

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



EFICIENCIA DEL FILTRO DE CERÁMICA PARA LA REMOCIÓN DE LA
TURBIEDAD Y LA CARGA MICROBIOLÓGICA, 2024

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERA AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

DEYSI JANINA TAMBO SOPLA

Tingo María – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°079-2025-FRNR-UNAS

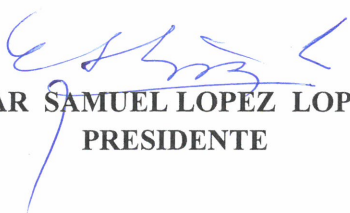
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de junio de 2025, a horas 5:00 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

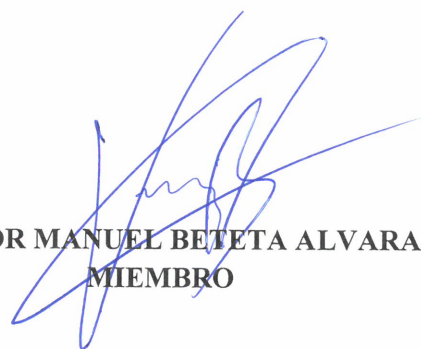
“EFICIENCIA DEL FILTRO DE CÉRAMICA PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD Y LA CARGA MICROBIOLÓGICA,2024.”

Presentado por la Bachiller: **TAMBO SOPLA, DEYSI JANINA** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

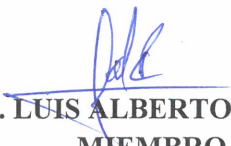
En consecuencia, la sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 09 de julio de 2025


Dr. CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ
PRESIDENTE


Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO




Mblgo.M.Sc. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROMERO
MIEMBRO


Ing. MSc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA
ASESOR



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 290 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFICIENCIA DEL FILTRO DE CERÁMICA PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD Y LA CARGA MICROBIOLÓGICA, 2024	DEYSI JANINA TAMBO SOPLA	03 % Tres	Menor a 20 %

Tingo María, 02 de setiembre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**EFICIENCIA DEL FILTRO DE CERÁMICA PARA LA REMOCIÓN DE LA
TURBIEDAD Y LA CARGA MICROBIOLÓGICA, 2024**

Autor	: Deysi Janina Tambo Sopla
Asesor(es)	: Ing. M. Sc. Alberto Franco, Cerna Cueva
Programa de investigación	: Ciencia Tecnologías Ambientales
Línea de investigación	: Tecnologías para reducir la contaminación.
Eje temático	: Reducción de la contaminación del agua
Lugar de ejecución	: Caserío Antonio Raymondi–Daniel Alomía Robles
Duración de trabajo	: 06 meses
Financiamiento	: S/. 6,920.10
FEDU	: No
Propio	: Sí
Otros	: No

Tingo María – Perú, 2025

DEDICATORIA

A Dios, quien es mi guía, fortaleza en cada etapa mi vida y con su infinito amor me ha permitido superar los desafíos logrando mis metas con éxito.

A mis queridos padres, Daniel Segundo Tambo Acosta y Gregoria Sopla Torres, por darme la vida, ser mi apoyo constante y fuente de inspiración. Su amor incondicional, enseñanzas y sacrificios me han permitido este logro profesional, sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Los amo con mi vida.

A mi apreciado hermano, John Jairo Tambo Sopla, a mi bella cuñada Karina Duran Pérez y mi amada sobrina Beckyta, por su apoyo, amor y respaldo constante. Este logro también es de ustedes por ser parte fundamental de mi vida.

A mi compañero de vida, Alex Ángel por brindarme su apoyo en el desarrollo de esta tesis y en muchos aspectos de vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi honesto agradecimiento a Dios por ser mi luz durante mi camino, a mi familia por su apoyo perenne y a todas las personas que facilitaron la ejecución de esta investigación. Esta etapa fue gratificante, llena de exploración y aprendizaje.

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme formación académica de calidad, siendo fundamental para enfrentar los retos que se presentaran durante mi ejercicio profesional.

A mi asesor, Ing. M.Sc. Alberto Franco Cerna Cueva por su disposición de compartir sus conocimientos y experiencias en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Cesar Samuel Lopez Lopez por sus permanentes consejos en la realización experimental del trabajo de tesis.

A mis amigos(as) y compañeros, por su apoyo constante y palabras de aliento en toda mi etapa de formación académica, el compartir noches de desvelo, exposiciones y ratos de esparcimiento, que hicieron más llevadera mi estancia en la universidad.

Al Ing. Richard Sías Rodríguez, por brindarme su apoyo con su experiencia profesional y facilitarme algunos materiales del laboratorio durante la ejecución de mi investigación.

A mi padrino el Dr. Sebastián López, a mi gran amigo Randy Ramos, a la Alfarería Saul, a Maestranza San Miguel y a todos aquellos que me otorgaron apoyo y colaboración en la etapa de ejecución de la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivo general.....	1
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Estado de arte.....	3
2.2. Marco teórico.....	6
2.2.1. Recurso hídrico	6
2.2.1.1. Gestión del recurso hídrico	6
2.2.2. Calidad del agua.....	7
2.2.2.1. Enfermedades gastrointestinales.....	7
2.2.3. Filtro de cerámica	7
2.2.3.1. Materiales para la fabricación.....	8
2.2.3.2. Dimensionamiento del filtro de cerámica.....	8
2.2.3.3. Proceso de fabricación.....	9
2.2.3.4. Proceso de filtración en filtros cerámicos.....	10
2.2.3.5. Operación y mantenimiento de los filtros de cerámica	10
2.2.3.6. Inspección de calidad de los filtros cerámico	11
2.2.3.7. Tasa de filtración de los filtros de cerámica	11
2.2.4. Plata coloidal.....	11
2.2.4.1. Efectos de la plata coloidal	12
2.2.5. Eficiencia del filtro de cerámica	13
2.2.5.1. Eficiencia del filtro con plata coloidal.....	13
2.2.5.2. Eficiencia del filtro sin plata coloidal	13
2.2.6. Filtración de agua.....	14
2.2.7. Contaminación del agua.....	14
2.2.8. Parámetros físicos y microbiológicos	14
2.2.8.1. Turbiedad.....	14
2.2.8.2. Enumeración de microorganismos mesófilos aerobios viables (NMAV)	15
2.2.8.3. Coliformes termotolerantes	15
2.2.8.4. Coliformes totales.....	15

2.2.8.5. Fungi	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.1.1. Ubicación política	16
3.1.2. Ubicación geográfica	16
3.1.3. Características generales de la zona de estudio	16
3.1.3.1. Clima.....	16
3.2. Etapas de la investigación.....	17
3.3. Materiales, equipos e insumos	17
3.3.1. Materiales.....	17
3.3.2. Equipos	17
3.3.3. Insumos.....	17
3.4. Criterios de investigación	17
3.4.1. Nivel de investigación	17
3.4.2. Tipo de investigación.....	17
3.4.3. Variables de investigación	18
3.4.4. Diseño de investigación	18
3.4.5. Población	19
3.4.6. Muestra	19
3.4.7. Técnica de investigación.....	20
3.4.8. Instrumento de investigación	20
3.4.9. Análisis estadístico	20
3.4.9.1. Diseño factorial con dos factores.....	20
3.4.9.2. Análisis post-ANOVA.....	21
3.4.9.3. Distribución de t-Student.....	21
3.5. Metodología.....	21
3.5.1. Determinación de las características de operación del filtro de cerámica	21
3.5.1.1. Diseño y construcción de la prensa hidráulica	21
3.5.1.2. Elaboración del filtro de cerámica.....	22
3.5.1.3. Costo de fabricación	23
3.5.1.4. Características de operación	23
3.5.2. Evaluación del efecto de la composición del filtro cerámico en la eficiencia de remoción de la carga microbiológica	24

3.5.2.1. Fase de campo.....	24
3.5.2.2. Fase de laboratorio.....	24
3.5.2.3. Fase de gabinete.....	26
3.5.3. Propuesta de dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Determinación de las características de operación del filtro de cerámica	28
4.2. Efecto de la composición del filtro cerámica en la eficiencia de remoción de la turbiedad y carga microbiológica.....	34
4.3. Propuesta de dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi	46
V. CONCLUSIONES	48
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	49
VII. REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Coordenadas geográficas de los componentes de estudio.....	16
2. Tratamientos empleados en el estudio.....	19
3. Análisis de Varianza (ANOVA) para diseño factorial con dos factores.	21
4. Parámetro físico y microbiológico de estudio.	24
5. Características de fabricación.....	28
6. Costo de insumo del filtro de cerámica (82,5 % arcilla +17,5 % aserrín).....	29
7. Costo de insumo del filtro de cerámica (80 % arcilla +20 % aserrín).....	30
8. Costo de insumo del filtro de cerámica (77,5 % arcilla +22,5 % aserrín).....	30
9. Costo de insumo del filtro de cerámica (75 % arcilla +25 % aserrín).....	30
10. Costo de insumo del filtro de cerámica (72,5 % arcilla + 27,5 % de aserrín).....	30
11. Características generales del filtro cerámica (82.5% arcilla +17,5 % aserrín).....	31
12. Características generales del filtro cerámica (80 % arcilla +20 % aserrín).....	32
13. Características generales del filtro cerámica (77,5 % arcilla +22,5 % aserrín).....	32
14. Características generales del filtro cerámica (75 % arcilla +25 % aserrín).....	32
15. Características generales del filtro cerámica (72,5 % arcilla + 27,5% aserrín).....	33
16. Análisis factorial del efecto del filtro cerámica en la enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV).	34
17. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la numeración de microorganismos viables (NMV).	35
18. Análisis factorial del efecto del filtro cerámica en el criterio enumeración de fungi.....	36
19. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la numeración de los fungi.....	37
20. Análisis factorial del efecto del filtro de cerámica en la turbiedad.	38
21. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la turbiedad.	39
22. Estimación de la remoción de los coliformes totales.	40
23. Estimación de la eliminación de los coliformes termotolerantes.	41

24.	Estimación de la remoción del criterio numeración de microorganismos mesófilos viables.	42
25.	Evaluación de la remoción del criterio enumeración de fungi	43
26.	Evaluación de la remoción del parámetro turbiedad.	44
27.	Prueba de T de Student para muestras emparejadas para los parámetros físico-microbiológicos.....	45
28.	Propuesta de las dimensiones del filtro de cerámica.	46
29.	Resultados iniciales de los parámetros de la turbiedad y la carga microbiana.	63
30.	Resultados luego de la aplicación de los tratamientos de la numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables (NMV).	63
31.	Resultados luego de la aplicación de los tratamientos de la numeración de fungi.....	64
32.	Resultados luego de la aplicación de los tratamientos de la numeración de los coliformes totales.....	65
33.	Resultados luego de la aplicación de los tratamientos de la numeración de los coliformes termotolerantes.	66
34.	Resultados luego de la aplicación de los tratamientos para la turbiedad.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Interacción de los poros del filtro de arcilla en diferentes esquemas con el agua.	7
2. Acción de la plata coloidal sobre una célula bacteriana.....	12
3. Actividad purificadora del filtro de cerámica.....	14
4. Diseño de investigación.....	18
5. Construcción de la prensa hidráulica manual.....	22
6. Determinación del NMP de microorganismos coliformes totales.....	25
7. Determinación del NMP microorganismos coliformes termotolerantes.	25
8. Aplicación de los tratamientos.	26
9. Esquema de las dimensiones del filtro cerámico.....	46
10. Obtención de la arcilla y secado.....	68
11. Molienda y tamizado de arcilla.	68
12. Compra de la plata coloidal.....	69
13. Pesaje y mezclado de arcilla y aserrín.....	69
14. Mezclando la arcilla y aserrín con el agua – Alfarería Saul.....	70
15. Prensado del barro (arcilla y aserrín).	70
16. Moldeando el filtro crudo.....	71
17. Presentación de la unidad filtrante cruda.	71
18. Secado de las unidades filtrantes a temperatura ambiente.	72
19. Cocción del filtro en un horno industrial por 12 horas.....	72
20. Control de temperatura de cocción.....	73
21. Obtención de la unidad filtrante.	73
22. Lavado del filtro cerámico.	74
23. Sumergir los filtros de cerámica en un recipiente con agua por 4 horas.....	74
24. Prueba de filtración empleando el filtro cerámico.	75
25. Adición de tres capas de plata coloidal a los filtros de cerámica.	75
26. Recolección de la muestra de agua en la I.E. Antonio Raymondi - Las Vegas.	76
27. Recolección de la muestra de agua en el reservorio del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.	76

28.	Recolección de la muestra de agua de una vivienda del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.	77
29.	Rotulado de la muestra de agua extraída del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.	77
30.	Preparación y pesado de los medios de cultivo.	78
31.	Análisis microbiológico del agua inicial.	78
32.	Esterilizado con luz UV a los filtros de cerámica.	79
33.	Proceso de filtración.	79
34.	Operación de los filtros de cerámica con mi asesor.	80
35.	Visita de miembro de jurado de tesis al laboratorio de microbiología.	80
36.	Analizando la muestra de agua después del proceso de filtrado.	81
37.	Incubación de las muestras estudiadas.	81
38.	Lectura e interpretación de los coliformes totales y termotolerantes.	82
39.	Conteo de microorganismos mesófilos viables (NMV).	82
40.	Topografía del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.	83
41.	Simulación de las viviendas del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.	83
42.	Vivienda del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas con su filtro de cerámica.	84
43.	Dimensionamiento del filtro de cerámica a nivel vivienda para el caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.	84
44.	Plano general del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.	85
45.	Plano de red de distribución del agua del caserío Antoni Raymondi – Las Vegas.	86
46.	Resultados del análisis físico-químico de la arcilla roja y marrón.	87
47.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 50 mg/L de plata coloidal (a).	88
48.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 50 mg/L de plata coloidal (b).	89
49.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 70 mg/L de plata coloidal (a).	90
50.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 70 mg/L de plata coloidal (b).	91
51.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 80 mg/L de plata coloidal (a).	92
52.	Agua tratada en un filtro de cerámica con 80 mg/L de plata coloidal (b).	93
53.	Muestra analizada por laboratorio Slab.	94
54.	Imagen del equipo ICP-OES.	95
55.	Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES.	96
56.	Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550.	97

57.	Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550 (a).	98
58.	Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550 (b).	99
59.	Certificado de la ISO 17025 del Instituto Nacional de Calidad al laboratorio Slab.....	100
60.	Solicitud para acceder a las instalaciones y equipos del laboratorio de microbiología.....	101
61.	Invitación a los jurados a la verificación de la tesis de investigación.....	102

RESUMEN

El filtro de cerámica es un equipo elaborado con material poroso para la purificación del agua, a través de las propiedades microporosas se eliminan el contaminante físico y microbiológicos. En esta investigación se determinó la eficiencia de filtros de cerámica en la remoción de contaminantes. En su diseño, construcción y operación, se emplearon metodologías para la reducción de la turbiedad y carga microbiana. La mayoría de los tratamientos resultaron eficientes en un 100 % en la eliminación de coliformes totales y termotolerantes, para fungi con 59,72 -97,22 %, para microorganismos aerobios mesófilos viables con 59,72 - 97,22 % y un 38,79 -81,13 % para turbiedad. Se concluyó que los mejores tratamientos en la remoción fueron el T₁ (82,50 % Arc. Roja + 17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal al 80 mg/L) y T₆ (82,50 % Arc. Marrón + 17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal al 80 mg/L) con una tasa de filtración de 0,74 L/h siendo ideales para la purificación del agua para el consumo humano del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.

Palabras clave: *filtro de cerámica, tasa filtración, eficiencia, carga microbiológica.*

ABSTRACT

Ceramic filters are equipment created with porous material for the purification of water; through the microporous properties the physical and microbiological contaminants are eliminated. In this research the efficiency of ceramic filters for the removal of contaminants was determined. For the design, construction and operation, methodologies for the reduction of turbidity and the microbial charge were used. The majority of the treatments resulted as being efficient at 100% for the elimination of total coliforms and thermotolerants, 59.72 – 97.22 % for fungi, 59.72 – 97.22 % for viable mesophilic aerobic microorganisms, and 38.79 – 81.13 % for turbidity. It was concluded that the best treatments for the removal were T1 (82.50 % red clay + 17.50 % sawdust + 300 mL colloidal silver at 80 mg/L) and T6 (82.50 % brown clay + 17.50 % sawdust + 300 mL colloidal silver at 80 mg/L), with a filtration rate of 0.74 L/h, which was ideal for the purification of water for human consumption from the Antonio Raymondi-Las Vegas homestead.

