVL - Algas	Organismos/4L	—	—
OVL - Copepodos	Organismos/4L	—	—
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	—	—
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	—	—
OVL - Nematodos	Organismos/4L	—	—
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	µs/cm	—	—
Turbiedad	NTU	0.05 NTU	2.03
pH	—	0 a 14 Tª = 0-80°C	7.45
Color	UCV escala Pt/Co	1 UCV	7.47
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	—	1 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	—	1 mg Ca ⁺⁺ /L
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	—	1 mg Mg ⁺⁺ /L
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	—	1.00
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻ /L	—	1.0 mg SO ₄ ⁻ /L
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	—	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	—	0.005 mg NO ₂ ⁻ /L
Fluor	mg F ⁻ /L	—	0.05 mg F ⁻ /L
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	—	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L
II. Observación			
Leyenda:	L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "(z)"=Resolución cuantificable, "—" = No Analizado, "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.		
			

Figura 17 — Tercer par de datos de análisis de agua




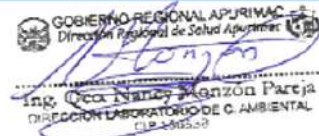
 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
INFORME DE ENSAYO N° 1449-12 - AÑO 2025			
Título de la tesis:	Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025		
Ensayo:	Físico, químico y microbiológico		
Ubicación:	Asilo-Abancay		
Responsable:	José David Achahue Domínguez		
Descripción:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plástico: 250 ml, 1L.		
I. Resultados			
	Código de Laboratorio	2989	2990
	Código de Cliente	P4-A	P4-D
	Punto de muestreo	Captación	Otros
	Nombre del Punto de muestreo	P4-A	P4-D
	Nombre del Sistema de agua potable	--	--
	Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asilo	Asilo
	Fecha de Muestreo	5/12/2025	5/12/2025
	Hora de Muestreo (h)	05:00	05:20
	Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural
	Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	--
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.7x10 ²
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	91
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	--	--
Bacterias heterótrofas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	--
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS			
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	--	--
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	--	--
Observaciones:			
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS			
OVL - Algas	Organismos/4L	--	--
OVL - Copepodos	Organismos/4L	--	--
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	--	--
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	--	--
OVL - Nematodos	Organismos/4L	--	--
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	µs/cm	--	--
Turbiedad	NTU	0.05 NTU	0.58
pH		0 a 14. Tª = 0-80°C	7.72
Color	UCV escala Pt/Co	1 UCV	1.54
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	--	1 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	--	1 mg Ca ⁺⁺ /L
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	--	1 mg Mg ⁺⁺ /L
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	--	1.00 mg Cl ⁻ /L
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	--	1.0 mg SO ₄ ²⁻ /L
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	--	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	--	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L
Fluor	mg F ⁻ /L	--	0.05 mg F ⁻ /L
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	--	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L
II. Observación			
Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "(z)"=Resolución cuantificable, "--", = No Analizado, "<"= Menor que el L.C.M. indicado. ">" = Mayor al valor indicado.			
			

Figura 18 — Cuarto par de datos de análisis de agua





Gobierno regional de Apurímac

Dirección Regional de Salud de Apurímac
Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL



INFORME DE ENSAYO
N° 1364-12 - AÑO 2025



Nombre del Cliente : JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ
 Dirección : Av- Condebamba
 Solicitado Por : Jose David Achahue Dominguez
 Procedencia de la muestra : Muestreo Realizado Por el Cliente - Jose David Achahue Dominguez
 Cantidad de Muestra : 1
 Presentación de la Muestra : Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plastico: 250 ml, 1L.
 Fecha y Hora de Recepción : 2/12/2025; 16:30
 Fecha de Inicio /Fin Ensayo : 02/12/2025 11/12/2025
 Fecha de Emisión de Informe : 12/12/2025
 Lugar realización ensayo : Laboratorio Control Ambiental
 Documento de Pago : E001-2180

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	2768	2769
Código de Cliente	P1-A	P1-D
Punto de muestreo	Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo	P1-A	P1-D
Nombre del Sistema de agua potable	-	-
Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asillo	Asillo
Fecha de Muestreo	2/12/2025	2/12/2025
Hora de Muestreo (h)	15:00	15:00
Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.5x102
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	61
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	-	-
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	-
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS			
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	-	-
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	-	-
Observaciones:			
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS			
OVL - Algas	Organismos/4L	-	-
OVL - Copepodos	Organismos/4L	-	-
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	-	-
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	-	-
OVL - Nematodos	Organismos/4L	-	-
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS			
Conductividad Eléctrica	µs/cm	-	-
Turbiedad	NTU	-	0.05 NTU
pH	-	-	0 a 14 T° = 0-80°C
Color	UCV escala Pt/Co	-	1 UCV
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-	1 mg CaCO ₃ /L
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-	1 mg Ca ⁺⁺ /L
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-	1 mg Mg ⁺⁺ /L
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-	1.0 mg Cl ⁻ /L
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	-	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L
Fluor	mg F ⁻ /L	-	0.05 mg F ⁻ /L
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	-	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L

II. Observación

Legenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método,
 L.D.M. = Limite de detección del método,
 "(z)"=Resolución cuantificable, "-" = No Analizado,
 "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

Código: F-LAB-32
 F.E.: 31/08/2022
 Versión: 01



Av. Daniel Alcides Carrón s/n Abancay-Apurímac
 www.diresaapurimac.gob.pe
 Teléfono: (083) 321117 -323900

Página: 1 de 2

Figura 19 — Primer par de datos de análisis de agua por la DIRESA





Gobierno regional de Apurímac

Dirección Regional de Salud de Apurímac

Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL



INFORME DE ENSAYO

N° 1365-12 - AÑO 2025

Nombre del Cliente : **JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ**

Dirección : Av- Condebamba

Solicitado Por : Jose David Achahue Dominguez

Procedencia de la muestra : Muestreo Realizado Por el Cliente - Jose David Achahue Dominguez

Cantidad de Muestra : 1

Presentación de la Muestra : Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plastico: 250 ml, 1L.


Fecha y Hora de Recepción : 2/12/2025; 16:30

Fecha de Inicio /Fin Ensayo : 02/12/2025 11/12/2025

Fecha de Emisión de Informe : 12/12/2025

Lugar realización ensayo : Laboratorio Control Ambiental

Documento de Pago : E001-2180



La muestra fue recepcionada en buenas condiciones.

I. Resultados


Código de Laboratorio	2770	2771
Código de Cliente	P2-A	P2-D
Punto de muestreo	Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo	P2-A	P2-D
Nombre del Sistema de agua potable	--	--
Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asillo	Asillo
Fecha de Muestreo	3/12/2025	3/12/2025
Hora de Muestreo (h)	09:00	09:00
Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.		
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml		<1.8	--	--
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		<1.8	--	--
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		<1.8	--	--
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml		<1	1.1x102	<1
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml		<1	70	<1
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia		--	--	--
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml		1	--	--
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS					
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml		--	--	--
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.		--	--	--
Observaciones:					
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS					
OVL - Algas	Organismos/4L				
OVL - Copepodos	Organismos/4L				
OVL - Rotíferos	Organismos/4L				
OVL - Protozoarios	Organismos/4L				
OVL - Nematodos	Organismos/4L				
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	µS/cm	-----	-----		
Turbiedad	NTU	-----	0.06 NTU	10.20	0.29
pH	-----	-----	6 a 14 T° = 0-60°C	7.54	7.63
Color	UCY escala Pt/Co	-----	1 UCY	41.87	<1.00
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L		
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-----	1 mg CaCO ₃ /L		
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.90 mg CaCO ₃ /L	0.90 mg CaCO ₃ /L		
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-----	1 mg Ca ⁺⁺ /L		
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-----	1 mg Mg ⁺⁺ /L		
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-----	1.0 mg Cl ⁻ /L	1.00	1.00
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-----	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L		
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.02 mg NO ₂ ⁻ /L		
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L		
Fluor	mg F ⁻ /L	-----	0.05 mg F ⁻ /L		
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	-----	0.005 mg CN ₂ ⁻ /L		

II. Observación

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método,
 L.D.M. = Límite de detección del método,
 "(z)"=Resolución cuantificable, "--" = No Analizado,
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

Código: F-LAB-32
 F.E.: 31/08/2022
 Versión: 01




Av. Daniel Alcides Carrón s/n Abancay-Apurímac
 www.diresaapurimac.gob.pe
 Teléfono: (083) 521117 - 523650

Página: 1 de 2

Figura 20 — Segundo par de datos de análisis de agua por la DIRESA






Gobierno regional de Apurímac

Dirección Regional de Salud de Apurímac

Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL



INFORME DE ENSAYO

N° 1409-12 - AÑO 2025

Nombre del Cliente : **JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ**

Dirección : Av- Condebamba

Solicitado Por : Jose David Achahue Dominguez

Procedencia de la muestra : Muestreo Realizado Por el Cliente - Jose David Achahue Dominguez

Cantidad de Muestra : 1

Presentación de la Muestra : Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plastico: 250 ml, 1L.


Fecha y Hora de Recepción : 4/12/2025, 9:15

Fecha de Inicio /Fin Ensayo : 04/12/2025 11/12/2025

Fecha de Emisión de Informe : 12/12/2025

Lugar realización ensayo : Laboratorio Control Ambiental

Documento de Pago : E001-2160



La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados


	2873	2874
Código de Laboratorio	2873	2874
Código de Cliente	P3-A	P3-B
Punto de muestreo	Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo	P3-A	P3-B
Nombre del Sistema de agua potable	-	-
Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asillo	Asillo
Fecha de Muestreo	1/12/2025	1/12/2025
Hora de Muestreo (h)	05:00	05:15
Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.		
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8		-	-
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8		-	-
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8		-	-
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.3X102		<1
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	49		<1
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia				
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1			
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS					
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml			-	-
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.			-	-
Observaciones:					
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS					
OVL - Algas	Organismos/4L			-	-
OVL - Copepodos	Organismos/4L			-	-
OVL - Rotíferos	Organismos/4L			-	-
OVL - Protozoarios	Organismos/4L			-	-
OVL - Nematodos	Organismos/4L			-	-
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	µs/cm	-----	-----		
Turbiedad	NTU	-----	0.05 NTU	2.03	0.07
pH	-----	-----	0 a 14 T° = 0-80°C	7.45	7.81
Color	UCV escala PtCo	-----	1 UCV	7.47	<1.00
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L		
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-----	1 mg CaCO ₃ /L		
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L		
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-----	1 mg Ca ⁺⁺ /L		
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-----	1 mg Mg ⁺⁺ /L		
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-----	1.0 mg Cl ⁻ /L	1.00	1.00
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-----	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L		
Nitratos	mg NO ₃ ⁻ /L	-----	0.02 mg NO ₃ ⁻ /L		
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L		
Fluor	mg F ⁻ /L	-----	0.05 mg F ⁻ /L		
Cianuro	mg CN ⁻ /L	-----	0.005 mg CN ⁻ /L		

II. Observación

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.

Código: F-LAB-32
F.E.: 31/08/2022
Versión: 01




Av. Daniel Alcides Carrón s/n Abancay-Apurímac
www.diresaapurimac.gob.pe
Teléfono: (083) 321117 - 323690

Página: 1 de 2

Figura 21 — Tercer par de datos de análisis de agua por la DIRESA






Gobierno regional
de Apurímac

Dirección Regional de Salud de Apurímac

Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental


LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL



INFORME DE ENSAYO

Nº 1449-12 - AÑO 2025

Nombre del Cliente	:	JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ
Dirección	:	Av- Condebamba S/N
Solicitado Por	:	Jose David Achahue Dominguez
Procedencia de la muestra	:	Muestreo Realizado Por el Cliente - Jose David Achahue Dominguez
Cantidad de Muestra	:	1
Presentación de la Muestra	:	Envase de Vidrio: 250ml, Envase de Plastico: 250 ml, 1L.
Fecha y Hora de Recepción	:	5/12/2025; 8:00
Fecha de Inicio /Fin Ensayo	:	05/12/2025 11/12/2025
Fecha de Emisión de Informe	:	12/12/2025
Lugar realización ensayo	:	Laboratorio Control Ambiental
Documento de Pago	:	E001-2180



La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	2989	2990
Código de Cliente	P4-A	P4-D
Punto de muestreo	Captación	Otros
Nombre del Punto de muestreo	P4-A	P4-D
Nombre del Sistema de agua potable	-	-
Nombre del Centro Poblado / Localidad	Asilo	Asilo
Fecha de Muestreo	5/12/2025	5/12/2025
Hora de Muestreo (h)	05:00	05:20
Tipo de Muestra (Categoría)	Agua Natural	Agua Natural
Tipo de Muestra (Sub Categoría)	Agua Manantial	Agua Manantial

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	2989	2990
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Totales NMP (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-	-	-
Coliformes Termotolerantes NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> NMP (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1.8	-	-	-
Coliformes Totales UFC (35 °C)	Coliformes/100 ml	<1	1.7x10 ²	<1	<1
Coliformes Termotolerantes UFC (44.5 °C)	Coliformes/100 ml	<1	91	<1	<1
<i>Escherichia coli</i> (44.5 °C)	Ausencia/Presencia	-	-	-	-
Bacterias heterotróficas UFC (25 °C)	Bact. Heterotr./ml	1	-	-	-
ENSAYOS PARASITOLÓGICOS					
Protozoos y helmintos parásitos	Cuantitativo organismos/ml	-	-	-	-
Protozoos y helmintos parásitos	Ausencia o Presencia/20 L.	-	-	-	-
Observaciones:					
ENSAYOS HIDROBIOLÓGICOS					
OVL - Algas	Organismos/4L	-	-	-	-
OVL - Copepodos	Organismos/4L	-	-	-	-
OVL - Rotíferos	Organismos/4L	-	-	-	-
OVL - Protozoarios	Organismos/4L	-	-	-	-
OVL - Nematodos	Organismos/4L	-	-	-	-
ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS					
Conductividad Eléctrica	µs/cm	-----	-----	-	-
Turbiedad	NTU	-----	0.05 NTU	0.58	0.07
pH	-----	-----	0 a 14 1°= (0-80°C)	7.72	7.62
Color	UCV escala Pt/Co	-----	1 UCV	1.54	<1.00
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	5.00 mg/L	1.71 mg/L	-	-
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	-----	1 mg CaCO ₃ /L	-	-
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	2.00 mg CaCO ₃ /L	0.60 mg CaCO ₃ /L	-	-
Calcio	mg Ca ⁺⁺ /L	-----	1 mg Ca ⁺⁺ /L	-	-
Magnesio	mg Mg ⁺⁺ /L	-----	1 mg Mg ⁺⁺ /L	-	-
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	-----	1.0 mg Cl ⁻ /L	1.00	1.00
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	-----	1.0 mg SO ₄ ⁻² /L	-	-
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.02 mg NO ₂ ⁻ /L	-	-
Nitritos	mg NO ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg NO ₂ ⁻ /L	-	-
Fluor	mg F ⁻ /L	-----	0.05 mg F ⁻ /L	-	-
Cianuro	mg CN ₂ ⁻ /L	-----	0.006 mg CN ₂ ⁻ /L	-	-

Código: F-LAB-32
F.E.: 31/08/2022
Versión: 01




Av. Daniel Alcides Carrón s/n Abancay-Apurímac
www.diresaapurimac.gob.pe
Teléfono: (052) 321117 - 323698

Página: 1 de 2

Figura 22 — Cuarto par de datos de análisis de agua por la DIRESA






Gobierno regional
de Apurímac

Dirección Regional de Salud de Apurímac

Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL




INFORME DE ENSAYO

N° 1364-12 - AÑO 2025

DNC = demasiado numeroso para contar.
Condiciones de la muestra:
Dentro del tiempo de conservación.

III - Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Método de Ensayo
Conductividad Eléctrica	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed: 2023. Conductivity: Laboratory Method
Turbiedad	SMEWW Method 2130 B 24rd Edition 2023 Nefelométrico Method
pH	SMEWW Method 4500 H+ B 24rd Edition 2023 pH Value Electrometric Method
Color	SMEWW Method 2120 C 24rd Edition 2023 Color. Spectrophotometric - Single - Wavelength Method
Sólidos Totales Disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed.:2023. Solids. Total Dissolved Solid dried at 180°C
Alcalinidad Total	SMEWW Method 2320 B 24rd Edition 2023 Alkalinity. Titration Method
Dureza Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 24th Ed: 2023. Hardness: EDTA Titrimetric Method
Calcio	SMEWW Method 3500-Ca B 24rd Edition 2023. Calcium: EDTA. Titrimetric Method
Magnesio	SMEWW Method 3500-Mg E 24rd Edition 2023. Magnesium. Calculation Method.
Cloruros	SMEWW Method 4500-Cl-B 24rd Edition 2023 Argentometric Method
Sulfatos	SMEWW Method 4500-SO ₄ ²⁻ -E 24rd Edition 2023 Turbidimetric Method
Nitratos	SMEWW Method 4500-NO ₃ ⁻ - B 24rd Edition 2023. Ultraviolet Spectrophotometric Method.
Nitritos	SMEWW Method 4500-NO ₂ ⁻ - B 24rd Edition 2023. Colorimetric Method.
Fluor	SMEWW Method 4500-F - D 24rd Edition 2023. SPADNS Method.
Cianuro	SMEWW Method 4500-CN - E 24rd Edition 2023. Colorimetric Method.
Coliformes	Metodo Estandarizado de Filtro de Membrana - 9222 B D H
Bacterias Heterotrofas	Metodo Estandarizado Recuento de Heterotrofos en Placa - 9215 B.
Parasitologico	Detección de protozoarios y helmintos parasitos en agua de bebida 9711 B.
Hidrobiología	Identificación de organismos acuaticos Part 10000.19000.



El presente documento es redactado íntegramente en el LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL-DIRESA APURIMAC, su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita del Laboratorio; solo es válido para muestras referida en el presente informe. No pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado.