Keywords: ceramic filter, filtration rate, efficiency, microbiological charge.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso al consumo de agua de buena calidad es fundamental para beneficiar el desarrollo de la población. En nuestro país, específicamente en poblaciones rurales se carece de acceso al agua por medio de redes de abastecimiento. En muchos casos, el agua suministrada a través de tuberías no recibe ningún tipo de tratamiento, siendo no apropiada para su consumo que afecta la integridad orgánica ya sea por contaminación microbiana o por sustancias fisicoquímicas, dando origen a diversos desequilibrios metabólicos o enfermedades. Se requiere con urgencia tratar adecuadamente el agua para mantener las características ideales de consumo de este elemento.

En nuestro país, una gran cantidad de pobladores carecen de captación de este elemento por medio de la red de abastecimiento público, adquiriendo este vital elemento a través de camiones cisterna, lo que puede conllevar a la incidencia de infecciones intestinales, incluso mortales, mayormente en niños. En los últimos años con la instalación de redes domésticas la tasa de mortalidad ha disminuido, pero siempre se ha mantenido la de morbilidad, es decir presencia de afecciones entéricas por la contaminación que trae la ingesta de agua a pesar de su disposición en tuberías.

Ante la situación señalada es necesario buscar métodos sencillos de purificación del agua, siendo uno de ellos la filtración utilizando materiales de porosidad diversa, como los filtros de cerámica. Es así, con la finalidad de conocer la validez del filtro de cerámica, se planteó: ¿Cuál será la eficiencia de los filtros de cerámica para la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica?, teniendo como hipótesis de investigación que: El filtro cerámico tiene una eficiencia mayor al 80 % en la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica.

El aporte que se alcanzará brindará a las viviendas de zonas rurales, de escasos recursos económicos y con déficit de agua, agua purificada reduciendo la turbiedad y carga microbiológica eliminando infecciones y deterioro a la salud pública, además es un equipo de bajo costo. Por lo tanto, estos filtros de cerámica representan una alternativa de solución al tratamiento de las aguas para consumo humano de las zonas rurales que no tienen acceso a un agua potable.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Determinar la eficiencia del filtro de cerámica para la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica, 2024.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de operación del filtro de cerámica.
- Evaluar el efecto de la composición del filtro cerámico en la eficiencia de remoción de la turbiedad y la carga microbiológica.
- Proponer el dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estado de arte

2.1.1. Antecedente internacional

Rojas-Torres et al. (2022) evaluaron la eficiencia de remoción de contaminantes a través de dos modelos de filtros de cerámica en diferentes condiciones de mantenimiento, para ambos modelos. Obteniendo como eficiencia de remoción un 89,82 a 99,82 % (coliformes totales) y entre 96 a 100 % (*E. coli*) por el filtro de olla cerámica y una eficiencia de remoción entre 91,78 % hasta 97,4 % (coliformes totales) y 100 % (*E. coli*) por el filtro de vela cerámica, asimismo, para el pH se obtuvo valores entre 6,80 a 6,98, para la conductividad se obtuvo valores entre 108,82 a 113,35 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para el color se obtuvo valores entre 1,71 a 2,62 UPC, para el filtro de olla cerámica, mientras que para el filtro de vela la cerámica, valores de pH entre 8,49 a 8,58, para la conductividad valores entre 136,18 a 151,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para el color valores entre 2,18 a 2,77 UPC. Concluyendo que al variar la tasa de filtración modifica sustancialmente la operacionalidad de los sistemas, la limpieza preventiva evitó la obstrucción de los poros en ambos procesos de filtración y que ambos filtros de cerámica son eficientes en la purificación del agua del pozo subterráneo.

Asimismo, Barreto-Torrella et al. (2020) evaluaron el filtro de arcilla (tradiFILTRO) respecto a la calidad del agua y a la tasa de filtración. Para ello realizaron análisis fisicoquímicos, bacteriológicos y tasa de filtración del agua, encontrándose como resultado una eficiencia del 64,07 %, una tasa de filtración media de 2,71 L/h, con un valor mínimo de 1,4 L/h y un máximo de 6,7 L/h, la reducción de las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* con una media de 3,26 (96 %) y 2,71 (93 %) correspondientemente, la turbidez disminuyó un 100 %, el pH se redujo un 35 %, el NO_3 se redujo un 40 %, el NO_2 un 49 %. Concluyen que el equipo tradiFILTRO presentó una eficiencia en la reducción de la turbidez, coliformes totales, *Escherichia coli*, en tanto que, otros parámetros evaluados presentaron reducciones variables no significativas.

Por otro lado, en la investigación de Quezada y Garvizu (2019) en el diseño y evaluación in situ de la eficiencia de remoción de un filtro de cerámica emplearon la metodología APHA, AWWA y WFF (1999), para evaluar *E. coli* en las aguas de estudio. Encontrándose que de concentraciones iniciales de *E. coli* entre 4 a 26 UFC/100 mL, no evidenció presencia de *E. coli* luego de aplicarse el filtro de cerámica. Los resultados finales indican que existe un efecto significativo en la filtración del agua contaminada, cumpliendo el estándar de calidad del agua dispuesto por la Organización Mundial de la Salud.

En la evaluación de la eficiencia de los filtros en cerámica con plata coloidal para el tratamiento de agua de consumo humano a nivel casero, se analizaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos tales como: pH, color aparente, turbiedad, sólidos totales disueltos, conductividad, nitritos, plata coloidal, fosfatos, hierro, coliformes totales y *E. coli*. Encontrándose que los coliformes totales y el *E. coli* superan la normativa ambiental colombiana, la conductividad tuvo un valor medio de 13,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para el pH un valor medio de 6,66; para el color un valor medio de 5,86; para los fosfatos un valor medio de 0,47; para el hierro un valor medio de 0,05; para la turbiedad un valor medio de 0,42 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para los coliformes totales un valor medio de 16,5; para el *E. coli* un valor medio de 5,17 y para la plata un valor medio de 0,0055. Se concluyó que los filtros en cerámica con plata coloidal son altamente eficientes para el tratamiento de agua con 99 % (Gómez, 2019).

En el diseño de un filtro cerámico que se adapte a diversas condiciones ambientales para la obtención de guías de manejo, Rausell (2017) analizó las diferentes composiciones, tiempo y temperaturas del horneado de los filtros de cerámica atendiendo a lo dispuesto por The Ceramics Manufacturing Working Group (2011). El autor determinó que a una composición de 80 - 95 % de arcilla, 5 - 20 % de aserrín y a 32 mg/L de plata coloidal puede tener una tasa de filtración de 0,5 – 0,75 L/h, con un tiempo de cocción de 400 min, a una temperatura de cocción de 800 – 1 050 °C y una eficiencia de remoción de 4,35-14,49 % para los coliformes totales. El investigador concluyó que el dimensionamiento ideal para la remoción de los coliformes totales y otros parámetros fisicoquímicos fue de un diámetro superior de 33 cm, diámetro inferior de 28 cm y una altura de 23 - 29 cm, con espesor de 1 - 3 cm, alcanzando una capacidad de 8 L.

2.1.2. Antecedente nacional

En nuestro país, Apaza y Cisneros (2022) determinaron la composición adecuada para la elaboración de filtros eficientes en la reducción de coliformes totales, empleando lo descrito por Jackson y James (2018) para el diseño, fabricación y operación de los filtros de cerámica. Encontraron que, un filtro de cerámica cuya composición de 50 - 90 % de arcilla, 10 - 50 % de aserrín y 20 mg/L de plata coloidal tuvo una eficiencia de remoción de 90,42 a 99,54 % para coliformes totales. Los autores concluyeron que el filtro de cerámica debe tener una dimensión de diámetro superior de 30 cm, diámetro inferior de 20 cm, altura del filtro de 25 cm, espesor de 2 cm, un volumen del filtro de 8 L y 1.5 cm largo x 1.5 cm alto del anillo o borde del filtro con una tasa de filtración de 1.02 - 1.63 L/h, un tiempo de cocción de 8 h, a una temperatura de cocción de 900 °C y un tiempo de enfriamiento de 5 días.

En el mismo sentido, Porras y Lumba (2022) evaluaron la eficiencia del filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna, determinándose temperatura, pH, turbiedad, sólidos disueltos totales, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Encontrándose una variación de la temperatura entre 27,9 °C a 29,10 °C, un pH de 6,5 a 6,6; una remoción del 83,60 % de turbiedad, un 92,66 % de sólidos totales disueltos, un 99,16% hasta 100 % de coliformes totales y un 98,13% a 100 % de coliformes termotolerantes. Concluyeron que el filtro de arcilla con la plata coloidal a 20 mg/L es eficiente en el tratamiento del agua de cisterna para consumo humano.

En la evaluación de efecto de la composición de un filtro de arcilla/aserrín respecto a la temperatura de cocción y medida de filtrado, Cristóbal y Laura (2021) emplearon para la composición y fabricación diferentes temperaturas de cocción. Encontraron que un filtro de cerámica con composición de 77 - 93 % de arcilla y de 7 - 23 % de aserrín tuvo una eficiencia de remoción de 30,7 a 85,1 % para la turbidez y 86,3 % para los coliformes totales. Los autores concluyeron que el filtro de arcilla roja tiene una tasa de filtración de 0,012 – 0,082 L/h, ya que tuvo un tiempo de cocción de 8 h, a una temperatura de cocción de 900 - 1 100 °C y un tiempo de enfriamiento de 7 días.

Arteaga (2018), en su investigación evaluó la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma. Empleó el método de EPA 200.7 para evaluar la plata (Ag), encontrando una temperatura media de 28.78 °C, turbiedad de 1,495 UTN, 206 mg/L de sólidos totales disueltos, 0,03 mg/L de plata, 6,69 de pH; 8,17 de coliformes totales y menor de 1.8 de coliformes termotolerantes. El autor concluyó que el filtro cerámico con plata coloidal pudo reducir las concentraciones iniciales obtenidas, siendo un filtro eficiente en la adhesión de los parámetros evaluados.

Del mismo modo, Cochachin (2018) determinó la eficacia del filtro elaborado con arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua del río Casca. Por pruebas de laboratorio encontró valores de pH entre 7,11 a 7,83; para el color aparente valores de 0,5 PCU, para la conductividad eléctrica de 33,80 a 465,00 μ S/cm, para los sólidos totales disueltos entre 16 a 101 S/cm, para la turbiedad de 0,63 a 7,85 UNT, para los coliformes fecales entre 0,00 a 660 NMP/100 mL, para los coliformes totales 0,00 a 14 400 NMP/100 mL, para los nitritos 0,0070 a 0,0280 NO₂⁻, asimismo se observó una eficiencia de remoción de 96,43 a 100,00 % en los coliformes totales, una eficiencia de remoción de 92,31 a 100 % en los coliformes fecales, en los filtros con plata coloidal de 10, 20 y 30 mg/L. Concluye que los parámetros físicos y químicos fueron removidos por los filtros de cerámica encontrándose a las aguas tratadas por debajo del estándar de calidad ambiental para agua.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Recurso hídrico

El recurso hídrico es fundamental para asegurar la disponibilidad y calidad del agua. En zonas rurales, estrategias de fortalecimiento comunitario pueden mejorar la gestión del agua mediante la cooperación de la colectividad y la implementación de estrategias basadas en el conocimiento local (Becerra-Perenguez et al., 2023). Sin embargo, la gestión integrada de los recursos hídricos enfrenta desafíos debido a factores como el consumismo y la distribución del poder político, lo que puede llevar a una crisis hídrica (Grando, 2022).

INEI (2020), señala que, de la población rural en el 2019, solo el 9,2 % consume agua procedente de la red con añadido de cloro, el 3,2 % ingiere este elemento con valores de cloro adecuado y el 6 % con volumen de cloro inadecuado. Asimismo, el INEI (2019) señaló que el Perú en el año 2019, el 74,9 % de la comunidad rural tiene red de agua potable, mientras que la población urbana cuenta con el 95,1 %. Para la región Huánuco se registró que el 96 % de su población urbana cuenta con agua potable y la población rural con 56,8 %. Solo el 22 % de la población huanuqueña consume agua con nivel de cloro adecuado ($\geq 0,5$ mg/L).

INEI (2017a) señala que un 78,3 % de los hogares tienen disponibilidad de agua mediante conexión pública, encontrándose que el 9,7 % de viviendas no tiene acceso a través de red pública, y la población restante adquiere agua a través de cisternas móviles, cuerpos de agua diversos. Estas cifras evidencian las brechas en nuestro país. La OMS (2016) señala que la presencia de enfermedades infecciosas y no infecciosas es transmitida por la ingesta de agua contaminada, el cual puede ocurrir en su origen, almacenamiento, tuberías de distribución, transporte o incluso por recipientes móviles como camiones cisterna.

INEI (2017b) señala que en nuestro país las infecciones diarreicas alcanzaron un 11 % en menores de cinco años, que es menor a la estimada para el 2012 (12,3 %), encontrándose una ligera diferencia por zona de residencia (10,6 % urbana y 12,2 % rural). Asimismo, se reportó; para el 2014 los problemas gastrointestinales en niños menores de cinco años alcanzaron un 12,1 % de estas divididas en 12,9 % en zonas rurales y 11,7 % en zonas residenciales y que la tasa de mortalidad fue disminuyendo por causas de estas enfermedades en todo el Perú (MINSA, 2016).

2.2.1.1. Gestión del recurso hídrico

La gestión adecuada del recurso hídrico es vital para prevenir la contaminación, mitigar la escasez de agua y gestionar eventos adversos como inundaciones. La variabilidad climática también afecta la disponibilidad y calidad del agua, lo que subraya la necesidad de una gestión integral que considere estas variables (Rodríguez et al., 2023).

2.2.2. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para diferentes usos, como consumo humano, riego agrícola, protección de la vida acuática, o actividades industriales. Los indicadores biológicos, como la presencia de bacterias (por ejemplo, *Escherichia coli*), virus y otros microorganismos patógenos, son decisivos para establecer la seguridad del agua para bebida. El buen estado del agua es fundamental en salubridad, biodiversidad y desarrollo económico. Agua en mal estado podría originar desequilibrios orgánicos severos. En resumen, la calidad del agua requiere un control y seguimiento constante para asegurar su uso seguro y sostenible (Mora-Alvarado, 2024).

2.2.2.1. Enfermedades gastrointestinales

Las Enfermedades diarreicas infecciosas, afectan directamente al sistema digestivo, dado por microorganismos entéricos denominados coliformes, pertinentes a diferentes tipos taxonómicos por la ingesta de agua y/o sustratos alimenticios contaminados con material excrementicio, mayormente a temperaturas superiores a las medias (Godínez-Oviedo, 2017).

2.2.3. Filtro de cerámica

El filtro cerámico para agua (CWF), es producido a partir de una mezcla de arcilla y material combustible tamizado que se utiliza para tratar el agua, es uno de los métodos de tratamiento de agua domésticos más eficaces que se utiliza en muchas circunstancias (zonas rurales, casos de emergencia cuando ocurren desastres, etc.). Se puede fabricar en diferentes formas (disco, tubo, vela y maceta). Los filtros cerámicos para agua se utilizan normalmente en entornos de comunidades rurales remotas donde el acceso al agua potable es un problema, ya que pueden eliminar eficazmente los microorganismos y reducir la turbiedad del agua mediante filtración por gravedad a través de medios cerámicos porosos (Onésime y Pépin, 2022).

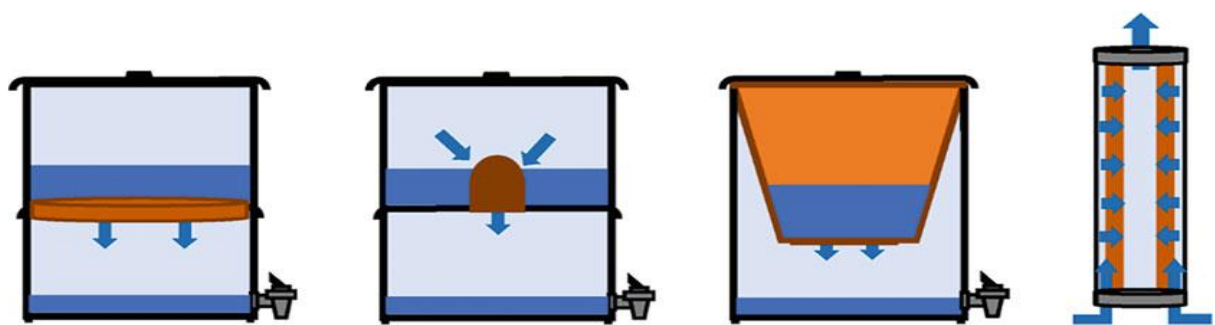


Figura 1. Interacción de los poros del filtro de arcilla en diferentes esquemas con el agua.

Fuente: Yang et al. (2020).