(*) LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL-DIRESA APURIMAC, deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL-DIRESA APURIMAC, no realizo el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra como se recibió.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

** FIN DEL INFORME **

Dódigo: F-LAB-32
F.E.: 31/08/2022
Versión: 01

Av. Daniel Alcides Carrón s/n Abancay-Apurímac
www.diresaapurimac.gob.pe
Teléfono: (085) 821117 - 323650

Página: 2 de 2

Figura 23 — Final de informe DIRESA

DIRECCION REGIONAL DE SALUD APURIMAC AV. DANIEL A CARRION S/N URB. PATIBAMBA ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC		FACTURA ELECTRONICA RUC: 20163779707 E001-2045																								
Fecha de Emisión :	23/06/2025	Forma de pago: Contado																								
Señor(es) :	UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC																									
RUC :	20527056579																									
Establecimiento del Emisor :	AV. DANIEL A CARRION S/N URB. PATIBAMBA APURIMAC-ABANCAY-ABANCAY																									
Tipo de Moneda :	SOLES																									
Observación :																										
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario	ICBPER																						
1.00	UNIDAD	PAGO POR CONCEPTO DE SERVICIO DE ENSAYO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO, SEGUN COTIZACION NO 036-2025-DESA-DIRESA-APURIMAC.	1683.0508	0.00																						
Valor de Venta de Operaciones Gratuitas : <input type="text" value="S/ 0.00"/>		<table border="1"> <tr><td>Sub Total Ventas :</td><td>S/ 1,683.05</td></tr> <tr><td>Anticipos :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Descuentos :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Valor Venta :</td><td>S/ 1,683.05</td></tr> <tr><td>ISC :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>IGV :</td><td>S/ 302.95</td></tr> <tr><td>ICBPER :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Cargos :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Otros Tributos :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Monto de redondeo :</td><td>S/ 0.00</td></tr> <tr><td>Importe Total :</td><td>S/ 1,986.00</td></tr> </table>			Sub Total Ventas :	S/ 1,683.05	Anticipos :	S/ 0.00	Descuentos :	S/ 0.00	Valor Venta :	S/ 1,683.05	ISC :	S/ 0.00	IGV :	S/ 302.95	ICBPER :	S/ 0.00	Otros Cargos :	S/ 0.00	Otros Tributos :	S/ 0.00	Monto de redondeo :	S/ 0.00	Importe Total :	S/ 1,986.00
Sub Total Ventas :	S/ 1,683.05																									
Anticipos :	S/ 0.00																									
Descuentos :	S/ 0.00																									
Valor Venta :	S/ 1,683.05																									
ISC :	S/ 0.00																									
IGV :	S/ 302.95																									
ICBPER :	S/ 0.00																									
Otros Cargos :	S/ 0.00																									
Otros Tributos :	S/ 0.00																									
Monto de redondeo :	S/ 0.00																									
Importe Total :	S/ 1,986.00																									
SON: UN MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y SEIS Y 00/100 SOLES																										
<i>Esta es una representación impresa de la factura electrónica, generada en el Sistema de SUNAT. Puede verificarla utilizando su clave SOL.</i>																										

Figura 24 — Factura electrónica por el servicio de análisis de agua DIRESA



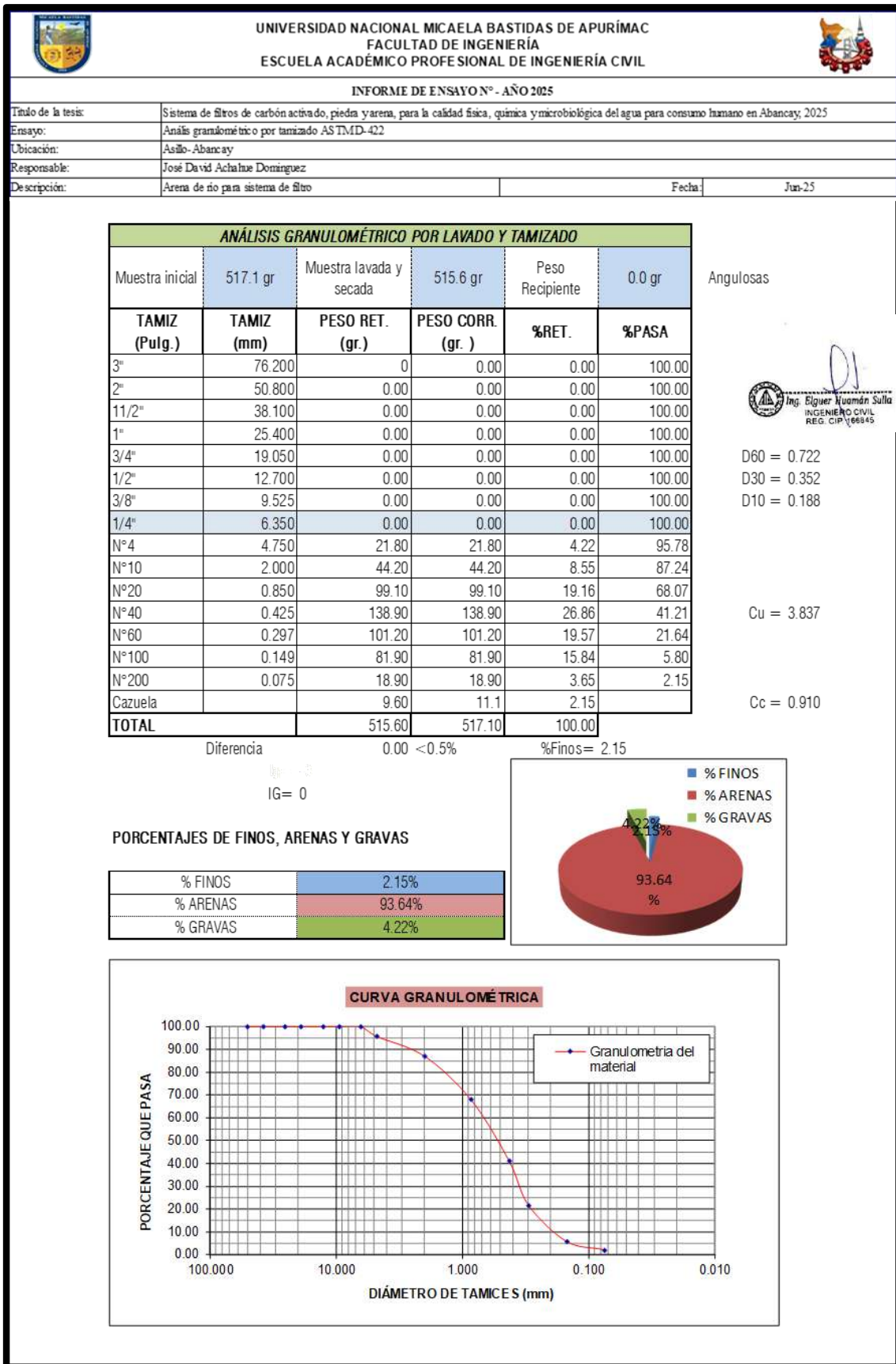


Figura 25 — Análisis granulométrico de piedra de río

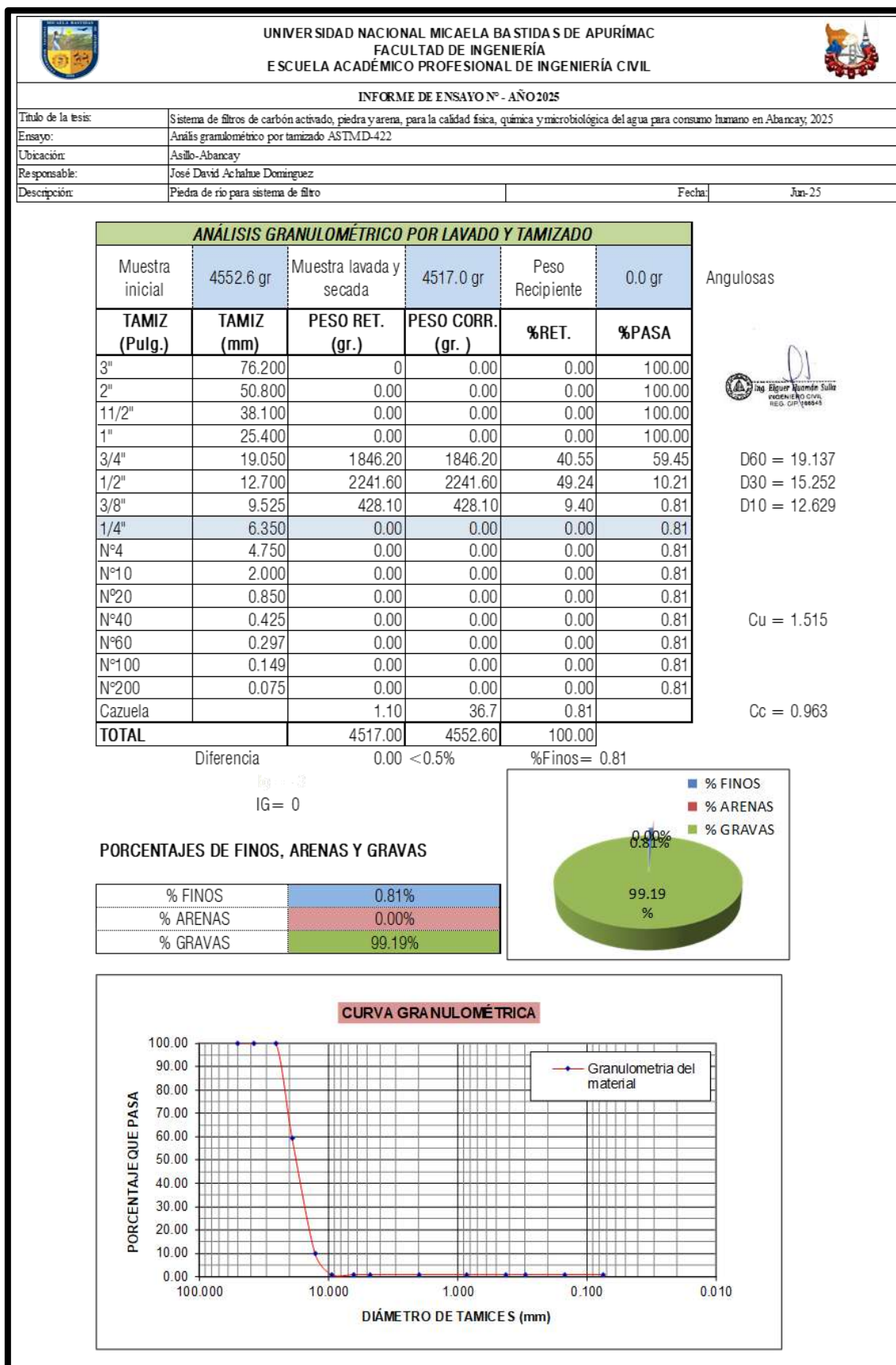


Figura 26 — Análisis granulométrico de arena de río

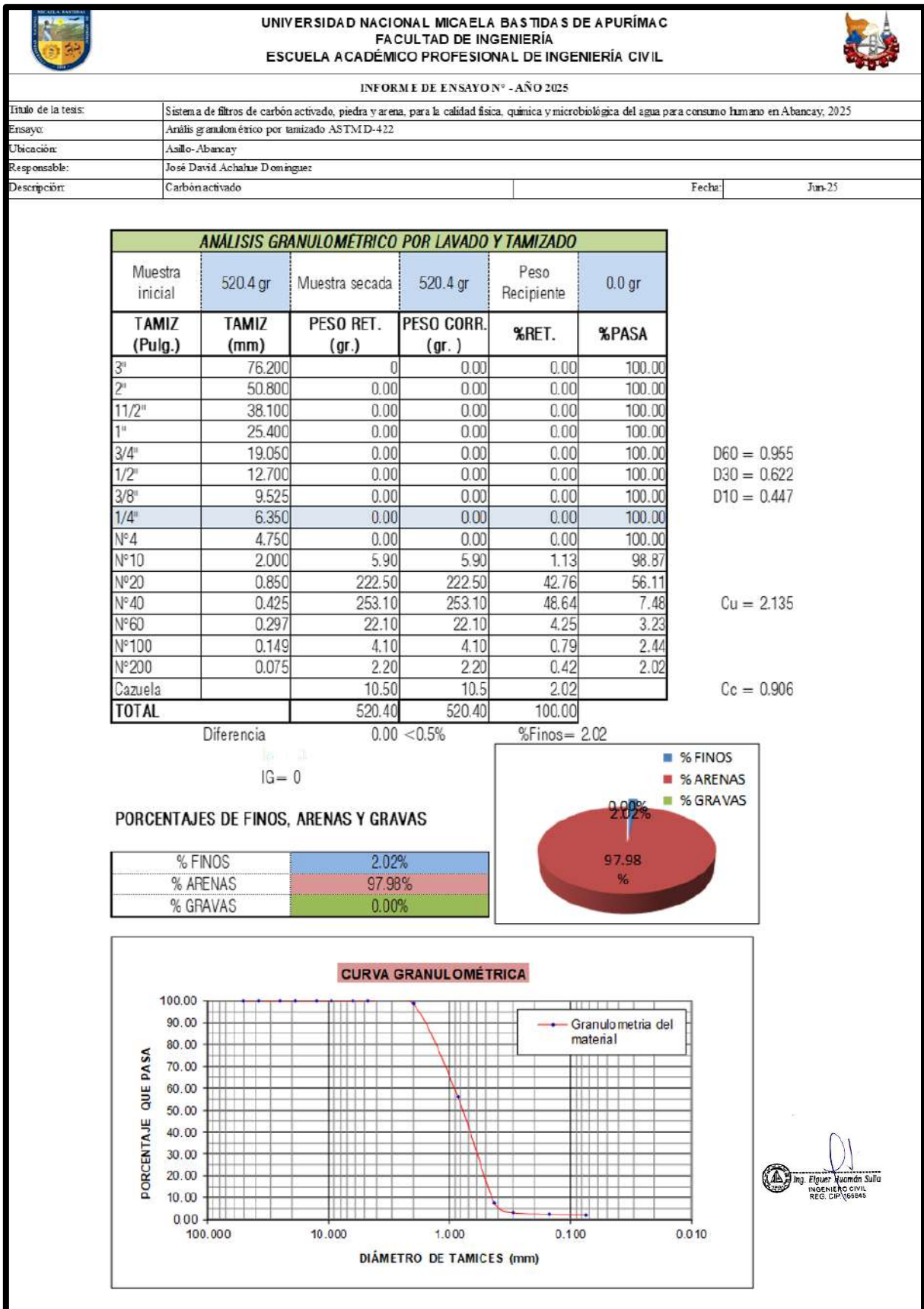




Figura 27 — Análisis granulométrico de carbón activado

Anexo D

Densidad aparente y dureza



“SISTEMA DE FILTROS DE CARBON ACTIVADO, PIEDRA Y ARENA, PARA LA CALIDAD FISICA, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN ABANCAY, 2024”



DENSIDAD APARENTE DE CARBON ACTIVADO


Proyecto: "SISTEMA DE FILTROS DE CARBON ACTIVADO, PIEDRA Y ARENA, PARA LA CALIDAD FISICA, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN ABANCAY, 2024"

Ubicación: Lugar: **Marchuasi** Provincia: **Abancay**
 Distrito: **Abancay** Region: **Apurímac**

Materia: **CARBON ACTIVADO**
 Cant era: ---

Solicitante: **BACH. JOSE DAVID ACHAHUE DOMINGUEZ**

DENSIDAD APARENTE DE CARBON ACTIVADO		
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Peso del Molde (g)	4620	4620
Peso del Molde + Muestra Suelta (g)	6005	6011
Peso de la Muestra Suelta (g)	1385	1391
Volumen del Molde (cm3)	2610.76	2610.76
Densidad aparente (g/cm3)	0.53	0.53
Densidad aparente (g/cm3)		0.53



Ing. Elguer Quamán Sullia
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 169845