2.2.3.1. Materiales para la fabricación

A. Arcilla

La arcilla es un tipo de material geológico que se compone principalmente de minerales de arcilla, como caolinita, montmorillonita y illita. Estos minerales son finos y tienen una gran superficie específica, lo que les permite absorber agua y expandirse, dando a la arcilla sus características plásticas y maleables cuando está húmeda. Cuyos usos principales son para la producción de cerámica, ya que se puede moldear y cocer para crear objetos decorativos o funcionales. Asimismo, existen varios tipos de arcilla, clasificados según su composición mineralógica y propiedades. Algunos de los tipos más comunes incluyen arcilla caolínica, arcilla montmorillonítica y arcilla illítica. Cada tipo tiene usos específicos debido a sus características únicas (Díaz y Torrecillas, 2002).

Es necesario evaluar las características más significativas en las arcillas (composición química y mineralógica, plasticidad y distribución granulométrica), dado que prevalecen directamente sobre las propiedades de los productos obtenidos (porosidad, retención de agua, rigidez y durabilidad) (Santos et al., 2011).

B. Aserrín

El aserrín es un material que resulta del proceso de aserrado y/o habilitado de madera. Se compone de pequeñas virutas o partículas de madera.

2.2.3.2. Dimensionamiento del filtro de cerámica

El dimensionamiento de los filtros de cerámica es un proceso fundamental para asegurar su eficacia en la potabilización del agua. Estos filtros, que pueden incluir elementos como la plata coloidal, son ampliamente utilizados en comunidades con acceso limitado a agua potable. Asimismo, se evalúan aspectos fundamentales como la tasa de filtración, ya que se necesita conocer el agua tratada producida por hora, esto evalúa el tamaño del filtro y la cantidad de elementos filtrantes necesarios. También la presión del agua y el caudal máximo que el filtro puede manejar son fundamentales para evitar sobrecargas y garantizar una filtración eficiente. Los materiales, el diseño del filtro cerámico y la concentración de Ag coloidal pueden influir en la eficacia del filtro, mientras que el diseño debe optimizar la tasa de filtración y minimizar la resistencia de patógenos. El mantenimiento y limpieza del filtro para prolongar su vida útil. Los costos y su accesibilidad de los materiales hacen favorable el uso de esta tecnología en comunidades vulnerables. La evaluación Microbiológica es importante para asegurar que el filtro elimina eficazmente bacterias, virus y otros microorganismos patógenos (Rebelato et al., 2025).

2.2.3.3. Proceso de fabricación

A. Tamizado

El tamizado en la elaboración del filtro de cerámica es un proceso crucial que asegura la calidad y eficacia del filtro. El tamizado garantiza que los materiales a emplear en la fabricación del filtro tengan una granulometría uniforme. Ello es crucial para mantener las propiedades microporosas del filtro. La uniformidad del material puede influir directamente en la eficacia del filtro para remover impurezas del agua (Cely-Illera, 2016).

B. Prensado

El prensado en la elaboración del filtro de cerámica permite dar forma a la mezcla para crear un filtro funcional. La mezcla de arcilla y aserrín se coloca en el molde y se presiona para asegurarse de que se adapte perfectamente a su forma (Lumba et al., 2019).

C. Moldeado

El moldeado en la elaboración del filtro se elimina cualquier exceso de material y se alisa la superficie. (Lumba et al., 2019).

D. Secado

Es esencial para eliminar el exceso de humedad del elemento cerámico, lo que ayuda a prevenir deformaciones durante la cocción y asegura que el filtro tenga una estructura uniforme y estable.

E. Cocción

La cocción es un paso crucial en la elaboración del filtro de cerámica, ya que transforma el material cerámico en un producto duro y resistente que puede filtrar el agua de manera efectiva. La temperatura de cocción es fundamental para determinar las propiedades finales del filtro. Las temperaturas típicas para la cocción de cerámica varían entre 800°C y 1100°C, dependiendo del tipo de arcilla y los materiales adicionales utilizados. La duración de la cocción también es importante, ya que afecta la porosidad y la resistencia del filtro. Un tiempo de cocción adecuado asegura que el material se endurezca sin volverse demasiado denso (Medina y Jaramillo, 2019).

La cocción adecuada asegura que el filtro cerámico tenga una estructura porosa que permita el paso del agua mientras retiene las impurezas. La cocción también mejora la resistencia y durabilidad del filtro, lo que es crucial para su uso prolongado en la potabilización del agua (Di Prado et al., 2022).

F. Enfriado

El enfriado en la elaboración del filtro de cerámica ocurre después de la cocción. Este proceso evita tensiones térmicas y grietas en el material cerámico. Después de la cocción, el filtro se deja enfriar lentamente en el horno y posteriormente se coloca en un ambiente controlado para que se enfríe gradualmente, esto ayuda a prevenir choques térmicos que podrían causar grietas o deformaciones. La velocidad de enfriamiento debe ser controlada para asegurar que el filtro se enfríe uniformemente (Lumba et al., 2019).

2.2.3.4. Proceso de filtración en filtros cerámicos

La filtración en los filtros de cerámica implica varios pasos y principios que permiten eliminar impurezas del agua, como bacterias, virus y partículas suspendidas. A continuación, se describe cómo funcionan estos filtros:

Flujo de agua: El agua contaminada fluye hacia la base del filtro de cerámica, que puede ser en forma de vela u olla.

Poro de la cerámica: La cerámica tiene poros pequeños que permiten el paso del agua, pero retienen las partículas grandes, incluyendo bacterias y virus.

Acción de la plata coloidal: Tiene propiedades antimicrobianas, eliminan bacterias y virus que quedan retenidas dentro de la unidad filtrante y las que puedan pasar a través de los poros.

Filtración y purificación: A medida que el agua atraviesa los poros del filtro, se elimina la turbiedad y se reducen los microorganismos patógenos, lo que resulta en agua más limpia y segura para beber.

2.2.3.5. Operación y mantenimiento de los filtros de cerámica

La operación y el mantenimiento de los filtros de cerámica son fundamentales para asegurar su eficacia continua en la purificación del agua. Aspectos clave sobre cómo operar y mantener estos filtros:

Flujo de Agua: El agua contaminada fluye hacia el filtro de cerámica, el flujo debe ser controlado para evitar sobrecargas.

Presión y Caudal: La presión del agua y el caudal máximo que el filtro puede manejar son fundamentales para evitar daños y garantizar una filtración eficiente.

Remoción Microbiológico: Los filtros de cerámicas son efectivos para eliminar bacterias como *E. coli*. Sin embargo, es importante hacer seguimiento microbiológico periódico para asegurarse que el filtro elimina eficazmente bacterias y otros microorganismos patógenos (Moyota, 2018).

Parámetros fisicoquímicos: Se deben monitorear parámetros fisicoquímicos como turbiedad, pH, conductividad y presencia de metales pesados para asegurar que el agua tratada cumple con los estándares de calidad establecidos (Bravo y Dávila, 2018).

Limpieza e inspección de la unidad filtrante: El filtro debe ser limpiado regularmente para eliminar los residuos acumulados. También se deben realizar inspecciones visuales periódicas para detectar cualquier daño o deterioro en el filtro o sus componentes. De ser necesario reemplazados para asegurar que el filtro siga siendo efectivo. (Rebelato et al., 2025).

2.2.3.6. Inspección de calidad de los filtros cerámico

Para el control de calidad se presentan algunos aspectos:

Análisis de laboratorio: Es recomendable realizar análisis de laboratorio (Evaluación Microbiológica y fisicoquímico) para evaluar el agua antes y después del proceso de filtración (Garzón et al., 2023).

Certificación y normas: Asegurarse de que los filtros cumplan con las normas y estándar nacional o internacional de calidad del agua es fundamental para garantizar su seguridad y eficacia.

Protocolos de mantenimiento: Establecer protocolos de mantenimiento y reparación para asegurar el funcionamiento óptimo del filtro (Mero et al., 2024).

2.2.3.7. Tasa de filtración de los filtros de cerámica

La tasa de filtración es considerada el principal criterio de seguimiento y control en la fabricación de filtros cerámicos, debido a que influye en la calidad microbiológica del agua tratada (De van Halem et al., 2017).

La tasa de filtración del agua relativamente baja limita el uso de los filtros de cerámica. Por lo tanto, uno de los grandes desafíos es desarrollar diseños de filtros que puedan lograr simultáneamente un alto caudal y una eliminación bacteriana eficaz, asimismo, otro desafío es que a menudo tienen una capacidad limitada para eliminar los diversos contaminantes como son los virus y también se encuentran los contaminantes químicos (Yang et al. 2020).

2.2.4. Plata coloidal

Es una suspensión de partículas de plata en un medio líquido, generalmente agua. Estas partículas son extremadamente pequeñas, típicamente en el rango de nanómetros, el cual permite estar en suspensión en el líquido. La plata coloidal ha sido

manipulada durante siglos por sus propiedades antimicrobianas, antifúngicas y antivirales. Se utiliza para tratar infecciones, promover la curación de heridas y como desinfectante. También se añade a filtros de agua para eliminar bacterias y otros microorganismos, como se muestra en el uso de filtros de arcilla con plata coloidal para potabilizar agua. Dado a su propiedad antimicrobiana, inhibe el crecimiento de bacterias, virus y hongos. Asimismo, las partículas de plata pueden permanecer en suspensión durante un período prolongado, lo que facilita su uso en diversas aplicaciones (Lumba et al., 2019).

2.2.4.1. Efectos de la plata coloidal

La adición de Ag coloidal genera en la producción de agua de los filtros cerámicos una alta eficacia, evitando el crecimiento de biopelículas y protegiendo el agua almacenada. No se debe generar un excedente en la concentración máxima de plata recomendada para agua potable (Lyon-Marion et al., 2018).

La plata coloidal recubierta al filtro de cerámica determina la efectividad de los tratamientos a los que fueron sometidos, asimismo genera porosidad siendo más evidenciada en la mezcla de la arcilla/aserrín/plata coloidal en diferentes proporciones, generando parches de plata coloidal con poros de diámetros en el intervalo de 2-3 nm (Jackson y Smith, 2018).

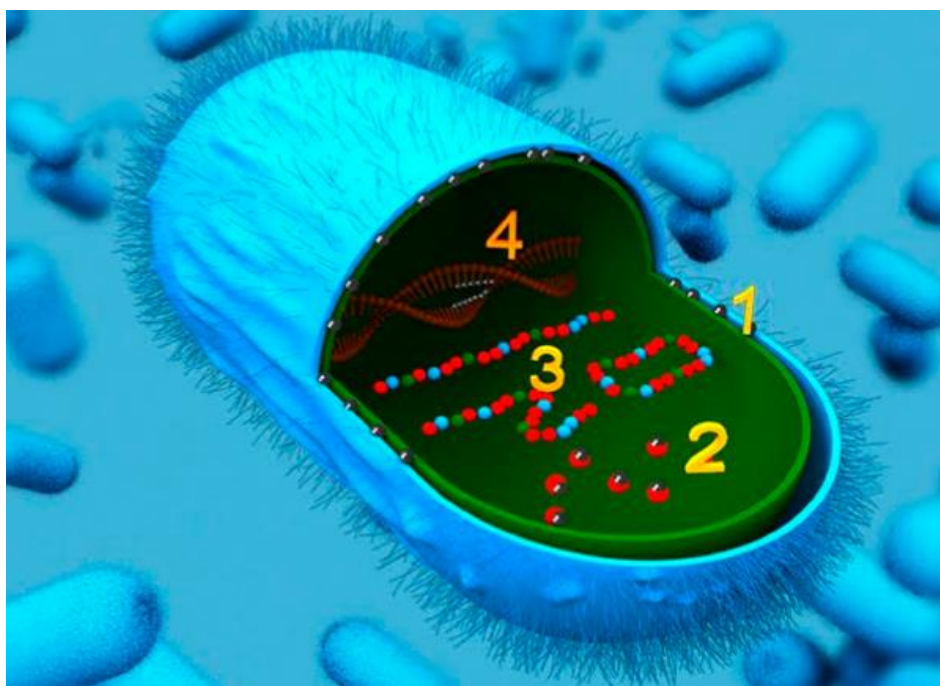


Figura 2. Acción de la plata coloidal sobre una célula bacteriana.

Fuente: Sim et al. (2018)

Nota: 1. La plata puede perforar la pared celular del peptidoglicano; 2. La plata inhibe el ciclo de respiración celular; 3. Las vías metabólicas también se inhiben cuando entran en contacto con la plata; 4. El ciclo de replicación de la célula se ve interrumpido por partículas de plata mediante la interacción con el ADN.

2.2.5. Eficiencia del filtro de cerámica

La validez del filtro de cerámica en la producción de agua compuesta de arcilla entre otros materiales es ideal en el aumento de las características físicas-microbiológicas del agua potable. Además, la composición del filtro de cerámica con el aserrín en relación 50:50, 40:60 y 30:70 tienen altas tasas de absorción debido a la alta porosidad, asimismo, la relación 40:60 de arcilla: aserrín mostró una mejor eficiencia de eliminación microbiana, ya que podían eliminar más del 95 % de bacterias entéricas coliformes y *Escherichia coli* (Akósil et al., 2018).

2.2.5.1. Eficiencia del filtro con plata coloidal

La eficacia del filtro de cerámica con plata coloidal se ha evaluado en varios estudios, mostrando resultados prometedores en la potabilización del agua. Aspectos clave sobre eficiencia:

Remoción de Microorganismos: Los filtros de cerámica con plata coloidal han demostrado ser efectivos. Este elemento químico ejerce como agente antimicrobiano, inhibiendo el crecimiento de bacterias y otros microorganismos.

Mejora de parámetros fisicoquímico: Estos filtros pueden mejorar parámetros fisicoquímicos del agua, como la turbiedad y el nivel del pH. Por ejemplo, un estudio realizado entre Lurigancho-Chosica encontró que el filtro presentó mejoría en el pH del agua y redujo su temperatura (Lumba et al., 2019).

Aceptación y replicación: La aceptación de estos filtros en comunidades vulnerables es alta debido a su efectividad y facilidad de uso.

2.2.5.2. Eficiencia del filtro sin plata coloidal

La validez del filtro de cerámica sin plata coloidal depende principalmente de las propiedades físicas del material cerámico y del diseño del filtro.

Remoción de Partículas y Microorganismos: Los filtros de cerámica pueden eliminar partículas suspendidas y algunos microorganismos debido a sus poros pequeños. Sin embargo, su eficacia para eliminar bacterias y virus puede ser menor sin este elemento coloidal.

Parámetros Fisicoquímicos: Estos filtros pueden mejorar parámetros fisicoquímicos del agua, como la turbiedad y el pH, aunque su capacidad para hacerlo puede ser inferior a la de los filtros con plata coloidal.

Mantenimiento y Durabilidad: Sin la adición de plata coloidal, el filtro puede requerir limpieza más frecuente para evitar la colmatación de los poros (Rojas-Torres et al., 2022).

2.2.6. Filtración de agua

En un filtro de cerámica la filtración se desarrolla de forma discontinua, reduciendo la carga microbiana del agua, la cual para una óptima eficiencia se debe evaluar la correlación entre TDS vs conductividad del agua filtrada no superando los 100 mg/L ni 200 mS/cm de los parámetros citados respectivamente (Pérez-Vidal et al., 2019).

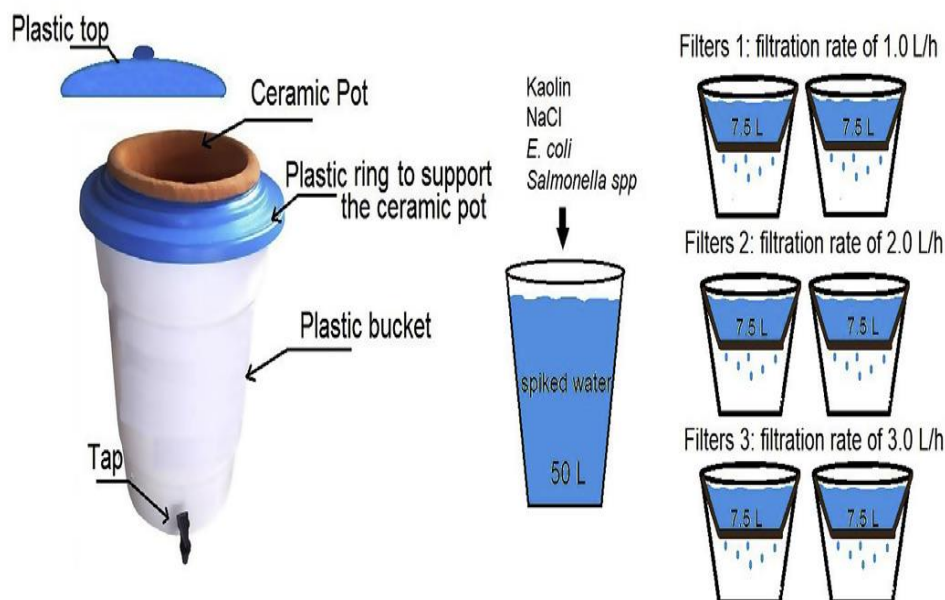


Figura 3. Actividad purificadora del filtro de cerámica.

Fuente: Perez-Vidal et al. (2019)

2.2.7. Contaminación del agua

Se produce en distintas fases, que son el abastecimiento, la captación y la conducción, asimismo, son varios los factores: contacto con excrementos de animales y/o humanos, con aguas residuales, escorrentías asociadas, etc. Todo ello genera una contaminación microbiológica y química al agua. Es importante el control y análisis de la potabilidad y calidad antes de su consumo (Serradilla, 2021).

2.2.8. Parámetros físicos y microbiológicos

2.2.8.1. Turbiedad

La turbiedad en el agua se refiere a su apariencia por partículas suspendidas que reducen la claridad del agua, afectando su calidad y seguridad para el consumo. También puede ser causada por el crecimiento de algas u otros organismos acuáticos. El agua turbia puede contener patógenos y sustancias químicas nocivas, que representa riesgo para la integridad orgánica del consumidor. Además, la turbiedad puede dificultar el tratamiento del agua, ya que las partículas suspendidas contienen organismos patógenos resistentes a los desinfectantes (Arcila et al., 2024).

2.2.8.2. Enumeración de microorganismos mesófilos aerobios viables (NMAV)

La enumeración de microorganismos mesófilos aerobios viables (NMAV), es utilizada para determinar la biomasa de la biota microbiana desarrollada en un medio de cultivo adecuado. Este método es crucial en la evaluación de la presencia de microorganismos en diferentes muestras, como alimentos, agua, suelos y lixiviados (Oré et al., 2023).

2.2.8.3. Coliformes termotolerantes

Las bacterias coliformes termotolerantes también llamados coliformes fecales son la familia de entéricos presentes específicamente en el intestino, por consecuente pasan a las heces de los animales de sangre caliente. La mayoría de las bacterias coliformes no causan enfermedades. Sin embargo, algunas cepas de *E. coli*, en particular la cepa 0157:H7, pueden causar enfermedades graves. Siendo la principal causa de contaminación del agua es por la materia fecal, asimismo el recuento de coliformes indica la condición sanitaria del agua (Carbotecnia, 2021).

2.2.8.4. Coliformes totales

Bacterias entéricas, cocobacilares, gramnegativas, no esporuladas, fermentadoras de lactosa y productoras de bióxido de carbono, aerobias o anaerobias tolerantes, que se desarrollan a temperaturas entre 30 a 37 °C entre 24 a 48 horas (Gallego et al., 2018).

2.2.8.5. Fungi

Los hongos también conocidos como fungi, son un grupo diverso de organismos eucariotas que se encuentran en varios entornos, desde el suelo hasta los ecosistemas acuáticos. Aunque a menudo se confunden con las plantas o las bacterias, los hongos son un reino separado dentro del sistema de clasificación biológica. Los fungi ostentan un rol indispensable en los ecosistemas, pues son descomponedores clave. Los fungi tipo micorrizas ayudan a los vegetales absorber nutrientes del suelo. Muchos géneros de fungi son importantes en la generación de nuevos productos alimenticios (queso, pan, etc.) y antibióticos de primera generación como la penicilina (Dos Santos y Dalzoto, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

Las muestras de agua procedieron del Caserío Antonio Raymondi-Las Vegas, del distrito de Daniel Alomía Robles, provincia de Leoncio Prado, Huánuco.

Los análisis microbiológicos, físicos y químicos de las muestras de agua y de suelo (utilizado en la fabricación de los filtros), se realizó en el laboratorio de Microbiología General y en el de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

El caserío Antonio Raymondi-Las Vegas, se sitúa al noreste de Tingo, con una latitud de 9° 11' 33.21" S, Longitud 75° 54' 12.49" W y con una altitud de 984 m.s.n.m. En la siguiente tabla se indican las coordenadas UTM WGS84-18L de los puntos de estudio: Captación, reservorio, I.E Antonio Raymondi–Las Vegas y vivienda.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los componentes de estudio.

Lugar	Coordenadas geográficas (WGS84-18S)		Altitud (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
Captación	594094,685E	1017264,717N	1 213,3
Reservorio	598739,22 E	1016286,46 N	1 013
I.E. Antonio Raymondi – Las Vegas	599121,056E	1016298,987N	986,6
Vivienda	599309,532E	1016199,842N	976,3
Laboratorio de microbiología	390556,1 E	8 970 299,1S	668

3.1.3. Características generales de la zona de estudio

3.1.3.1. Clima

El caserío Antonio Raymondi-Las Vegas se caracteriza por tener un tipo de clima cálido húmedo, lluvioso, con una precipitación media anual entre 2 000-2 500 mm, teniendo una humedad relativa promedio de 88.17 %. Presentando además una temperatura media anual de 24 °C, con una temperatura máxima de 31 °C y una temperatura mínima de 19 °C, registrándose temperaturas bajas entre noviembre- enero (SENAMHI, 2022).

3.2. Etapas de la investigación

La investigación se realizó en cuatro etapas: en la primera se realizó el diseño y construcción de la prensa hidráulica realizado en la calle Las Válvulas Mza. H2 Lote 1Z, del Parque Industrial, distrito de Ancón - Lima. La segunda etapa, se realizó la construcción de los filtros cerámicos en el Jr. Las Camelias 15067, distrito de Chorrillos – Lima. En la tercera etapa, se recolectó las muestras de agua del Caserío Antonio Raymondi-Las Vegas. La cuarta etapa, se realizaron las pruebas microbiológicas, ensayos fisicoquímicos de las muestras de agua y de suelo utilizado en la fabricación de los filtros, realizado en los laboratorios antes indicados de la UNAS.

3.3. Materiales, equipos e insumos

3.3.1. Materiales

Se emplearon para la construcción y operación del filtro cerámico: Tamiz malla N°400 (38um), tina rectangular de 20L, guantes de nitrilo, gorro quirúrgico, bolsa de polietileno de baja densidad R1 medida 51 x 63.5 cm, Hilo nylon transparente 1mm, una lámina plástica PVC de 5*7 cm, tina rectangular de 70 L, 20 baldes de 8 L con tapa, 20 grifos dispensador de agua. En cuanto a los materiales que usó para el muestreo y análisis de los parámetros de estudio son: botellas de vidrio, 2 baldes de 20 L estéril, cooler, cuaderno de apuntes, marcador indeleble, hielo seco, matraz, probeta de 500 mL, tubos de ensayo, pizeta de 500 mL, vaso precipitado de 500 ml, brocha, mascarilla quirúrgica, pipeta graduada, placas petri, guardapolvo, algodón, guantes de nitrilo y papel secante.

3.3.2. Equipos

Los equipos que se usaron son: prensada hidráulica manual, balanza electrónica, Autoclave de esterilización, turbidímetro HANNA HI93414, balanza analítica Sartorius 4DEC, refrigerador, cronómetro, GPS Garmin modelo ETREX 10 y laptop HP.

3.3.3. Insumos

Los insumos que se utilizaron son: arcilla roja, arcilla marrón, aserrín, plata coloidal, agua destilada, caldo *E. coli*, caldo Bilis Verde Brillante (BRILLA), agar Sabouraud Glucosa al 4 %, agar Mac Conkey, agar Plate Count.

3.4. Criterios de investigación

3.4.1. Nivel de investigación

Es explicativo – experimental.

3.4.2. Tipo de investigación

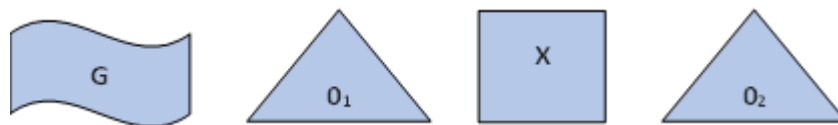
Investigación aplicada.

3.4.3. Variables de investigación

- **Variable independiente (X)**
Filtro de cerámica.
- **Variable dependiente (Y)**
Turbiedad y carga microbiológica del agua del caserío Antonio Raymondi.
- **Variable interviniente**
Estado del filtro de cerámica.

3.4.4. Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño experimental tipo aplicativo, constituido por 10 tratamientos y 10 tratamientos control, variable dependiente la turbiedad y carga microbiológica del agua, asimismo se tendrá como variable independiente el filtro de cerámica de diferentes composiciones (Hernández et al., 2014).



Donde:

G= Grupo de estudio

01= Medición del pre test

X= Aplicación o manipulación la variable independiente

02= Medición del post test

A continuación, se presenta gráficamente el diseño investigación:

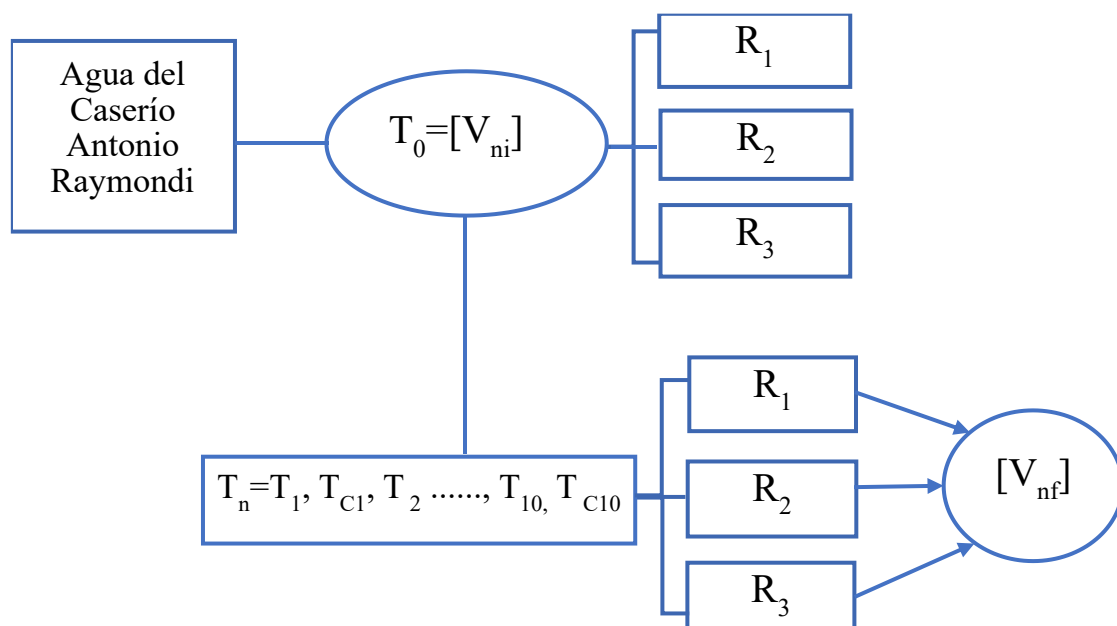


Figura 4. Diseño de investigación.

Nota: $[T_0]$: concentración inicial del agua, $[T_n]$: tratamientos, $[R1-R3]$: Repeticiones, $[V_{nf}]$: concentración final del agua.

En la Tabla 2 se especifica la composición de cada tratamiento empleados en la investigación

Tabla 2. Tratamientos empleados en el estudio.

Tratamientos	Factor A	Factor B
T ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal
T ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal
TC ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal

3.4.5. Población

Se consideró para esta investigación el agua potable del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas, Leoncio Prado, Huánuco.

3.4.6. Muestra

Se aplicó un muestreo no probabilístico intencional, en el estudio se extrajo la muestra de agua perteneciente a la red de distribución de agua potable (captación, reservorio y una vivienda del Caserío Antonio Raymondi-Las Vegas). Se mezcló obteniendo un total 181 L de agua, del cual se extrajo 1L para los análisis de laboratorio en la etapa inicial,

el resto se añadió a los 20 tratamientos. Posterior a la filtración se extrajo 1 L por cada tratamiento para el análisis físico y microbiológico en el laboratorio (Arias et al., 2022).

3.4.7. Técnica de investigación

La investigación se realizó mediante la examinación directa empírica, dado que se observó y proceso las concentraciones de los parámetros de estudio (turbiedad y carga microbiológica), teniendo valores iniciales y finales de éstos. Las concentraciones finales se obtuvieron posteriores a la aplicación de los tratamientos (filtro de cerámica). A través de esta técnica permitió observar desde un enfoque científico la disminución de las concentraciones iniciales de la carga microbiológica (Hernández, 2011).

3.4.8. Instrumento de investigación

El instrumento que se empleó fue la ficha de observación (cuaderno de campo y ficha de análisis de resultado), permitió registrar las concentraciones iniciales y finales de los parámetros de estudio (turbiedad y carga microbiológica) del agua del caserío Antonio Raymondi -Las Vegas (Arias, 2020).

3.4.9. Análisis estadístico

3.4.9.1. Diseño factorial con dos factores

El análisis de los resultados fue mediante la estadística inferencial, se aplicó un análisis factorial completo con dos factores para evaluar si los tratamientos tienen algún efecto en la remoción de la turbiedad y carga microbiológica del agua. Se empleó el Software estadístico InfoStat, este opera mediante el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

- i :1, 2, ..., a (Arcilla/Aserrín, A);
- j :1, 2, ..., b (plata coloildal, B);
- k :1, 2, ..., r (repeticiones)

Siendo:

- Y_{ijk} : Variable de respuesta medida en la ijk-ésima unidad experimental
- μ : Media general
- α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A
- β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B
- $(\alpha\beta)$: Efectos producidos por la interacción entre (AXB)
- ε_{ijk} : Error experimental asociado a la ijk - ésima unidad experimental

Tabla 3. Análisis de Varianza (ANOVA) para diseño factorial con dos factores.

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Efecto A	SC_A	$a - 1$	CM_A	CM_A/CM_e
Efecto B	SC_B	$b - 1$	CM_B	CM_B/CM_e
Efecto AB	SC_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_e
Error	SC_e	$ab(r - 1)$	CM_e	
TOTAL	SC_T	$abr - 1$		

Fuente: Lara (2000)

3.4.9.2. Análisis post-ANOVA

Con el propósito de conocer que tratamiento tiene un mejor efecto en la remoción de la turbiedad y la carga microbiología se realizó un análisis post-ANOVA de tipo Tukey, empleando el Software estadístico InfoStat donde se conoció el efecto por medio del nivel de significancia $p\text{-valor} < \alpha$ (0.05) (Tukey, 1953).

3.4.9.3. Distribución de t-Student

Para validar la hipótesis de investigación, se empleó la prueba estadística t- Student para muestras emparejadas. Se trabajo con los valores de concentración inicial previo a la aplicación del tratamiento y con los valores post tratamiento, se contrasta la hipótesis alterna con una significancia mayor a 0.05 y se acepta la hipótesis nula cuando el valor de p es menor de 0.05 (Melo et al., 2020).

Hipótesis Nula H_0 : El filtro de cerámica tiene una eficiencia de remoción menor al 80%.

Hipótesis alterna H_a : El filtro de cerámica tiene una eficiencia de remoción mayor al 80%.

3.5. Metodología

3.5.1. Determinación de las características de operación del filtro de cerámica

3.5.1.1. Diseño y construcción de la prensa hidráulica

Se fabricó una prensa hidráulica manual, la estructura se trabajo con tubo cuadrado LAC 500 de (2" X 2") con espesor 1,5 mm, el molde fijo se trabajó con fierro fundido otorgandole una forma conica, para el molde movable se otorgó el modelo conico mediante torno, cuyo espesor del molde movable es 2 cm, a este ultimo se acopló un anillo en la parte superior (**Figura 5**), el cual resistió la presión generada por el gato hidráulico.



Figura 5. Construcción de la prensa hidráulica manual.

3.5.1.2. Elaboración del filtro de cerámica

A. Preparación de materiales e insumos

Arcilla. –Se adquirió la arcilla roja (Empresa Comacsa) y la arcilla marrón del río Chillón-Puente Piedra. Se secó a temperatura ambiente por tres días. Luego se pasó a moler y tamizar con N° 20 para eliminar las impurezas.

Aserrín. - Se recolectó del taller de carpintería del caserío Las Vegas, proveniente de madera tornillo. Se secó a temperatura ambiente por dos días y se tamizó con malla N° 400 para eliminar las impurezas.

Plata coloidal. - Se adquirió plata coloidal de forma comercial.

B. Pesado y mezclado de materia prima

Cada filtro cerámico tuvo una concentración de arcilla y aserrín, para ello se empleó una balanza electrónica. En una tina se mezcló en seco las diferentes proporciones (kg) de materias primas de cada tratamiento, finalmente se agregó 1,7 L de agua para lograr una mezcla húmeda y maleable.

C. Prensado y moldeado

Se empleó un equipo hidráulico de prensado manual. Primer paso se colocó un desmoldante para evitar el contacto directo de la mezcla con los moldes. Teniendo la mezcla dentro del equipo se procede a ejercer presión mediante la aplicación de un gato hidráulico. En consecuencia, la mezcla de arcilla y aserrín del interior adquirió la forma

cónica propia del molde. Después se alisó la superficie del filtro crudo una lámina plástica PVC de 5 x 7 cm, eliminando el exceso de material y se dejó secar a temperatura ambiente por 2 h para evitar fisuras al desmoldar.