Figura 28 — Densidad aparente de carbón activado



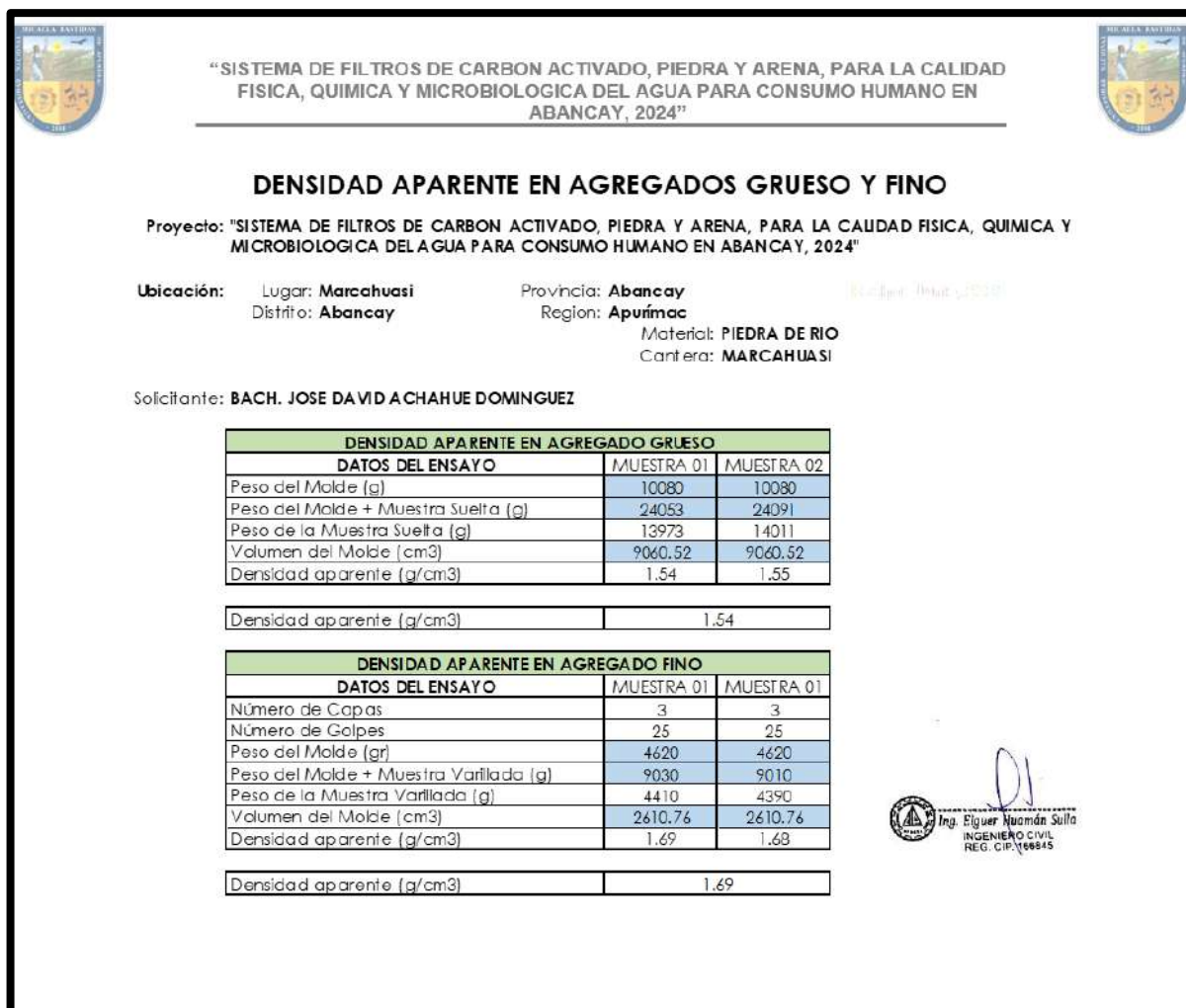


Figura 29 — Densidad aparente de agregado grueso y fino

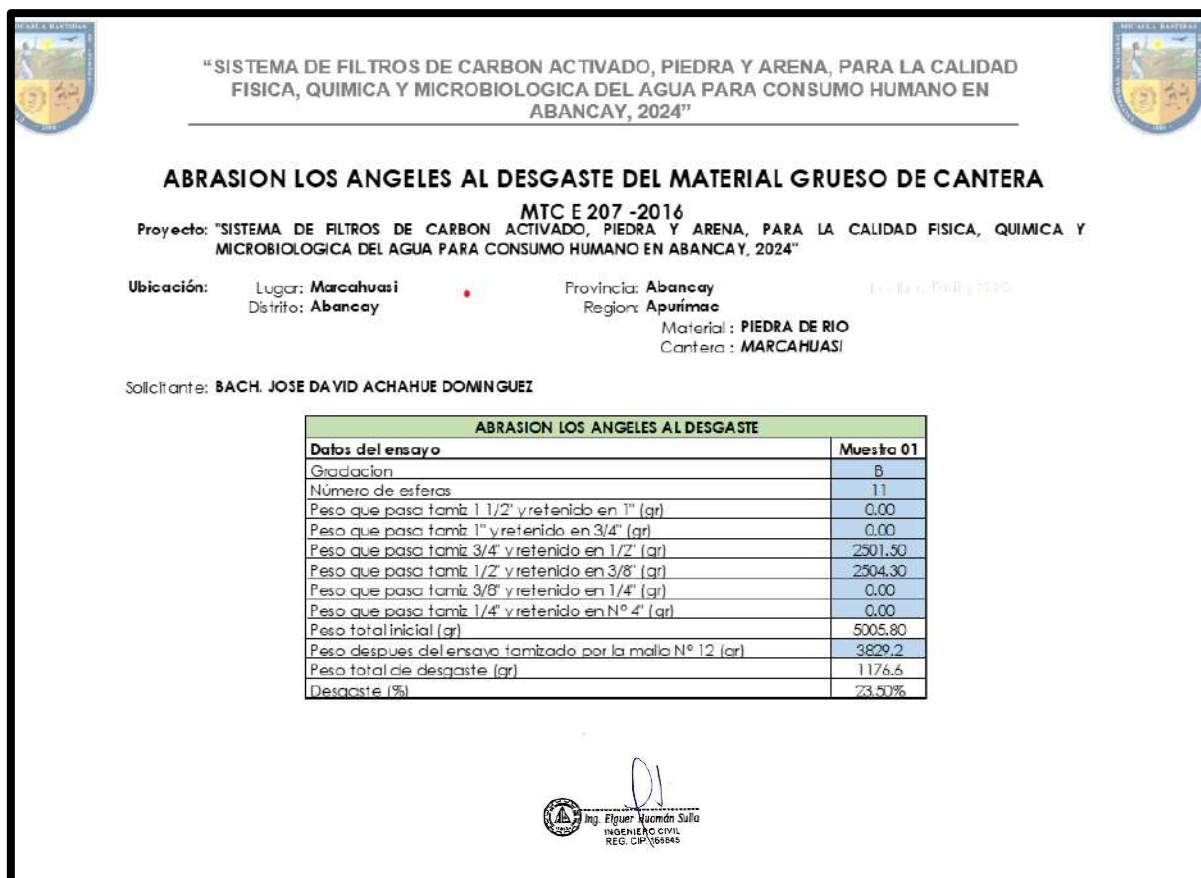


Figura 30 — Dureza de la piedra por método de abrasión los ángeles



Anexo E
Certificado de validación de los instrumentos

Tabla 19 — Resumen de valoración de instrumentos

Beremación de datos obtenidos				
Criterios	Validación 01	Validación 02	Validación 03	
Redacción	4	5	5	
Claridad	4	5	5	
Presentación	5	5	4	
Validez técnica	4	4	5	
Suficiencia	5	4	5	
Pertinencia	5	5	4	
Precisión	4	5	5	
Organización	5	4	5	
Coherencia	5	4	5	
Metodología	4	5	5	
Factibilidad	4	5	4	
Reproducibilidad	4	5	5	
Coefficiente de confiabilidad V de Aiken				
Validez nula	Validez muy baja	Validez baja	Validez aceptable	Validez muy alta
0.00 - 0.49	0.50 - 0.69	0.70 - 0.79	0.80 - 0.89	0.90 - 1.00



FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Investigador: José David Achahue Dominguez
 1.2. Título de investigación: Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025.
 1.3. Universidad: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
 1.4. Experto: José Andrés Mayhuire Gutiérrez
 1.5. Grado académico: Maestr
 1.6. Institución laboral: Gobierno Regional de Apurímac
 1.7. Nombre del instrumento:

- Análisis granulométrico
- Análisis de agua (Parámetros físicos, químicos, microbiológicos)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Instrucciones: Marque con una X la valoración que considere pertinente para cada criterio según la siguiente escala:

1. Deficiente: Menos del 30% cumple con el criterio. 2. Regular: Entre 30% y 70% cumple con el criterio.
 3. Bueno: Más del 70% cumple con el criterio. 5. Excelente: Cumple al 100% con el criterio.
 4. Muy Bueno: Más del 85% cumple con el criterio.

III. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACIÓN	1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	El instrumento usa lenguaje técnico apropiado para ingeniería civil y sanitaria.				X	
	2. Claridad	Las instrucciones para registrar los 6 parámetros y metales son precisas.				X	
	3. Presentación	La estructura facilita el registro ordenado de los 4 pares de datos y el ensayo integral.					X
CONTENIDO	4. Validez técnica	Los parámetros evaluados se alinean al DS 031-2010-SA (LMP de potabilidad).				X	
	5. Suficiencia	El instrumento abarca la totalidad de los componentes del filtro y las variaciones de espesor propuestas.					X
	6. Pertinencia	Los ítems son relevantes para los objetivos de remoción de contaminantes.					X
ESTRUCTURA	7. Precisión	Permite registrar con exactitud las variaciones por espesor de carbón (30 y 50 cm).				X	
	8. Organización	Sigue una secuencia lógica acorde al procedimiento experimental propuesto.					X
	9. Coherencia	Existe relación directa entre las variables, dimensiones e indicadores hídricos.					X
APLICABILIDAD	10. Metodología	El diseño responde adecuadamente al propósito pre-experimental (Pre/Post test).				X	
	11. Factibilidad	El instrumento puede implementarse con equipamiento estándar de laboratorio.				X	
	12. Reproducibilidad	Diferentes evaluadores pueden obtener resultados consistentes con este formato.				X	
CONTEO TOTAL			A	B	C	D	E
						28	25

RESUMEN DE VALIDACIÓN

- Coeficiente de validez: $\frac{A+B+C+D+E}{60} =$ 0.88
- Calificación Global: Validez buena


Intervalos	Resultados
0.00 - 0.49	Validez nula
0.50 - 0.59	Validez muy baja
0.60 - 0.69	Validez baja
0.70 - 0.79	Validez aceptable
0.80 - 0.89	Validez buena
0.90 - 1.00	Validez muy buena

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicado tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

V. OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

Abancay, 03 de Julio del 2025.



 José Andrés Mayhuire Gutiérrez
 INGENIERO CIVIL
 CIP 161651

Figura 31 — Formato de validación de experto N°1



FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Investigador: José David Achahue Domínguez
 1.2. Título de investigación: Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025.
 1.3. Universidad: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
 1.4. Experto: Américo Huachaca Barazorda
 1.5. Grado académico: Magister
 1.6. Institución laboral: Municipalidad distrital de Huancayo
 1.7. Nombre del instrumento:

- Análisis granulométrico
- Análisis de agua (Parámetros físicos, químicos, microbiológicos)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Instrucciones: Marque con una X la valoración que considere pertinente para cada criterio según la siguiente escala:

1. Deficiente: Menos del 30% cumple con el criterio. 2. Regular: Entre 30% y 70% cumple con el criterio.
 3. Bueno: Más del 70% cumple con el criterio. 5. Excelente: Cumple al 100% con el criterio.
 4. Muy Bueno: Más del 85% cumple con el criterio.

III. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACIÓN	1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	El instrumento usa lenguaje técnico apropiado para ingeniería civil y sanitaria.					X
	2. Claridad	Las instrucciones para registrar los 6 parámetros y metales son precisas.					X
	3. Presentación	La estructura facilita el registro ordenado de los 4 pares de datos y el ensayo integral.					X
CONTENIDO	4. Validez técnica	Los parámetros evaluados se alinean al DS 031-2010-SA (LMP de potabilidad).				X	
	5. Suficiencia	El instrumento abarca la totalidad de los componentes del filtro y las variaciones de espesor propuestas.				X	
	6. Pertinencia	Los ítems son relevantes para los objetivos de remoción de contaminantes.					X
ESTRUCTURA	7. Precisión	Permite registrar con exactitud las variaciones por espesor de carbón (30 y 50 cm).					X
	8. Organización	Sigue una secuencia lógica acorde al procedimiento experimental propuesto.				X	
	9. Coherencia	Existe relación directa entre las variables, dimensiones e indicadores hídricos.				X	
APLICABILIDAD	10. Metodología	El diseño responde adecuadamente al propósito pre-experimental (Pre/Post test).					X
	11. Factibilidad	El instrumento puede implementarse con equipamiento estándar de laboratorio.					X
	12. Reproducibilidad	Diferentes evaluadores pueden obtener resultados consistentes con este formato.					X
CONTEO TOTAL			A	B	C	D	E
						16	40

RESUMEN DE VALIDACIÓN

- Coeficiente de validez: $\frac{A+B+C+D+E}{60} =$ 0.93
- Calificación Global: Validez muy buena

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicado tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

V. OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

Abancay, 03 de Junio del 2025.