D. Secado

Se dejó secar el filtro a temperatura ambiente durante 12-15 días, el secado fue esencial para eliminar el exceso de humedad y prevenir fisuras durante la cocción.

E. Cocción

Los filtros de cerámica fueron sometidos a una temperatura de 880 °C en horno industrial durante 12 h, se controló la temperatura interior del horno con un termómetro digital. Asimismo, los filtros obtenidos se dejaron enfriar durante 12 h, posterior a ello fueron retirados y transportado al laboratorio de la UNAS.

F. Saturación y pruebas de filtración

Los filtros cerámicos fueron lavados y sumergidos en agua durante 4 h, después se midió la rapidez a la que el agua pasa a través de cada unidad filtrante. Se tuvo 0,75-1,91 L/h (CP) y 0,74-3,75 L/h (SP) como de tasa de filtración.

G. Aplicación de plata coloidal

Se aplicó 300 mL de Ag coloidal a concentración de 80 mg/L, empleando una brocha se cubrió la parte inferior y exterior del filtro.

3.5.1.3. Costo de fabricación

Se estimó el consumo de los componentes por tratamiento (arcilla, aserrín, agua y plata coloidal), teniendo un valor mínimo de S/. 2,80 y un máximo de S/. 23,20. Así mismo para la fabricación se necesitó la adquisición de una prensa hidráulica manual, alquiler de horno, mano de obra, etc., haciendo un valor de S/. 2 400,00.

3.5.1.4. Características de operación

A. Tasa de filtración del filtro de cerámica

Se determinó con la aplicación del método volumétrico (APHA-AWWAWEF, 2017). Teniéndose como valor referencial de filtración optima entre 1-3 L/h, para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2)$$

Donde:

Q : Caudal o tasa de filtración, L/h v : Volumen del filtro, L
t : Tiempo de filtración, s

B. Tiempo de retención hidráulico en batch

Se determinó al momento de la operación de filtración.

C. Mantenimiento de los filtros cerámicos

Se realizó el mantenimiento periódico del filtro (Lerma, 2012).

3.5.2. Evaluación del efecto de la composición del filtro cerámico en la eficiencia de remoción de la carga microbiológica

3.5.2.1. Fase de campo

Recolección de la muestra. Se utilizó 9 baldes esterilizados en el muestreo de agua proveniente de la captación, reservorio y una vivienda del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas, recolectándose 181 L, se contó con un registro de cadena de custodia.

Acondicionamiento y transporte. La muestra fue almacenada en un cooler con hielo seco (ANA, 2016), y se trasladó al laboratorio de la UNAS.

3.5.2.2. Fase de laboratorio

A. Determinación de los criterios físicos y microbiológicos iniciales

En la **Tabla 5** se muestra los parámetros de estudio, equipos de medición y la metodología empleada, en base a lo establecido por la AOAC (1990). Teniendo los distintos parámetros evaluados (APHA-AWWAWEF, 2017).

Tabla 4. Parámetro físico y microbiológico de estudio.

Parámetros	Unidad	Equipo	Método
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	---	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWAWEF. Método 9221E. 23th Ed. 2017
Coliformes totales	NMP/100 mL	---	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWAWEF. Método 9221B. 23th Ed. 2017
Enumeración de microorganismos mesófilos viables	NMP/100 mL	---	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWAWEF. Método 9215A. 23th Ed. 2017
Enumeración de fungi	NMP/100 mL	---	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWAWEF. Método 9610B. 23th Ed. 2017
Turbiedad	UNT	2100P turbidímetro HACH	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWAWEF. Método 2130B. 23th Ed. 2017

Fuente: APHA-AWWAWEF (2017)

Para determinar el NMP de entéricos indicadores de contaminación fecal se empleó el protocolo de trabajo (López, 2019).

- **NMP para Coliformes totales**

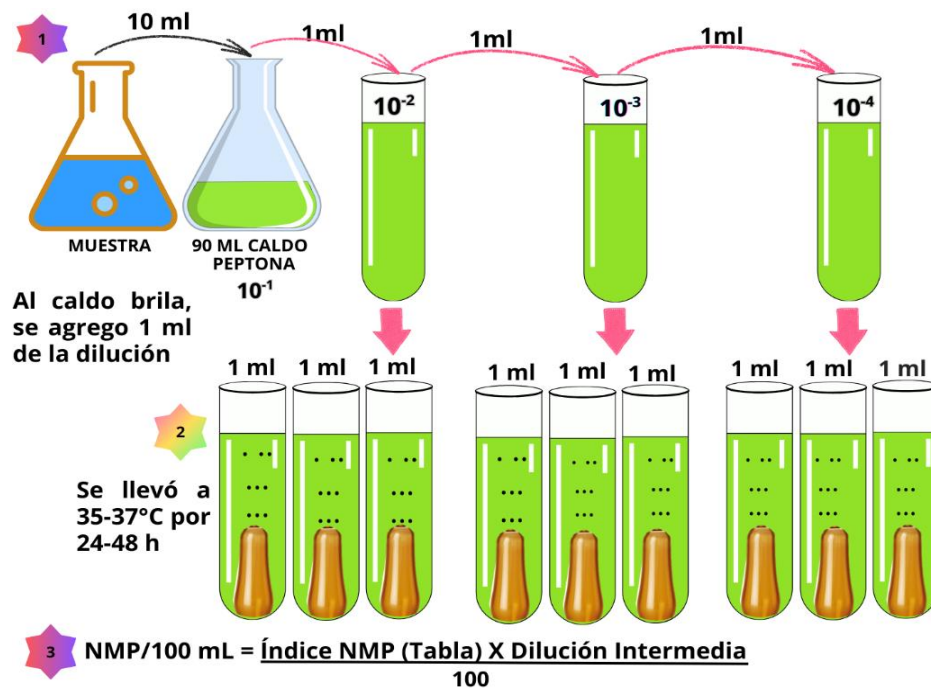


Figura 6. Determinación del NMP de microorganismos coliformes totales.

- **NMP para Coliformes termotolerantes**

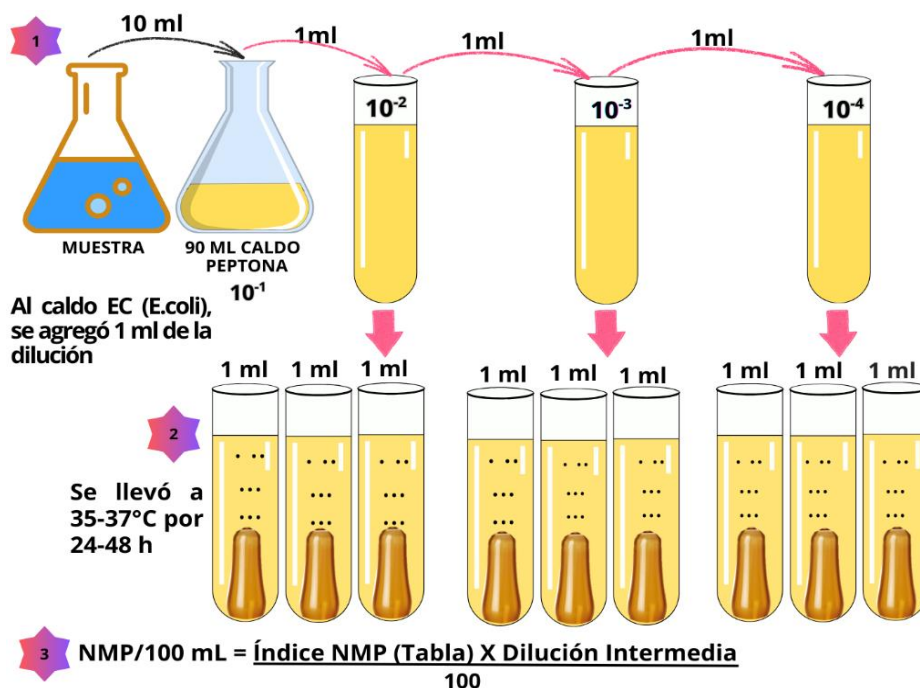


Figura 7. Determinación del NMP microorganismos coliformes termotolerantes.

B. Aplicación del tratamiento

Los tratamientos fueron instalados en el laboratorio de la UNAS. Se utilizó 20 baldes de 8 L, para almacenar el agua que pasó a través de los poros del filtro cerámico. El filtro tiene una operación de flujo tipo Bach.



Figura 8. Aplicación de los tratamientos.

C. Caracterización de los criterios físicos y microbiológicos del agua tratada

Se extrajo 1L de cada tratamiento para el análisis de los criterios.

3.5.2.3. Fase de gabinete

A. Efecto de la composición del filtro de cerámica

Para estimar el efecto del filtro cerámico entre los factores de composición A y B (proporción arcilla/aserrín y plata coloidal), se realizó un análisis factorial.

B. Eficiencia del filtro de cerámica

Se determinó la eficiencia del filtro cerámico, se empleó la siguiente ecuación (Torres et al., 2018):

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

% Remoción : Cantidad porcentual eliminada de cada parámetro evaluado

C_o : Concentración inicial del parámetro evaluado, ppm o Cmol(+)/kg

C_t : Concentración final del parámetro evaluado, ppm o Cmol(+)/kg

3.5.3. Propuesta de dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi

Se realizó un diseño haciendo uso del programa AutoCAD 2024, el software SketchUp 3D para el diseño del levantamiento topográfico del caserío, el software Vray para el modelado del filtro de cerámica en 3D y la animación en Twinmotion, el cual comprendió desde la captación hasta las instalaciones domiciliarias de cada familia del Caserío Antonio Raymondi las Vegas, teniendo como referencia las propuestas planteadas tanto en su diseño, operación y mantenimiento Lantagne (2001), señala que el diseño del filtro de cerámica debe tener un caudal de filtración entre 1,6 y 2,2 L/h, como también un mantenimiento adecuado, para la remoción de la turbiedad, de igual manera, se empleó lo propuesto por Bielefeldt et al. (2009) para la eliminación de la turbiedad a niveles inferiores a los estándares de la USEPA y la OMS, asimismo, se empleó lo propuesto por Baffrey (2005) y Coulbert (2005) la cual se fabricó y dimensionó un filtro de cerámica con un diseño que disminuyó los niveles de coliformes totales, termotolerantes, fungi y enumeración de microorganismos viables (NMV), generando un agua de mejor calidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de las características de operación del filtro de cerámica

En la **Tabla 5**, se puede apreciar las características de fabricación del filtro de cerámica, se realizó el proceso de mezclado para cada estructura del filtro cerámico. Factor A (82,50 % Arc. Roja -17,50 % aserrín, 80 % Arc. Roja- 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Roja - 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Roja - 25 % aserrín, 72,50 % Arc. Roja - 27,50 % aserrín, 82,50 % Arc. Marrón - 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Marrón -20 % aserrín, 77,50 % Arc. Marrón +22,50 % aserrín, 75 % Arc. Marrón+25 % aserrín y 72,50 % Arc. Marrón - 27,50 % aserrín) y Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), las cual se muestra a continuación:

Tabla 5. Características de fabricación.

Características de fabricación	Valores
Tiempo de cocción	12 h
Temperatura de cocción	880 °C
Tiempo de enfriado dentro del horno	24 h
Saturación en agua al filtro	3 h
Cantidad de lavado del filtro	4 veces

El proceso de la fabricación del filtro de cerámica, tanto para la arcilla roja y marrón con sus diferentes proporciones de aserrín, tomó para cada filtro de cerámica, un tiempo de fabricación de 22 días. Estos valores son similares a lo reportado por Apaza y Cisneros (2022) quienes elaboraron los filtros con un flujo de filtración de 1,02 – 1,63 L/h, un tiempo de cocción de 8 h, a una temperatura de cocción de 900 °C, un tiempo de enfriamiento de 5 días y posterior lavado el filtro de cerámico, esto fue debido para que el filtro de cerámica tuviera una eficiencia de remoción de 90,42 a 99,4 % para coliformes totales a una composición de 50 - 90 % de arcilla, 10 - 50 % de aserrín y a 20 mg/L de la plata coloidal que fue elaborado en el distrito de Comas - Lima. Esto es análogo a lo reportado por Cristóbal y Laura (2021) quienes elaboraron un filtro con un caudal de salida de 0,012 – 0,082 L/h, un tiempo de cocción de 8 h, a una temperatura de cocción de 900 - 1 100 °C y un tiempo de enfriamiento de 7 días con una eficiencia de remoción de 30,7 a 85,1 % para la turbidez y 86,3 % para los coliformes totales, esto fue debido para que el filtro de cerámica de una composición de 77-93 % de arcilla y de 7-23 % de aserrín para un filtro cilíndrico a una temperatura ambiente, usando la arcilla roja como materia prima.

Asimismo, es parecido a lo reportado por Gómez (2019) quien elaboró un filtro cerámico con un flujo de salida (filtración) de 0,8 - 1,2 L/h, un tiempo de cocción de 45 h, a una temperatura de cocción de 850-940 °C, un tiempo de enfriamiento de 20 días y con una eficiencia de remoción de 92,38 % para la turbidez, 90,55 % para los coliformes totales y de 94,76 % para los coliformes termotolerantes, esto fue debido para que el filtro de cerámica de una composición de 50 % de arcilla y de 50 % de aserrín con 0, 100, 150, 200 y 220 mg/L de plata coloidal, cuyas dimensiones fueron un diámetro superior de 30 cm, 20 cm de diámetro inferior y 25 cm de altura, con volumen de capacidad de 8 L.

El costo de fabricación fue de 8,7 pesos, donde el lugar de fabricación fue en el distrito de Ráquira – Colombia. Finalmente, es similar a lo reportado por Rausell (2017) quien elaboró un filtro de cerámica con una tasa de filtración de 0,5-0,75 L/h, un tiempo de cocción de 400 min, a una temperatura de cocción de 800 hasta 1 050 °C y con una eficiencia de remoción de 4,35-14,49 % para los coliformes totales, esto fue debido para que el filtro de cerámica tuviera dimensión de un diámetro superior de 33 cm, diámetro inferior de 28 cm y una altura de 23-29 cm, un espesor de 1-3 cm, cuyo volumen de capacidad fue de 8 L, a una composición de 80-95 % de arcilla, 5-20 % de aserrín y a 32 mg/L de la plata coloidal. Asimismo, esto podría atribuir a lo señalado por Lantagne (2001) quien señala que existe una vinculación directamente proporcional entre el aserrín añadido a la arcilla y el diámetro de los poros. De igual manera, Mahlangu et al., (2012) señalan que si el filtro de cerámica tiene poros de 0,1-10 µm con una tasa de filtración menor a los 0,5 L/h, no podría abastecer de agua a un hogar.

Las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se observa la composición y los costos de insumo para la fabricación de los filtros:

Tabla 6. Costo de insumo del filtro de cerámica (82,5 % arcilla +17,5 % aserrín).

Composición del filtro cerámica	Costo de fabricación (S/.)	
	Con plata coloidal	Sin plata coloidal
Aserrín (508 g)	S/ 0,50	S/ 0,50
Arcilla (2 392 g)	S/ 1,90	S/ 1,90
Ag coloidal (134 mL a 100 mg/L)	S/ 20,20	S/ 0,00
Agua (1,3 L)	S/ 0,40	S/ 0,40
Total	S/ 23,00	S/ 2,80

Tabla 7. Costo de insumo del filtro de cerámica (80 % arcilla +20 % aserrín).

Composición del filtro cerámica	Costo de fabricación (S/.)	
	Con plata coloidal	Sin plata coloidal
Aserrín (580 g)	S/ 0,60	S/ 0,60
Arcilla (2 320 g)	S/ 1,90	S/ 1,90
Ag coloidal (134 mL a 100mg/L)	S/ 20,20	S/ 0,00
Agua (1,3 L)	S/ 0,50	S/ 0,50
Total	S/ 23,20	S/ 3,00

Tabla 8. Costo de insumo del filtro de cerámica (77,5 % arcilla +22,5 % aserrín).

Composición del filtro cerámica	Costo de fabricación (S/.)	
	Con plata coloidal	Sin plata coloidal
Aserrín (653 g)	S/ 0,70	S/ 0,70
Arcilla (2 247 g)	S/ 1,80	S/ 1,80
Ag coloidal (134 mL a 100 mg/L)	S/ 20,20	S/ 0,00
Agua (1,4 L)	S/ 0,50	S/ 0,50
Total	S/ 23,20	S/ 3,00

Tabla 9. Costo de insumo del filtro de cerámica (75 % arcilla +25 % aserrín).

Composición del filtro cerámica	Costo de fabricación (S/.)	
	Con plata coloidal	Sin plata coloidal
Aserrín (725 g)	S/ 0,70	S/ 0,70
Arcilla (2 175 g)	S/ 1,80	S/ 1,80
Ag coloidal (134 mL a 100 mg/L)	S/ 20,20	S/ 0,00
Agua (1,58 L)	S/ 0,60	S/ 0,60
Total	S/ 23,30	S/ 3,10

Tabla 10. Costo de insumo del filtro de cerámica (72,5 % arcilla + 27,5 % de aserrín).

Composición del filtro cerámica	Costo de fabricación (S/.)	
	Con plata coloidal	Sin plata coloidal
Aserrín (798 g)	S/ 0,70	S/ 0,70
Arcilla (2 102 g)	S/ 1,80	S/ 1,80
Ag coloidal (134 mL a 100 mg/L)	S/ 20,20	S/ 0,00
Agua (1,75 L)	S/ 0,60	S/ 0,60
Total	S/ 23,30	S/ 3,10

La composición y los costos de producción de cada filtro de cerámica tuvieron diferentes costos de producción que van de 23 a 23,30 soles para los filtros de cerámica que tengan plata coloidal, mientras que su costo de producción para los filtros de cerámica que no tienen plata coloidal va de 2,80 a 3,10 soles. Estos valores son similares a lo reportado por Cochachin (2018) a quien le costó un promedio 35 soles producir un filtro de cerámica para una composición de 66,70-91,67 % de arcilla con 8,33-33,30 % de aserrín y de 10-30 mg/L de la plata coloidal, dado a su diseño para una tasa de filtración de 0,8-1 L/h, con un porcentaje de remoción de 96,43-100 % para los coliformes totales, 42,72 % para la turbidez y 96,06-100 % para los coliformes termotolerantes cuyas aguas y fabricación proviene del caserío de Tishco-Huaraz. Sin embargo, estos valores son diferentes a lo encontrado por Gómez (2019) a quien le costó un promedio de 8,7 pesos colombianos producir un filtro de cerámica para una composición de 50-60 % de arcilla, 40-50 % de aserrín y 0, 100, 150, 200 y 220 mg/L de Ag coloidal con una eficiencia de remoción de 92,38 % para la turbidez, 90,55 % para los coliformes totales y 94,76 % para los coliformes termotolerantes, esto fue debido a que su diseño tuvo una tasa de filtración de 0,8-1,2 L/h, un tiempo de cocción de 45 h, a una temperatura de cocción de 850 a 940° C, cuyo diseño tuvo un diámetro superior de 30 cm, 20 cm de diámetro inferior, 25 cm de altura y un volumen de capacidad de 8 L. Asimismo, esto podría atribuirse a lo señalado por CAWST (2011) quien sugiere tener un caudal de salida de 0,1-1 L/h, una eficiencia de remoción a escala laboratorio de 99 % y escala de campo 99,95 %, un costo de producción de 15-30 \$, sin costos de operación y mantenimiento de 4,5 dólares. Asimismo, en las Tabla 11, 12, 13, 14 y 15, se muestra las características de operación del filtro.

Tabla 11. Características generales del filtro cerámica (82.5% arcilla +17,5 % aserrín).

Características generales del filtro	Valores
Diámetro superior	24,5 cm
Diámetro inferior	16 cm
Altura del filtro	15,5 cm
Altura del agua	13,5 cm
Espesor	2 cm
Anillo o borde del filtro	1 cm largo x 1 cm alto
Volumen del filtro	3 L
Producción de agua (tasa de filtración)	0,75 L/h (CP) y 0,74 L/h (SP)
Tiempo de filtración	4 h (CP) y 4 h 4 min (SP)

Nota: CP, con plata coloidal; SP, sin plata coloidal.

Tabla 12. Características generales del filtro cerámica (80 % arcilla +20 % aserrín).

Características generales del filtro	Valores
Diámetro superior	24,5 cm
Diámetro inferior	16 cm
Altura del filtro	15,5 cm
Altura del agua	13,5 cm
Espesor	2 cm
Anillo del filtro	1 cm largo x 1 cm alto
Volumen del filtro	3 L
Producción de agua (tasa de filtración)	0,78 L/h (CP) y 0,83 L/h (SP)
Tiempo de filtración	3 h 50 min (CP) y 3 h 36 min (SP)

Nota: CP, con plata coloidal; SP, sin plata coloidal.

Tabla 13. Características generales del filtro cerámica (77,5 % arcilla +22,5 % aserrín).

Características generales del filtro	Valores
Diámetro superior	24,5 cm
Diámetro inferior	16 cm
Altura del filtro	15,5 cm
Altura del agua	13,5 cm
Espesor	2 cm
Anillo del filtro	1 cm largo x 1 cm alto
Volumen del filtro	3 L
Producción de agua (tasa de filtración)	0,90 L/h (CP) y 1,12 L/h (SP)
Tiempo de filtración	3 h 20 min (CP) y 2 h 40 min (SP)

Nota: CP, con plata coloidal; SP, sin plata coloidal.

Tabla 14. Características generales del filtro cerámica (75 % arcilla +25 % aserrín).

Características generales del filtro de cerámica	Valores
Diámetro superior	24,5 cm
Diámetro inferior	16 cm
Altura del filtro	15,5 cm
Altura del agua	13,5 cm
Espesor	2 cm
Anillo del filtro	1 cm largo x 1 cm alto
Volumen del filtro	3 L
Producción de agua (tasa de filtración)	1,13 L/h (CP) y 1,27 L/h (SP)
Tiempo de filtración	2 h 39 min (CP) y 2 h 22 min (SP)

Nota: CP, con plata coloidal; SP, sin plata coloidal.

Tabla 15. Características generales del filtro cerámica (72,5 % arcilla + 27,5% aserrín).

Características generales del filtro	Valores
Diámetro superior	24,5 cm
Diámetro inferior	16 cm
Altura del filtro	15,5 cm
Altura del agua	13,5 cm
Espesor	2 cm
Anillo del filtro	1 cm largo x 1 cm alto
Volumen del filtro	3 L
Producción de agua (tasa de filtración)	1,91 L/h (CP) y 3,75 L/h (SP)
Tiempo de filtración	1 h 34 min (CP) y 48 min (SP)

Nota: CP, con plata coloidal; SP, sin plata coloidal.

Las características de dimensionamiento y sus atributos de la composición de nuestros filtros de cerámica tuvieron un diámetro superior de 24,5 cm, diámetro inferior de 16 cm, 15,5 cm de altura del filtro, 13,5 cm de altura del agua, espesor de 2 cm, el anillo o borde del filtro de 1 cm largo x 1 cm alto, un volumen de 3 L, una tasa de filtración de 0,74 L/h a un tiempo de filtración de 1 h 34 min (CP) y 60 min (SP). Estos valores a pesar de no coincidir con lo reportado por Apaza y Cisneros (2022) quienes diseñaron un filtro de cerámica de dimensiones mayores para un volumen de 8 L y con una tasa de filtración de 1,02-1,63 L/h, son similares en lo que respecta a eficiencia de remoción, ya que ellos informan un 90,42-99,54 % para el coliformes totales y en el presente trabajo se obtuvo un 100 % de eficiencia para coliformes totales, a pesar también de la diferencia en la cantidad de los componentes estructurales, arcilla (50-90 %) aserrín (10-50 %) y plata coloidal 20 mg/L. También, es similar en la tasa de filtración (0,74 L/h), en temperatura de cocción (880 °C) e incluso en eficiencia de remoción (100 % de coliformes) a lo reportado por Gómez (2019) quien diseñó un filtro de cerámica con diámetro superior de 30 cm, diámetro inferior de 20 cm, altura del filtro de 25 cm y un volumen del filtro de 8 L, con una tasa de filtración de 0,8-1,2 L/h, con una temperatura de cocción de 850 a 940 °C, con una eficiencia de remoción de 92,38 %, y difiere en su costo promedio de 8 pesos y en su composición de 50-60 % de arcilla, 40-50 % de aserrín y 0, 100, 150, 200 y 220 mg/L de plata coloidal. Además, nuestro trabajo tuvo resultados similares a lo encontrado por Rausell (2017) quien diseñó un filtro de cerámica de diámetro superior de 33 cm, diámetro inferior de 28 cm, altura del filtro de 23-29 cm, un espesor de 1-3 cm y un volumen del filtro de 8 L, en lo que respecta a la tasa de filtración de 0,5-0,75 L/h, a la temperatura de

cocción de 800-1 050°C, diferenciándose en su una composición (80-95 % de arcilla, 5-20 % de aserrín y a 32 mg/L de la plata coloidal).

Nuestro reporte es muy diferente a lo encontrado por Cristóbal y Laura (2021) quienes diseñaron un filtro de cerámica de diámetro superior de 4 cm, diámetro inferior de 4 cm, altura del filtro de 4 cm, esto fue debido a que el equipo de filtración elaborado tuvo un flujo de salida de 0,012-0,082 L/h, un tiempo de cocción de 8 h, a una temperatura de cocción de 900-1 100 °C, cuya composición fue 77-93 % de arcilla y de 7-23 % de aserrín sin plata coloidal, principalmente por el tamaño de filtro y la eficiencia de remoción de 86,3 % para los coliformes totales, el cual podría mejorar con la adición de la plata coloidal. Asimismo, difiere con lo señalado por Arteaga (2018) respecto a las dimensiones del filtro para un volumen de 8L, más no en la eficiencia de remoción del 80,43-99,80 % para coliformes termotolerantes 95,65-99,98 % para coliformes totales y 44,77 % reducción de la turbidez, coincidiendo con nuestro hallazgo.

4.2. Efecto de la composición del filtro cerámica en la eficiencia de remoción de la turbiedad y carga microbiológica

En la **Tabla 16**, se observa el análisis factorial para la enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV) del factor proporción de arcilla/aserrín y cantidad de la plata coloidal, donde se conoció el efecto de la composición del filtro en remoción de microorganismos mesófilos viables.

Tabla 16. Análisis factorial del efecto del filtro cerámica en la enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV).

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Factor A	50 102,15	9	5 566,91	52,13	<0,0001
Factor B	3 390,02	1	3 390,02	31,75	<0,0001
Factor A*Factor B	3 277,48	9	364,16	3,41	0,0034
Error	4 271,33	40	106,78		
Total	61 040,98	59			

Nota: F.V., fuente de variación; SC, suma cuadrado; GL, grado de libertad; CM, cuadrado medio; F, F calculado; p-valor, significancia bilateral; Factor A (82,50 % Arc. Roja + 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Roja + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Roja + 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Roja + 25 % aserrín, 72,50 % Arc. Roja + 27,50 % aserrín, 82,50 % Arc. Marrón + 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Marrón + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Marrón + 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Marrón + 25 % aserrín y 72,50 % Arc. Marrón + 27,50 % aserrín) y Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

En la **Tabla 17**, se muestra la prueba de Tukey para el criterio de enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV), donde se conoció que tratamiento tiene el mejor efecto en la eliminación de carga microbiana del agua potable del caserío Antonio Raymondi–Las Vegas.

Tabla 17. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la enumeración de microorganismos viables (NMV).

Tratamientos	Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	Significancia								
T ₁	82,5 % Arc. Roja +17,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	42,67	3	5,97	A								
T ₆	82,5 % Arc.Marrón+17,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	44,67	3	5,97	A								
TC ₆	82,5 % Arc.Marrón+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	45,33	3	5,97	A								
T ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	52,33	3	5,97	A	B							
TC ₁	82,5 % Arc. Roja+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	54,33	3	5,97	A	B	C						
TC ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	56	3	5,97	A	B	C						
T ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	64,33	3	5,97	A	B	C	D					
TC ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	72,33	3	5,97	A	B	C	D	E				
T ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	72,67	3	5,97	A	B	C	D	E				
T ₈	77,5 % Arc.Marrón+22,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	72,67	3	5,97	A	B	C	D	E				
T ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	80,33	3	5,97		B	C	D	E	F			
TC ₈	77,5 % Arc.Marrón+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	83,67	3	5,97		B	C	D	E	F			
TC ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	85,67	3	5,97			C	D	E	F			
T ₁₀	72,5 % Arc.Marrón+27,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	85,67	3	5,97			C	D	E	F			
TC ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	90	3	5,97				D	E	F			
T ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	100,67	3	5,97					E	F	G		
TC ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	106	3	5,97						F	G		
T ₅	72,5 % Arc. Roja+27,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	122	3	5,97							G		
TC ₁₀	72,5 % Arc. Marrón+27,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	131	3	5,97							G		
TC ₅	72,5 % Arc. Roja+27,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	164	3	5,97							H		

Nota: Factor A (proporción de arcilla/ aserrín), Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), n, número de repeticiones, E.E., error experimental.

En la **Tabla 16** del análisis de varianza factorial, se observa el cumplimiento de la condición, siendo $p\text{-valor } (0,0034) < \alpha (0,05)$, llegando a la conclusión que hay una discrepancia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de la enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV), asimismo, en la **Tabla 17** el análisis de Tukey, se observa diferencia significativa entre los tratamientos empleados, encontrándose que el mejor tratamiento fue la composición del T₁ (82,50 % Arc. Roja+17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), siendo el más eficiente en la remoción del criterio enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV) del agua potable del Caserío Antonio Raymondi.

Asimismo, en la **Tabla 18**, se indica el análisis factorial para la enumeración de fungi del factor proporción de arcilla/ aserrín y cantidad de plata coloidal, donde se conoció el efecto de la composición del filtro de cerámica en la eliminación de carga microbiana del agua potable del caserío Antonio Raymondi - Las Vegas.

Tabla 18. Análisis factorial del efecto del filtro cerámica en el criterio enumeración de fungi.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Factor A	422,33	9	46,93	87,99	<0,0001
Factor B	11,27	1	11,27	21,13	<0,0001
Factor A*Factor B	53,07	9	5,9	11,06	<0,0001
Error	21,33	40	0,53		
Total	508	59			

Nota:

F.V., fuente de variación; SC, suma cuadrado; GL, grado de libertad; CM, cuadrado medio; F, F calculado; p-valor, significancia bilateral; Factor A (82,50 % Arc. Roja + 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Roja + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Roja + 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Roja + 25 % aserrín, 72,50 % Arc. Roja + 27,50 % aserrín, 82,50 % Arc. Marrón + 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Marrón + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Marrón + 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Marrón + 25 % aserrín y 72,50 % Arc. Marrón + 27,50 % aserrín) y Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

En la **Tabla 19**, se señala los resultados del Tukey para el criterio enumeración de fungi, donde se conoció que tratamiento tiene el mejor efecto en la remoción de la carga microbiológica en el agua potable del caserío Antonio Raymondi - Las Vegas.

Tabla 19. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la enumeración de los fungi.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	Significancia			
T ₁	82,5 % Arc. Roja+17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,67	3	0,42	A			
T ₆	82,5 % Arc. Marrón+17,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,67	3	0,42	A			
TC ₁	82,5 % Arc. Roja+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	1	3	0,42	A			
TC ₆	82,5 % Arc. Marrón+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	1	3	0,42	A			
T ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,33	3	0,42	A			
TC ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,33	3	0,42	A			
T ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,33	3	0,42	A			
TC ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,67	3	0,42	A			
T ₈	77,5 % Arc. Marrón+22,5% aserrín	300 mL plata coloidal	2	3	0,42	A	B		
T ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	4	3	0,42		B	C	
TC ₈	77,5 % Arc. Marrón+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	4,33	3	0,42			C	D
TC ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	4,67	3	0,42			C	D
T ₅	72,5 % Arc. Roja+27,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	5,33	3	0,42			C	D
T ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	5,67	3	0,42			C	D
TC ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	6	3	0,42			C	D
T ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	6	3	0,42			C	D
TC ₁₀	72,5 % Arc. Marrón+27,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	6,33	3	0,42				D E G
TC ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	8,33	3	0,42				E F G
T ₁₀	72,5 % Arc. Marrón+27,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	8,67	3	0,42				F G
TC ₅	72,5 % Arc. Roja+27,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	9,67	3	0,42				F G

Nota: Factor A (tipo y proporción de arcilla/ aserrín), Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), n, número de repeticiones, E.E., error experimental.

En la **Tabla 18** se observa que siendo $p\text{-valor} (< 0,0001) < \alpha (0,05)$, se llega a la conclusión que hay una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de la numeración de fungi, asimismo, en la **Tabla 19** se indica que el mejor tratamiento fue la composición del T₁ (82,50 % Arc. Roja+17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), siendo el más eficiente en la remoción del criterio de enumeración del fungi del agua potable del Caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.

En la **Tabla 20**, se presenta el análisis factorial para la determinación de la turbiedad del factor proporción arcilla/aserrín y cantidad de plata coloidal, donde se conoció el efecto de la composición del filtro de cerámica en la eliminación de carga microbiana del agua potable del caserío Antonio Raymondi–Las Vegas.