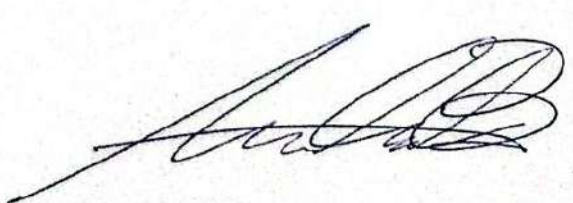


Figura 32 — Formato de validación de experto N°2

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Investigador: José David Achahue Dominguez
 1.2. Título de investigación: Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025
 1.3. Universidad: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
 1.4. Experto: MBA Elio Nolasco Carbajal
 1.5. Grado académico: MBA (Master in Business Administration)
 1.6. Institución laboral: Umanco
 1.7. Nombre del instrumento:

- Análisis granulométrico
- Análisis de agua (Parámetros físicos, químicos, microbiológicos)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Instrucciones: Marque con una X la valoración que considere pertinente para cada criterio según la siguiente escala:

1. Deficiente: Menos del 30% cumple con el criterio. 2. Regular: Entre 30% y 70% cumple con el criterio.
 3. Bueno: Mas del 70% cumple con el criterio. 5. Excelente: Cumple al 100% con el criterio.
 4. Muy Bueno: Más del 85% cumple con el criterio.

III. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACIÓN	1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	El instrumento usa lenguaje técnico apropiado para ingeniería civil y sanitaria.					X
	2. Claridad	Las instrucciones para registrar los 6 parámetros y metales son precisas.					X
	3. Presentación	La estructura facilita el registro ordenado de los 4 pares de datos y el ensayo integral.				X	
CONTENIDO	4. Validez técnica	Los parámetros evaluados se alinean al DS 031-2010-SA (LMP de potabilidad).					X
	5. Suficiencia	El instrumento abarca la totalidad de los componentes del filtro y las variaciones de espesor propuestas.					X
	6. Pertinencia	Los ítems son relevantes para los objetivos de remoción de contaminantes.				X	
ESTRUCTURA	7. Precisión	Permite registrar con exactitud las variaciones por espesor de carbón (30 y 50 cm).					X
	8. Organización	Sigue una secuencia lógica acorde al procedimiento experimental propuesto.					X
	9. Coherencia	Existe relación directa entre las variables, dimensiones e indicadores hídricos.					X
APLICABILIDAD	10. Metodología	El diseño responde adecuadamente al propósito pre-experimental (Pre/Post test).					X
	11. Factibilidad	El instrumento puede implementarse con equipamiento estándar de laboratorio.				X	
	12. Reproducibilidad	Diferentes evaluadores pueden obtener resultados consistentes con este formato.					X
CONTEO TOTAL							
			A	B	C	D	E
						12	45

RESUMEN DE VALIDACIÓN

- Coeficiente de validez: $\frac{A+B+C+D+E}{60} = \boxed{0.95}$
- Calificación Global: Validez muy buena

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicado tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

V. OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS

Abancay, 03 de Junio del 2025.

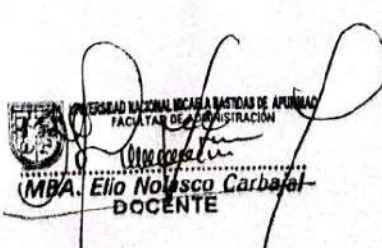

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
 FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN
 (MBA) Elio Nolasco Carbajal
 DOCENTE

Figura 33 — Formato de validación de experto N°3

ANEXO E

Declaración jurada de originalidad y no plagio

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD Y DE NO PLAGIO

Tesista:

Yo, José David Achahue Domínguez, identificado con DNI 76666000, egresado de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – UNAMBA, autor de la tesis titulada:

“Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025”.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

El tema y contenido de la tesis es original, siendo resultado de mi esfuerzo y trabajo personal; no ha sido copiado, ni se han utilizado ideas, formulaciones o citas integradas al texto que no hayan sido tomadas de otras tesis, obras, artículos, memorias, etc. (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma exacta y clara su origen, fuente o autor; tanto en el cuerpo del texto, figuras, tablas u otro contenido protegido por derechos de autor o que no hayan sido debidamente citadas.

En ese sentido, soy consciente de que la falta de respeto a los derechos de autor y el plagio son acciones que serán castigadas mediante sanciones universitarias y/o legales.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Abancay, a los 5 días del mes de enero del 2026.