Tabla 20. Análisis factorial del efecto del filtro de cerámica en la turbiedad.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Factor A	9,11	9	1,01	95,59	<0,0001
Factor B	0,36	1	0,36	33,83	<0,0001
Factor A*Factor B	1,47	9	0,16	15,39	<0,0001
Error	0,42	40	0,01		
Total	11,35	59			

Nota:

F.V., fuente de variación; SC, suma cuadrado; GL, grado de libertad; CM, cuadrado medio; F, F calculado; p-valor, significancia bilateral. Factor A (82,50 % Arc. Roja + 17,50 % aserrín, 80 % Arc. Roja + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Roja + 22,50 % aserrín, 75 % Arc. Roja + 25 % aserrín, 72,50 % Arc. Roja + 27,50 % aserrín, 82,50 % Arc. Marrón +17,50 % aserrín, 80 % Arc. Marrón + 20 % aserrín, 77,50 % Arc. Marrón+22,50 % aserrín, 75 % Arc. Marrón + 25 % aserrín y 72,50 % Arc. Marrón + 27,50 % aserrín) y Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

En la **Tabla 21**, se presenta la prueba de Tukey del parámetro la turbiedad, donde se conoció que tratamiento tiene el mejor efecto en la remoción de la turbiedad del agua potable del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.

En la **Tabla 20** se observa que siendo $p\text{-valor} (< 0,0001) < \alpha (0,05)$, se llega a la conclusión que hay una diferencia significativa entre los tratamientos empleados en la remoción de la turbiedad, asimismo, en la **Tabla 21** se indica que el mejor tratamiento fue la composición del T₁ (82,50 % Arc. Roja+17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), siendo el más eficiente en la remoción de la turbiedad del agua potable del Caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.

Tabla 21. Prueba de Tukey del efecto del filtro de cerámica en la turbiedad.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Medias	n	E.E.	Significancia			
T ₁	82,5 % Arc. Roja+17,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,67	3	0,06	A			
T ₆	82,5 % Arc. Marrón+17,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,72	3	0,06	A	B		
TC ₆	82,5 % Arc. Marrón+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,73	3	0,06	A	B		
T ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,74	3	0,06	A	B	C	
TC ₁	82,5 % Arc. Roja+17,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,75	3	0,06	A	B	C	
TC ₇	80 % Arc. Marrón+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,75	3	0,06	A	B	C	
TC ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,75	3	0,06	A	B	C	
TC ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,8	3	0,06	A	B	C	D
T ₂	80 % Arc. Roja+20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,86	3	0,06	A	B	C	D
T ₃	77,5 % Arc. Roja+22,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,88	3	0,06	A	B	C	D
TC ₈	77,5 % Arc. Marrón+22,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,88	3	0,06	A	B	C	D
T ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,02	3	0,06		B	C	D E
TC ₁₀	72,5 % Arc. Marrón+27,5 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,06	3	0,06			C	D E
T ₈	77,5 % Arc. Marrón+22,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,08	3	0,06				D E
TC ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,09	3	0,06				D E
T ₉	75 % Arc. Marrón+25 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,27	3	0,06				E
TC ₄	75 % Arc. Roja+25 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,3	3	0,06				E
TC ₅	72,5 % Arc. Roja+27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,76	3	0,06				F
T ₁₀	72,5 % Arc. Marrón+27,5 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,99	3	0,06				F G
T ₅	72,5 % Arc. Roja+27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	2,17	3	0,06				G

Nota: Factor A (proporción de arcilla/ aserrín), Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), n, número de repeticiones, E.E., error experimental.

En la **Tabla 22** señala la cantidad porcentual de remoción del criterio coliformes totales, luego de la operación del filtro de cerámica. Los tratamientos empleados en su mayoría remueven la totalidad de coliformes excepto el T₁₀ y el TC₁₀.

Tabla 22. Estimación de la remoción de los coliformes totales.

Tratamientos experimentales	Porcentaje de los coliformes totales (UFC/mL)		
	Inicial	Final	% remoción
T ₁	30	0	100
TC ₁	30	0	100
T ₂	30	0	100
TC ₂	30	0	100
T ₃	30	0	100
TC ₃	30	0	100
T ₄	30	0	100
TC ₄	30	0	100
T ₅	30	0	100
TC ₅	30	0	100
T ₆	30	0	100
TC ₆	30	0	100
T ₇	30	0	100
TC ₇	30	0	100
T ₈	30	0	100
TC ₈	30	0	100
T ₉	30	0	100
TC ₉	30	0	100
T ₁₀	30	30	0
TC ₁₀	30	30	0

Nota: T₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y TC₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal).

Asimismo, en la **Tabla 23** se indica porcentualmente la eliminación de los coliformes termotolerantes en los tratamientos empleados, encontrado menor remoción en el TC₅ y el TC₁₀ ya que los demás tratamientos son eficientes en la eliminación de coliformes termotolerantes.

Tabla 23. Estimación de la eliminación de los coliformes termotolerantes.

Tratamientos Experimentales	Porcentaje de los coliformes termotolerantes (UFC/mL)		
	Inicial	Final	% remoción
T ₁	70	0	100
TC ₁	70	0	100
T ₂	70	0	100
TC ₂	70	0	100
T ₃	70	0	100
TC ₃	70	0	100
T ₄	70	0	100
TC ₄	70	0	100
T ₅	70	0	100
TC ₅	70	30	57,14
T ₆	70	0	100
TC ₆	70	0	100
T ₇	70	0	100
TC ₇	70	0	100
T ₈	70	0	100
TC ₈	70	0	100
T ₉	70	0	100
TC ₉	70	0	100
T ₁₀	70	0	100
TC ₁₀	70	30	57,14

Nota: T₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y TC₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal).

Asimismo, en la **Tabla 24** se señala porcentualmente la eliminación de microorganismos mesófilos aerobios viables (NMAV) en los tratamientos empleados, luego de la operación del filtro de cerámica, encontrado que el T₁ es el que mejor remueve la NMV.

Tabla 24. Estimación de la remoción del criterio enumeración de microorganismos mesófilos viables.

Tratamientos experimentales	Porcentaje de remoción de la enumeración de microorganismos viables (UFC/mL)		
	Inicial	Final	% remoción
T ₁	253	43	83,14
TC ₁	253	54	78,52
T ₂	253	52	79,31
TC ₂	253	56	77,87
T ₃	253	73	71,28
TC ₃	253	86	66,14
T ₄	253	101	60,21
TC ₄	253	106	58,10
T ₅	253	122	51,78
TC ₅	253	164	35,18
T ₆	253	45	82,35
TC ₆	253	45	82,08
T ₇	253	64	74,57
TC ₇	253	72	71,41
T ₈	253	73	71,28
TC ₈	253	84	66,93
T ₉	253	80	68,25
TC ₉	253	90	64,43
T ₁₀	253	86	66,14
TC ₁₀	253	131	48,22

Nota: T₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y TC₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal).

Asimismo, en la **Tabla 25** se observa el porcentaje de remoción del criterio enumeración de fungi, encontrado que los tratamientos T₁ y T₆ son los mejores en la remoción del criterio fungi.

Tabla 25. Evaluación de la remoción del criterio enumeración de fungi

Tratamientos experimentales	Porcentaje de remoción de la numeración de fungi (UFC/mL)		
	Inicial	Final	% remoción
T ₁	24	1	97,22
TC ₁	30	1	95,83
T ₂	30	1	94,44
TC ₂	30	2	93,06
T ₃	30	4	83,33
TC ₃	30	6	75,00
T ₄	30	6	75,00
TC ₄	30	5	80,56
T ₅	30	5	77,78
TC ₅	30	10	59,72
T ₆	30	1	97,22
TC ₆	30	1	95,83
T ₇	30	1	94,44
TC ₇	30	1	94,44
T ₈	30	2	91,67
TC ₈	30	4	81,94
T ₉	30	6	76,39
TC ₉	30	8	65,28
T ₁₀	30	9	63,89
TC ₁₀	30	6	73,61

Nota: T₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y TC₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal).

Asimismo, en la **Tabla 26** se indica porcentualmente la eliminación de turbiedad en los tratamientos empleados, encontrado que los tratamientos T₁ y T₆, son los que mejor remueven el 81,13 y 79,62 % respectivamente.

Tabla 26. Evaluación de la remoción del parámetro turbiedad.

Tratamientos experimentales	Porcentaje de remoción de turbiedad (NTU)		
	Inicial	Final	% remoción
T ₁	3,54	0,67	81,13
TC ₁	3,54	0,75	78,95
T ₂	3,54	0,86	75,81
TC ₂	3,54	0,80	77,34
T ₃	3,54	0,88	75,25
TC ₃	3,54	0,75	78,86
T ₄	3,54	1,02	71,07
TC ₄	3,54	1,30	63,27
T ₅	3,54	2,17	38,79
TC ₅	3,54	1,76	50,19
T ₆	3,54	0,721	79,62
TC ₆	3,54	0,725	79,51
T ₇	3,54	0,743	79,00
TC ₇	3,54	0,748	78,88
T ₈	3,54	1,083	69,40
TC ₈	3,54	0,884	75,03
T ₉	3,54	1,273	64,03
TC ₉	3,54	1,087	69,28
T ₁₀	3,54	1,993	43,69
TC ₁₀	3,54	1,057	70,15

Nota: T₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₁ (82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₂ (80 % Arc. Roja-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₃ (77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₄ (75 % Arc. Roja-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₅ (72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₆ (82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₇ (80 % Arc. Marrón-20 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₈ (77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L), TC₉ (75 % Arc. Marrón-25 % aserrín + 0 mL plata coloidal), T₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y TC₁₀ (72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín + 0 mL plata coloidal).

Asimismo, en la **Tabla 27** se observa la prueba de t - Student de los parámetros físico-microbiológicos en los tratamientos empleados, cuyo p-valor < α (0,05), donde se aprueba la H_a y se rechaza la H₀, evidenciándose en concordancia con la Tabla 22, 23, 24, 25 y 26, se contrasta la hipótesis planteada donde el filtro cerámico tuvo una eficiencia mayor al 80 % en la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica.

Tabla 27. Prueba de T de Student para muestras emparejadas para los parámetros físico-microbiológicos.

Parámetros físico-microbiológicos	r	MPT	MPOT	t	GL	p-valor
Enumeración de microorganismos viables (NMV)	0,0398	253	81,32	40,729	59	$6,758 \times 10^{-45}$
Fungi	0	24	4	46,041	59	$6,073 \times 10^{-48}$
Coliformes totales	0	30	3	23,0434	59	$3,442 \times 10^{-31}$
Coliformes termotolerantes	0	70	3	57,182	59	$2,245 \times 10^{-53}$
Turbiedad	-0,0417	3,54	1,06	43,635	59	$1,318 \times 10^{-46}$

Nota: r. Coeficiente de correlación de Pearson; MPT: Media pretratamiento; MPOT: Media postratamiento; GL, grado de libertad; t, estadístico de t de student; p-valor, probabilidad de significancia

Asimismo, se reportan los tratamientos que fueron eficientes en la remoción del filtro de cerámico para los coliformes totales fueron casi todos excepto el T₁₀ y el TC₁₀, mientras que para los coliformes termotolerantes fueron casi todos excepto el TC₅ y el TC₁₀, de igual manera, para la enumeración de microorganismos viables (NMV) el mejor tratamiento fue el 82,50 % Arc. Roja - 17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L, que remueve el 83,14 % (NMV), asimismo, para la enumeración de fungi el mejor tratamiento fue el T₁ (82,50 % Arc, Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y el T₆ (82,50 % Arc. Marrón -17,50 % aserrín + 300 mL de plata coloidal a 80 mg/L) que remueven el 97,22 % de los hongos, finalmente, para la presencia de turbiedad los mejores tratamientos fueron el T₁ (82,50 % Arc, Roja-17,50 % aserrín + 300 mL plata coloidal a 80 mg/L) y el T₆ (82,50 % Arc. Marrón -17,50 % aserrín + 300 mL de plata coloidal a 80 mg/L) que remueven el 81,13 y 79,62 % respectivamente de la turbiedad. Estos valores son similares a lo reportado por Porras y Lumba (2022) quienes encontraron una eficiencia de remoción del 99,16 % para los coliformes totales, 98,30 % para los coliformes termotolerantes y 79,50 % de la turbiedad, esto fue debido a la elaboración de filtros de cerámico domestico de arcilla roja con una saturación de la plata coloidal de 20 mg/L que fue fabricado en el distrito de Lurigancho-Chosica, Perú. De igual manera, tuvo valores similares a lo reportado por Rojas-Torres et al. (2022) quienes encontraron una eficiencia de remoción de 89,82 – 99,82 % para los coliformes totales y 96-100% para los coliformes termotolerantes y 55,59 % de la turbiedad, esto fue debido a que los filtros de cerámica (olla de cerámica y vela de cerámica) tuvo 46 días de tiempo de operación dividiéndose en filtros con mantenimiento y sin mantenimiento, cuyo volumen fue de 7,5 L, además incrustado con plata coloidal. Finalmente, se encontró valores similares a lo reportado por Mwabi et al. (2011) quienes encontraron una eficiencia de remoción de 98 % para los

coliformes termotolerantes y 98-99 % para las enterobacterias, esto fue debido a que tuvo un volumen de 25 L y una altura de 41 cm, con una porosidad de 5-7 mm, un grosor de 2,5 cm en forma de cubo y una tasa de filtración de 10 L/h, removiendo en especial los *E. coli*, *Vidrio spp*, *Salmonella spp* y la *Shiguella spp*. que fue elaborado en un taller de la Universidad Tecnológica de Tshwane- Sudáfrica. Asimismo, esto podría atribuirse a lo señalado por Nagarajan y Jaiprakashnarain (2009) quienes señalan la eficacia de la remoción se debe al recubrimiento de la plata coloidal y a la buena cocción de los filtros ya que actúan como un buen desinfectante. Finalmente, Warren (2005) señaló que la Ag coloidal es un destructor de gérmenes siendo muy popular a nivel internacional de amplio espectro que inactiva las enzimas de todas las células bacterianas, hongos y virus que éstas usan para su metabolismo del oxígeno.

4.3. Propuesta de dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi

En la **Tabla 28** y la **Figura 9**, se propone el dimensionamiento del filtro de cerámico a nivel vivienda del caserío Antonio Raymondi, adaptando el nuevo volumen del filtro a iguales dimensiones de un volumen de cilindro de similar capacidad.

Tabla 28. Propuesta de las dimensiones del filtro de cerámica.

Dimensiones filtro de cerámica	Valores
Diámetro superior (cm)	26
Diámetro inferior (cm)	22,5
Altura del filtro (cm)	29
Altura del agua (cm)	27
Espesor (cm)	1,7
Capacidad total (L)	10

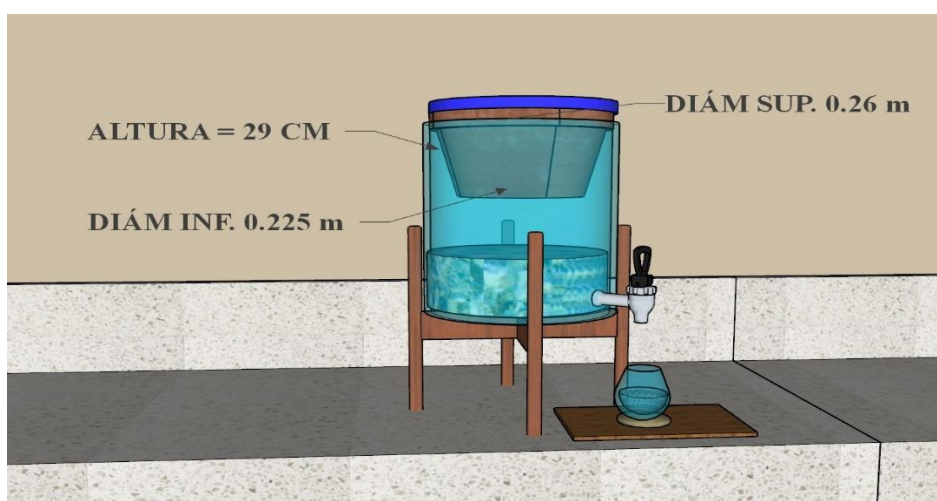


Figura 9. Esquema de las dimensiones del filtro cerámico.