Tesista: José David Achahue Domínguez

DNI: 76666000

Figura 34 — Declaración jurada de originalidad y de no plagio

Anexo F.
Panel fotográfico



Figura 35 — Construcción de sistema de filtro



Figura 36 — Incorporación de Carbón Activado en primer contenedor



Figura 37 — Incorporación de carbón activado en tercer contenedor



Figura 38 — Envases de muestreo



Figura 39 — Toma de muestra de agua antes del proceso de filtración



Figura 40 — Toma de muestra de agua despues del proceso de filtración



Figura 41 — Flujo de agua del sistema de filtros



Figura 42 — Muestras de manante Cruzmujo



Figura 43 — Recepción de muestras para análisis en el laboratorio de la DIRESA

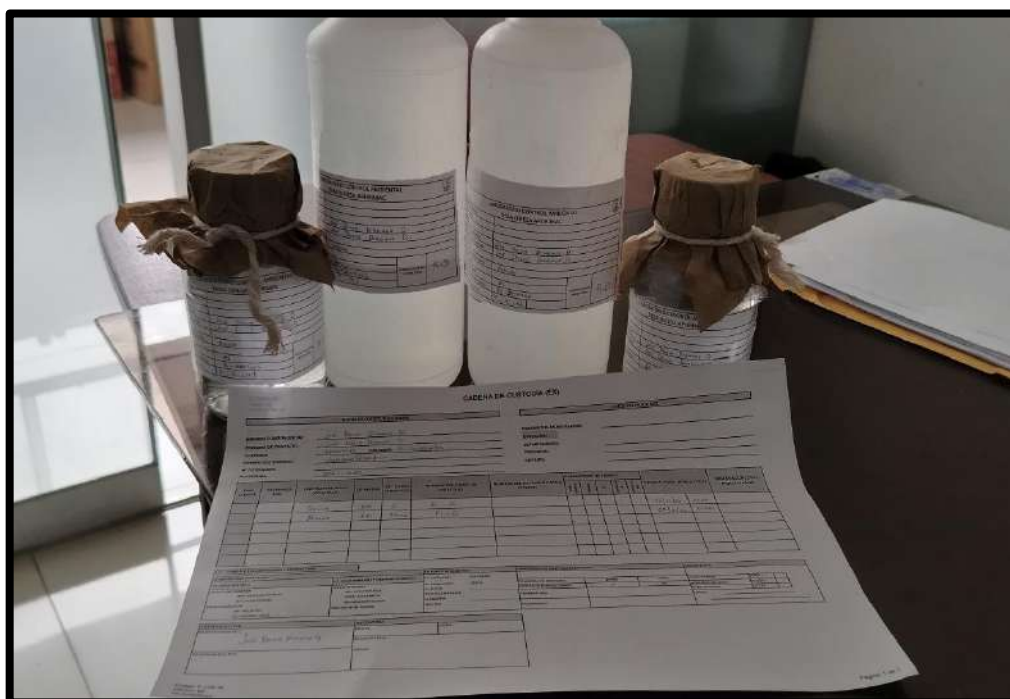


Figura 44 — Recepción de muestras para análisis en el laboratorio de la DIRESA

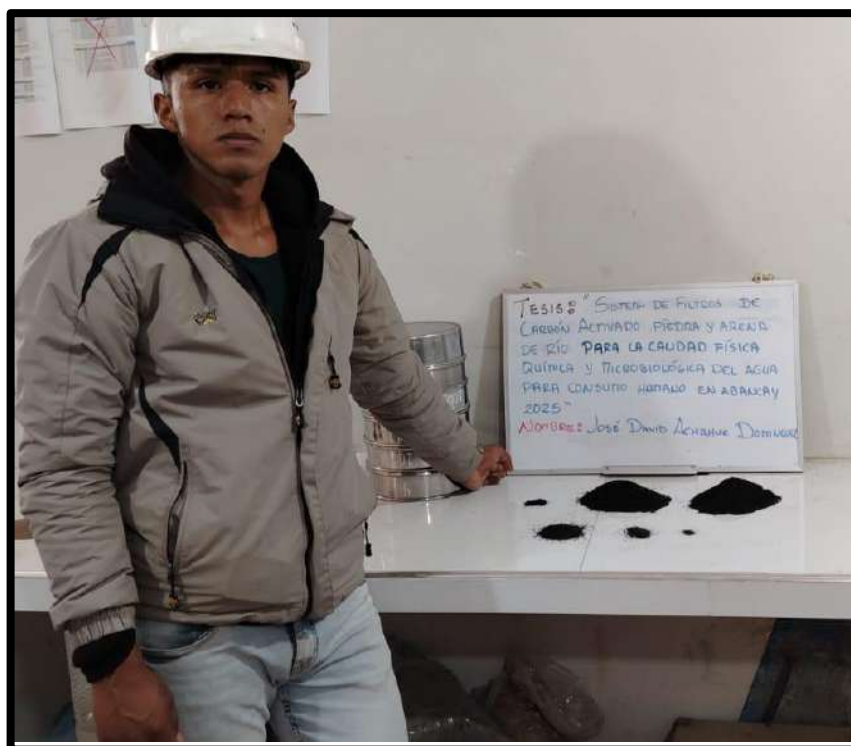


Figura 45 — Ensayo de granulometría de carbón activado



Figura 46 — Ensayo de granulometría arena

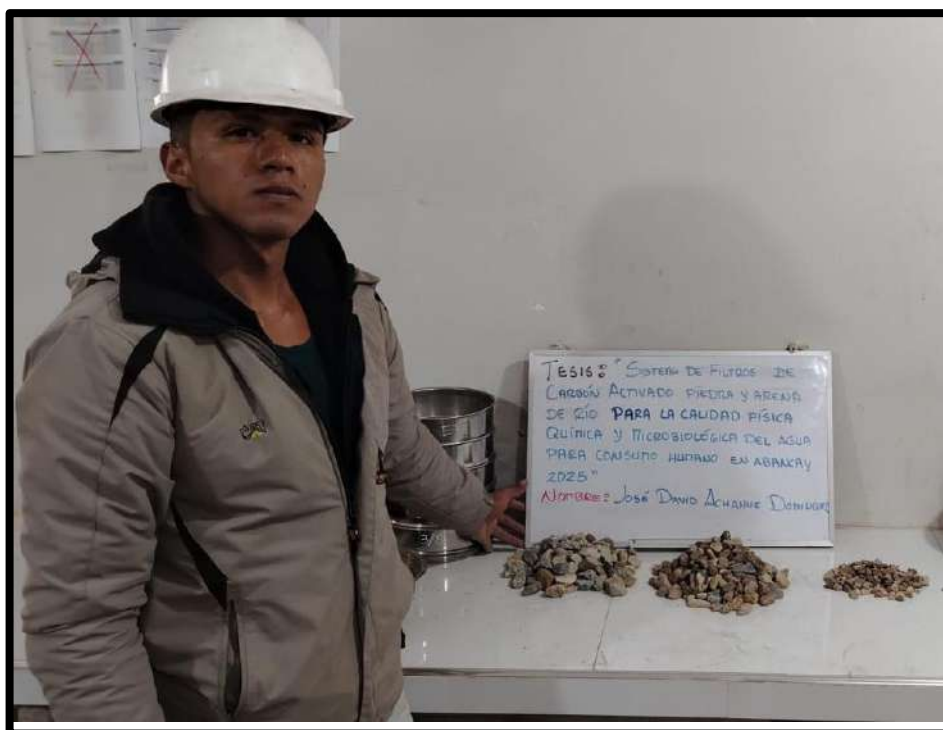


Figura 47 — Ensayo de granulometría piedra

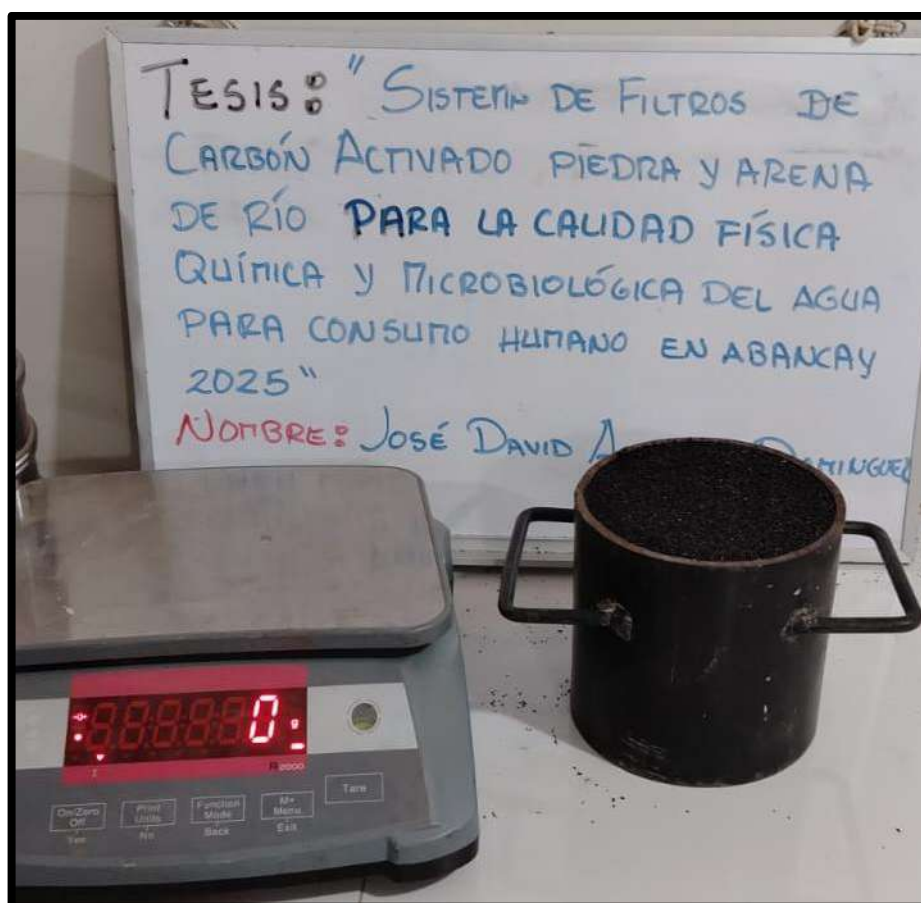


Figura 48 — Ensayo de densidad de carbón activado




Figura 49 — Ensayo de densidad de arena



Figura 50 — Ensayo de densidad de piedra

Anexo G

Ficha técnica del carbón activado



QUÍMICA AMERICANA
PRODUCTOS QUÍMICOS & ESENCIAS

FICHA TÉCNICA

CARBÓN ACTIVADO (CÁSCARA DE COCO) GRANULADO

- 1. IDENTIFICACIÓN**

El carbón activado granulado es un carbón de alta capacidad fabricado con materia prima a base 100% vegetal (cáscara de coco), activado a base de vapor a altas temperaturas para garantizar un alto contenido de macroporos y compuestos dirigidos con estructuras moleculares más grandes.

FÓRMULA = C
M = 12.01
CAS = 7440-44-00
NÚMERO EC = 231-153-3
- 2. SINÓNIMOS**

Carbono; Carbón activo
- 3. APLICACIONES**

El carbón activado granulado se ha desarrollado para tratamiento de aguas para consumo humano, limpieza de ambientes con gases sobresaturados (scrubbing), decoloración de soluciones, absorción de metales pesados de alta carga electrostática y carga sobresaturada de metales.

Es ampliamente utilizado en las industrias de tratamiento de agua/aguas residuales, farmacéuticas, químicas y biológicas para la purificación, refinado y decoloración. Este producto se fabrica en una instalación certificada ISO para cumplir con la norma NSF ANSI61.
- 4. ESPECIFICACIONES**

PARÁMETRO	ESPECIFICACIONES
Método de activación	Vapor a altas temperaturas
Número de yodo (mg/g), mín.	>850.00
Densidad aparente (g/cm ³)	0.55
Humedad (%), máx.	5.00
- 5. EMBALAJE**

Bolsa: 1.00kg
Saco: 25.00kg

Whatsapp: 918923908 / 901428587 E-mail: insumos.quimica.americana@gmail.com

Figura 51— Ficha técnica de carbón activado



6. DATOS FÍSICOS

- Descripción : Producto granulado
- Densidad aparente : 0.55 g/cm³
- +12 Mesh : 5% máx.
- -40 Mesh : 5% máx.
- Granulometría : Malla 12x40

7. SEGURIDAD GHS - ALMACENAMIENTO

Almacenar en un lugar fresco, seco, bien ventilado, en almacén interior alejado de cualquier área donde el fuego podría generarse.



Whatsapp: 918923908 / 901428587 E-mail: insumos.quimica.americana@gmail.com

Figura 52 — Ficha técnica de carbón activado

Anexo H

Ficha técnica del contenedor de agua



Tambor de 120 lts UN certificado para sólidos

Cód: T120TGNUN

Tambor de 120 litros UN certificado para sólidos

Ver: 03 / F: 08.04.2025



HEINZ AG REICHAU





Origen del Producto

Aprobaciones

El Tambor de 120 Litros UN modelo S-D51 de SCHÜTZ es una solución certificada para el **almacenamiento y transporte seguro de sólidos peligrosos y alimentos**, cumpliendo con los más altos estándares internacionales. Fabricado en polietileno de alta densidad (PE-HD) mediante proceso controlado, cuenta con tapa desmontable y aro metálico galvanizado con junta de espuma de poliuretano que asegura un cierre hermético.

Con una **capacidad nominal de 120 litros** (127 litros al borde), este tambor está diseñado para sustancias de las **clases de embalaje I, II y III**, soportando una carga bruta máx. de **225 kg** y una densidad máx. de **1,7 kg/L**. Cumple con el certificado oficial **D/BAM 15736/1H2**, aprobado por la autoridad alemana BAM para transporte de mercancías peligrosas.

Adicionalmente, el Tambor de 120 Litros UN cumple con los requisitos de contacto alimentario conforme a los **Reglamentos (UE) N° 10/2011 y CE 1935/2004**, así como la normativa **FDA CFR 21**, siendo apto para alimentos sólidos o líquidos bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente o calentamiento controlado.

Está homologado para su uso en **transporte terrestre (ADR), ferroviario (RID), marítimo (IMDG) y aéreo (IATA)**, y responde a los criterios de seguridad de la **norma ISO 20848-1**. Esta combinación de certificaciones lo convierte en una herramienta versátil, segura y confiable para industrias químicas, logísticas y alimentarias.

Datos Técnicos

• Capacidad (lts)	: Nominal 120 lts / Rebalse 128 lts.
• Capacidad máxima (kg)	: 225 kg.
• Densidad máxima de llenado	: 1,7 (kg/l).
• Material	: Polietileno de alta densidad (PE-HD).
• Color	: Tambor azul / Tapa negra.
• Seguridad de la tapa	: Aro de acero zincado con cierre de palanca.
• Abertura de llenado	: 39,5 cm.
• Cierre	: Tapa y aro palanca metálica.
• Dimensiones y peso	: Diámetro: 49,8 cm. / Alto: 80 cm. / Peso: 5,5 kg.
• Aprobación	: Uso para sustancias sólidas peligrosas de los grupos de embalaje I, II o III. UN 1H2/X225/S/...*/D/BAM15736-SCHÜTZ#.

Los datos técnicos entregados son aproximados y las imágenes son referenciales pudiendo variar según la configuración de los componentes individuales. Superbidon se reserva el derecho de actualizar las fichas técnicas sin previo aviso.

Figura 53 — Ficha técnica de carbón activado

Anexo I
(Certificación de laboratorio)



Figura 54 — Certificado de acreditación del laboratorio de la DIRESA





PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro NLC- 079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L-00422-001 R0

Page / Pág 1 de 1

Equipo <small>Instrument</small>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR LTDA	
Modelo <small>Model</small>	PG 2001	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	117	
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	NI	
Intervalo de Medición <small>Measurement Range</small>	0 C° a 100 C°	
Solicitante <small>Customer</small>	SAYWITE APURIMAC S.A.C	
Dirección <small>Address</small>	Mza. e lote 7 Víctor Acosta Ríos 1era etapa	
Ciudad <small>City</small>	Iamburco-abantay-apurimac	
Fecha de Calibración <small>Date of calibration</small>	2025 - 07 - 08	
Fecha de Emisión <small>Date of issue</small>	2025 - 07 - 22	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	01	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
 Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Felix Amadeo Jaranillo
Metrologo Laboratorio de Metrología



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

LMP-12-F-01 R142

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

Figura 55 — Certificado de calibración horno





PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro NLC - 079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud **L-00427-002 RO**

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory *Page / Pág 1 de 3*

Equipo <i>Instrument</i>	TAMZ 8 in.	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	GRANOTEST	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	104212	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Malla <i>Mesh</i>	No. 200	
Solicitante <i>Customer</i>	HUAMAN SULLA ELGUER	
Dirección <i>Address</i>	Juan Pablo II Lote 5 Mza D- Tamburco- Abancay - Aputimac	
Ciudad <i>City</i>	Abancay	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 06 - 05	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 06 - 06	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Felix Amadeo Jaramillo
Métrico Laboratorio de Metrología



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

LM-PC-12-F-01 R142

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

Figura 56 — Certificado de calibración tamiz 8 in





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-00649-001 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
Modelo <i>Model</i>	R21PE30ZH	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	8354561530	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Carga Máxima <i>Maximum Load</i>	30000 g	
Solicitante <i>Customer</i>	SAYWITE APURIMAC S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	Mza. e lote 7 Victor Acosta Rios 1era etapa	
Ciudad <i>City</i>	tamburco - abancay - apurimac	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 11 - 05	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 11 - 11	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se saquen de contexto. Los certificados de calibración sin firmas no son válidos.
 Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate

Felix Amadeo Jaramillo
 Metrologo Laboratorio de Metrología

Ing. Sergio Iván Martínez
 Director Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R 9.0



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
 Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

Figura 57 — Certificado de calibración instrumento de pesaje





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-00649-001 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
Modelo <i>Model</i>	R21PE30ZH	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	8354561530	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Carga Máxima <i>Maximum Load</i>	30000 g	
Solicitante <i>Customer</i>	SAYWITE APURIMAC S. A. C.	
Dirección <i>Address</i>	Mza. e lote 7 Victor Acosta Rios 1era etapa	
Ciudad <i>City</i>	tamburco - abancay - apurimac	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2024 - 11 - 05	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2024 - 11 - 11	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate

Felix Amadeo Jaramillo
Métrólogo Laboratorio de Metrología

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

LM-PC-2&F-01 R 9.0



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

Figura 58 — Certificado de calibración instrumento de pesaje





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-00978-003 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Page / Pág 1 de 4

<p>Equipo <i>Instrument</i></p> <p>Fabricante <i>Manufacturer</i></p> <p>Modelo <i>Model</i></p> <p>Número de serie <i>Serial Number</i></p> <p>Identificación interna <i>Internal Identification</i></p> <p>Carga máxima <i>Maximum load</i></p> <p>Solicitante <i>Customer</i></p> <p>Dirección <i>Address</i></p> <p>Ciudad <i>City</i></p> <p>Fecha de calibración <i>Date of calibration</i></p> <p>Fecha de emisión <i>Date of issue</i></p>	<p>INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO</p> <p>OHAUS</p> <p>R21PE30ZH</p> <p>8354661530</p> <p>NO PRESENTA</p> <p>30000 g</p> <p>SAYWITE APURIMAC S.A.C</p> <p>Mza. e lote 7 Victor Acosta Ríos 1era etapa</p> <p>tamburco -abancay-apurimac</p> <p>2025 - 07 - 08</p> <p>2025 - 07 - 22</p>	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<p>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i></p>		<p>04</p>

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
 Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Félix Jaramillo Castillo
Metrología Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R.3.2



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Fuerza • Longitud • Masa • Temperatura

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 • www.pinzuar.com.co

Figura 59 — Certificado de instrumento de pesaje





PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-00978-004 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS	
Modelo <i>Model</i>	NV622ZH	
Número de serie <i>Serial Number</i>	834768606	
Identificación interna <i>Internal Identification</i>	NO PRESENTA	
Carga máxima <i>Maximum load</i>	620 g	
Solicitante <i>Customer</i>	SAYWITE APURIMAC S.A.C	
Dirección <i>Address</i>	Mza.e lote 7 Victor Acosta Ríos 1era etapa	
Ciudad <i>City</i>	tamburco -abancay-apurimac	
Fecha de calibración <i>Date of calibration</i>	2025 - 07 - 08	
Fecha de emisión <i>Date of issue</i>	2025 - 07 - 22	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se pueda reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.
Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado
Signatures Authorize the Certificate



Ing. Sergió Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Félix Jaramillo Castillo
Metrología Laboratorio de Metrología

LM-PC-23-F-01 R 3.2

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co



Figura 60 — Instrumento de pesaje



Anexo J

(Tablas de presupuesto y caudales)

Tabla 20 — Tabla de presupuesto de insumos para sistema de filtros

PRESUPUESTO DE INSUMOS PARA FILTRO				
Rubros	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
2.1. Carbón activado	kg	28	71.43	2000
2.3. Tubería y uniones	glb	1	200	200
2.4. Contenedores	und	3	100	300
2.4. Mallas para tamizaje	glb	2	150	300
2.3. Recipientes de muestreo	und	8	40	320
			Total, S/.	3120

Tabla 21 — Tabla de agua filtrada y beneficio en un mes

VOLUMEN DE AGUA FILTRADA		
Volúmen L/día	Volúmen L/semana	Volúmen L/mes
236	1649	6597



Anexo K

Declaraciones jurada y acta de consentimiento

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD Y DE NO PLAGIO

Tesista:

Yo, José David Achahue Domínguez, identificado con DNI 76666000, egresado de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – UNAMBA, autor de la tesis titulada:

“Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025”.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

El tema y contenido de la tesis es original, siendo resultado de mi esfuerzo y trabajo personal; no ha sido copiado, ni se han utilizado ideas, formulaciones o citas integradas al texto que no hayan sido tomadas de otras tesis, obras, artículos, memorias, etc. (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma exacta y clara su origen, fuente o autor; tanto en el cuerpo del texto, figuras, tablas u otro contenido protegido por derechos de autor o que no hayan sido debidamente citadas.

En ese sentido, soy consciente de que la falta de respeto a los derechos de autor y el plagio son acciones que serán castigadas mediante sanciones universitarias y/o legales.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Abancay, a los 5 días del mes de enero del 2026.



Tesista: José David Achahue Domínguez

DNI: 76666000

Figura 61 — Declaración jurada de originalidad y no plagio

ACTA DE CONSENTIMIENTO PARA INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- **Título de la investigación:** Sistema de filtros de carbón activado, piedra y arena, para la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano en Abancay, 2025.
- **Investigador:** Bach. José David Achahue Dominguez
- **Institución:** Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA).

II. PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El objetivo de este trabajo es evaluar y mejorar la calidad del agua que consume la Comunidad de Asillo mediante la implementación experimental de filtros naturales (carbón, piedra y arena), asegurando que el agua cumpla con las normas de salud vigentes (DS 031-2010-SA).

III. PROCEDIMIENTO Y PARTICIPACIÓN

Se solicita la autorización de la comunidad para:

- Realizar visitas técnicas a la captación **Cruzmujo**.
- Recolectar muestras de agua en diferentes puntos del sistema para su análisis en laboratorio.
- Instalar de manera temporal y experimental el prototipo de filtración diseñado.
- La participación de la comunidad es voluntaria y no implica riesgos para la salud ni costos económicos para los pobladores.

V. DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO

Los suscritos, en representación de la Comunidad de Asillo, declaramos que hemos sido informados sobre los alcances de la investigación y AUTORIZAMOS libremente al investigador a realizar las actividades necesarias para el cumplimiento de sus objetivos en la captación Cruzmujo.

SUSCRIBEN EL PRESENTE DOCUMENTO:

COMUNIDAD CAMPESINA DE ASILLO
Matias Trica Lopez
Matias Trica Lopez
DNI: 31006187
PRESIDENTE

Abancay, 03 de mayo del 2025.

Figura 62 — Acta de consentimiento para la investigación