Asimismo, en Anexo N°3, se propone las características de las dimensiones del filtro de cerámica a nivel de vivienda, teniendo como propuesta de fabricación del filtro de cerámica a nivel vivienda de diámetro superior de 26 cm, diámetro inferior de 22,5 cm, altura del filtro de 29 cm, espesor de 1,7 cm, un volumen del filtro de 10 L y 1,5 cm largo x 1.5 cm alto del anillo o borde del filtro. Estos valores son similares a la investigación de Apaza y Cisneros (2022) quienes diseñaron un filtro de cerámica de diámetro superior de 30 cm, diámetro inferior de 20 cm, altura del filtro de 25 cm, espesor de 2 cm, un volumen del filtro de 8 L y 1,5 cm largo x 1,5 cm alto del anillo del filtro, esto fue debido a que el filtro cerámico tuvo un caudal de salida de 1,02 – 1,63 L/h, con una eficiencia de remoción de 90,42 hasta 99,54 % para el coliformes totales a una composición de 50 - 90 % de arcilla, 10 - 50 % de aserrín y a 20 mg/L de la plata coloidal. Asimismo, guarda similitud a lo reportado por Gómez (2019) quien diseñó un filtro de cerámica de diámetro superior de 30 cm, diámetro inferior de 20 cm, altura del filtro de 25 cm y un volumen del filtro de 8 L, con una tasa de filtración de 0,8 - 1,2 L/h. Asimismo, esto podría atribuirse a lo señalado por Ibarra (2016) quien sugiere que el diseño y fabricación del filtro de cerámica debe ser superior a la eficiencia de remoción del 97 % para coliformes termotolerantes, bajo condiciones de operabilidad sea fácil de manipular.

V. CONCLUSIONES

1. Se fabricó el filtro de cerámica tipo batch con un tiempo de retención de 60-244 min y una tasa de filtración de 0,74-3 L/h.
2. Los tratamientos que manifestaron mayor eficiencia de remoción de los coliformes totales, termotolerantes, microorganismos viables totales, turbiedad y fungi fueron el T₁ y el T₆.
3. Se realizó el dimensionamiento del filtro cerámico a nivel vivienda para una familia compuesta de cuatro habitantes para el caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se recomienda fabricar los filtros de cerámico a temperaturas mayores de 800-1 000 °C para mejorar la calidad de la porosidad y el efecto de remoción de la carga microbológica.
2. Se sugiere la elaboración del filtro cerámico con la plata coloidal por su bajo costo de producción y mantenimiento en los domicilios del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas, a diferencia de los filtros comerciales.
3. Se recomienda la fabricación y aplicación de filtros de cerámico constituidos por el T₁ en los domicilios del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.
4. Se recomienda la utilización de filtros cerámicos con plata coloidal con un volumen de 10 L en los domicilios del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.

VII. REFERENCIAS

- Akósil, S. I., Ajibade, F. O., Lasisi, K. H., Ajibade, T. F., Adewumi, J.R., Babatola, J.O., Oguuntuasa, A. M. (2018). Performance evaluation of locally produced ceramic filters for household water treatment in Nigeria. *Scientific African*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00218>
- American Public Health Association - American Water Works Association - Water Environment Federation (APHA-AWWAWEF). (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association.
- American Public Health Association - American Water Works Association - Water Environment Federation (APHA-AWWAWEF). (2017). Standard methods for the examination of water & wastewater. APHA, AWWA, WEF. https://srjcstaff.santarosa.edu/~oraola/Assets/APHA_SM_20.pdf
- Apaza, D. y Cisneros, J. (2022). *Determinación de la composición idónea para la fabricación de filtros eficientes en la reducción de coliformes totales* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/72600f40-b44f-41e7-8b73-db26dec19d6b>
- Arcila, C. C., Correa, G. y Arango, Á. (2024). Remoción de turbiedad en el proceso de potabilización del agua utilizando Moringa oleífera y Opuntia ficus-indica. *Producción + Limpia*, 19(1), 41-52. <https://doi.org/10.22507/pml.v19n1a4>
- Arias, J. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica*. Enfoques Consulting. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Arias-Gonzales-3/publication/350072286_TECNICAS_E_INSTRUMENTOS_DE_INVESTIGACION_CIENTIIFICA/links/604f8431458515e8344a4467/TECNICAS-E-INSTRUMENTOS-DE-INVESTIGACION-CIENTIIFICA.pdf
- Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., Vasquez, M. (2022). *Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>
- Arteaga, N. (2018). *Evaluación de la Eficiencia del Filtro de Cerámica Incrustado con Plata Coloidal en el Tratamiento de Agua para Consumo Humano en Carhuapoma, San Rafael, Bellavista - 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/11458/3071>

- Association of Official Analytical Chemist - AOAC (1990). *Official Methods of Analysis*. 15 ed. Association of Official Analytical Chemist.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2016). R.J. N° 010-2016-ANA - *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf
- Baffrey, R.M.N. (2005). *Development of program implementation, evaluation, and selection tools for household water treatment and safe storage systems in developing countries*. [Tesis de Maestría, University of the Philippines]. Repositorio Institucional. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/28942>
- Barreto-Torrella, S., Pérez-Marín, R. y Recio-Rodríguez, Y. (2020). Calidad del agua y tasa de filtración obtenidos con el filtro doméstico de arcilla “tradiFILTRO”. *Tecnología Química*, 40(3), 564-579. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000300564&lng=es&tlng=es.
- Becerra-Perenguez, D. Y., Acosta-Astaiza, C. P. y Leyton-Luna, J. (2023). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de fortalecimiento comunitario. *Entramado*, 20(1), 1-16. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.10054>
- Bielefeldt, A. R., Kowalski, K. y Summers, R. S. (2009). Bacterial Treatment Effectiveness of Point-Of-Use Ceramic Water Filters. *Water Research*, 43(14), 3559-3565. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.04.047>
- Bravo, R. y Dávila, S. (2018). *Evaluación microbiológica de los filtros de agua de cerámica negra en una comunidad del noroccidente de Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad De Las Américas]. Repositorio institucional. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10637>
- Carbotecnia. (1 de octubre de 2021). *Bacterias coliformes en el agua potable*. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>
- Center for Affordable Water and Sanitation Technology – CAWST. (2011). *Household Water Treatment and Safe Storage Factsheet: Source Protection*. CAWST. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_household_water_treatment_safe_storage_factsheets_compilation_2011.pdf
- Cochachin, J. (2018). *Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medidas por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el río Casca del distrito de Independencia-Huaraz-Ancash* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional

- Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2451>
- Coulbert, B. (2005). *An evaluation of household drinking water treatment systems in Peru : the table filter and the safe water system*. [Tesis de Maestría, Massachusetts Institute of Technology]. Repositorio Institucional. <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/28928/60524490-MIT.pdf?sequence=2>
- Cristóbal, A. y Laura, E. (2021). *Efecto de la composición y la temperatura de cocción en la tasa de filtración de un filtro cerámico para el tratamiento de agua de consumo humano* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6865>
- De van Halem, H. van der Laan, A. I. Soppe y S. G. J. Heijman. (2017). High flow ceramic pot filters, *Water Research*, 124, 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.045>
- Cely-Illera, L. (2016). Materia prima para la industria cerámica de Norte de Santander. I. Caracterización mineralógica, química y física. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad de Antioquia*, 80, 31–37. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n80a04>
- Di Prado, V. S., Bonomo, M., Conconi, S., Castro, C., Genazzini, C. y Silva, C. (2022). Lo que ganamos con el fuego. Estudio arqueométrico de las temperaturas de cocción en alfarería prehispánica del Delta Superior del río Paraná (Argentina). *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 17(3). <https://doi.org/10.1590/2178-2547-BGOELDI-2021-0075>
- Díaz, L. y Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459-470. <https://digital.csic.es/handle/10261/4676>
- Dos Santos, M. y Dalzoto, P. (2024). Impacto da micologia forense nos últimos 30 anos. *Revista Criminalística e Medicina Legal*, 9(1), 11-17. DOI:10.51147/rcml083.2024
- Flowen. (6 de agosto de 2020). *Turbidez en el agua*. <https://flowen.com.pe/turbidez-en-el-agua/>
- Gallego, A, Bravo, J.C., García, A, y Paniagua, G. (2018). *Criterios de calidad y gestión del agua potable*. Editorial UNED
- Garzón, M. G., Lara, A., Cufiño, C., Ortiz, D. y Jimenez, A. (2023). Validación de un método de aislamiento para *Legionella pneumophila* por medio de membrana de filtración. *Hechos Microbiológicos*, 14(1), 12-19. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.hm.v14n1a02>

- Godínez-Oviedo, A. (2017). Prevalencia y causas de enfermedades gastrointestinales en niños del estado de Hidalgo, México. *Salud Pública de México*, 59(2), 118-119. <https://doi.org/10.21149/8064>
- Gómez, A. (2019). *Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC) en el Acueducto rural Ojo de Agua, municipio de Socha*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20829>
- Grando, M. (2022). La Gestión del recurso hídrico frente a una posible crisis hídrica. *Revista académica de derecho ambiental y ecológico*, 1(1). <https://doi.org/10.56212/rae.v1i1.12>
- Gupta, S., Satankar, R.K., Kaurwar, A., Aravind, U., Sharif, M. y Plappally, A. (2018). Household production of ceramic water filters in western Rajasthan. *India Int. J. Serv. Learn. Eng. Humanitar. Eng. Soc. Entrepren*, 13(1). <https://doi.org/10.24908/ijsle.v13i1.11150>.
- Hernández, R. (2011). *Instrumentos de recolección de datos en ciencias sociales y ciencias biomédicas*. Createspace Independent Pub. https://www.academia.edu/37886946/Instrumentos_de_recoleccion_de_datos_en_ciencias_sociales_y_ciencias_biomedicas_Rafael_Hernandez_Nieto_pdf
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Ibarra, E. (2016). *Análisis de Filtros Caseros como Técnica de Potabilización del Agua en el Sector Rural Colombiano* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/6228>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2017a). *Acceso a Servicios Básicos de las viviendas particulares*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap05.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2017b). *Evolución de la pobreza monetaria/2007/2017./INEI./* https://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/pobreza2016.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2019). *Abastecimiento de agua*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1863/cap02.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

- Jackson, K y Smith, J. (2018). A New Method for the Deposition of Metallic Silver on Porous Ceramic Water Filters. *Journal of Nanotechnology*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2018/2573015>
- Lantagne, D. S. (2001). *Investigación del filtro de barro impregnado con plata*. Alethia Ambiental. <http://www.recintodesign.com/filtroekofil.com/estudios/Daniele%20S.%20Lantagne%20USAID%202001.pdf>
- Lara, A. M. (2000). *Diseños Factoriales con tres factores. Diseño estadísticos de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: Tratamiento informático mediante SPSS*. Editorial Proyecto Sur de Ediciones.
- Lerma, D. A. (2012). *Filtros cerámicos una alternativa de agua segura* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/items/94895bc1-5160-4aef-a97b-616e6a201f15>
- López, C. (2019). *Protocolos de Practicas de Laboratorio*. Universidad Nacional Agraria de la Selva
- Lyon-Marion, B., Mittelman, A., Rayner, J., Lantagne, D. y Pennell, K. (2018). Impact of chlorination on silver elution from ceramic water filters. *Water Research*, 142, 471-479. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.008>
- Lumba, N., Orihuela, S., Porras, L. y Cruz, L. (2019). Desinfección del agua para consumo humano mediante el uso de filtro de arcilla y plata coloidal en sector urbano de Lurigancho-Chosica. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(2), 65-7. DOI:10.17162/rictd.v5i2.887
- Mahlangu, O., Mamba, B. y Momba, M. (2012). Efficiency of Silver Impregnated Porous Pot (SIPP) Filters for Production of Clean Potable Water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(9), 3014-3029. <https://doi.org/10.3390/ijerph9093014>
- Mwabi, J., Adeyemo, F., Mahlangu, T., Mamba, B., Brouckaert, B., Swartz, C., Offringa, G., Mpenyana-Monyatsi, L. y Momba, M. (2011). Household water treatment systems: A solution to the production of safe drinking water by the low-income communities of Southern África. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36, 1120–1128. doi:10.1016/j.pce.2011.07.078.
- Medina, A. y Jaramillo, J. (2019). Recuperación energética y análisis térmico del proceso de cocción en la industria cerámica. *Revista UIS Ingenierías*, 18(1), 81-97. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019007>

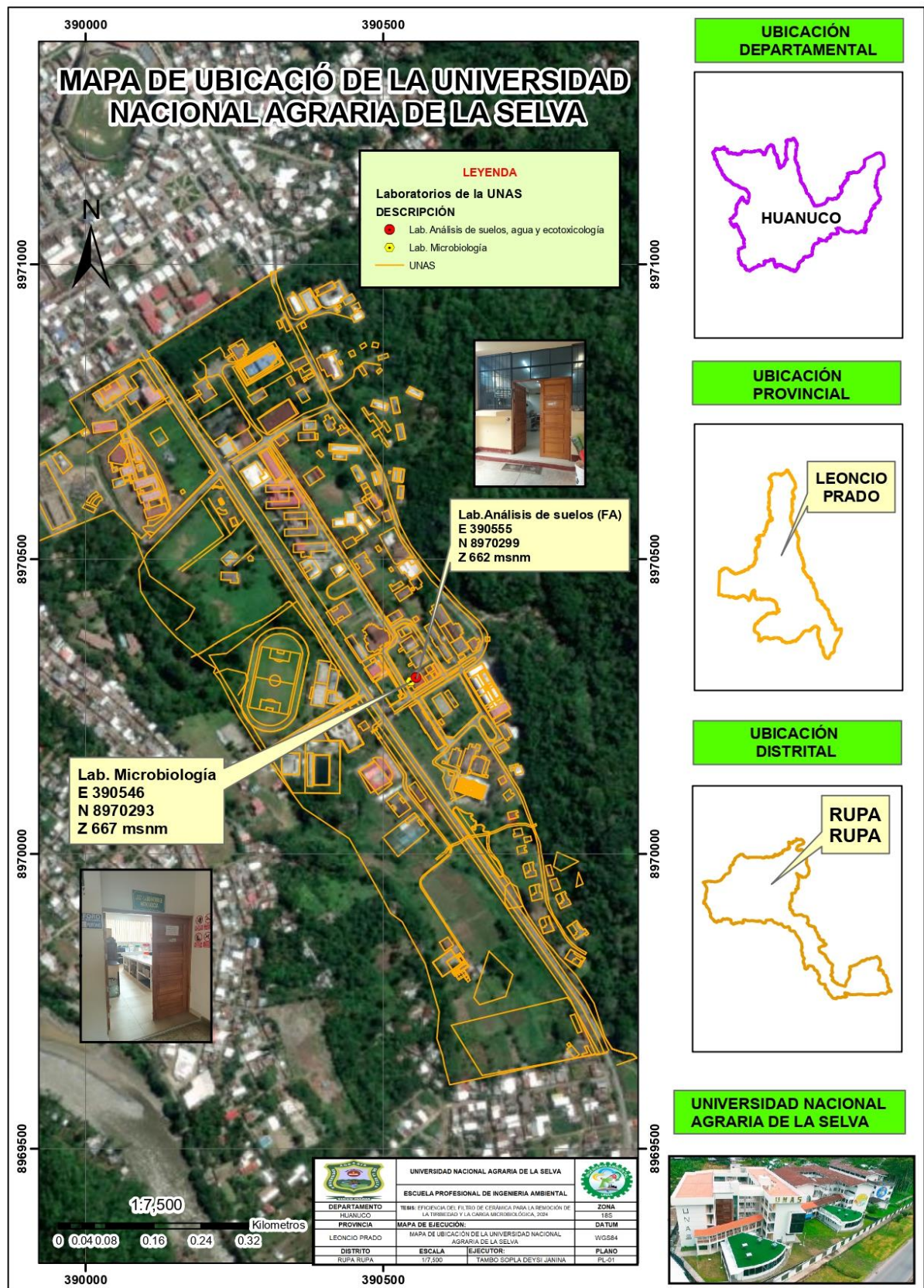
- Melo, O., López, L. y Melo, S. (2020). Diseño de experimentos: Métodos y Aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79912>.
- Mero, J. R., Barcia, K. R. y Lavayen, E. (2024). Caracterización del agua en el proceso de filtrado en la planta potabilizadora de agua para consumo humano. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 12(1), 113-137. <https://doi.org/10.56124/refcale.v12i1.008>
- Ministerio de Salud del Perú - MINSA. (2016). *Las Enfermedades Diarreicas Agudas en el Perú*. MINSA. <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2016/02.pdf>
- Mora-Alvarado, D. (2024). Evolución de las guías microbiológicas de la OMS para evaluar la calidad del agua de consumo humano. Periodos 1984-1994-2004-2011 y 2024. *Revista Tecnología en marcha*, 37(8), 110-120. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i8.7174>
- Moyota, C. (2018). *Estudio comparativo de eficacia versus efectividad microbiológica de los filtros de agua de cerámica negra* [Tesis de pregrado, Universidad De Las Américas]. Repositorio institucional. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10638>
- Nagarajan, B. y Jaiprakashnarain, G.B. (2009). Design and application of nano silver based POU appliances for disinfection of drinking water. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(8), 5-8. DOI: 10.17485/ijst/2009/v2i8.4
- Onésime, A. V. y Martin Pépin, M. (2022). Ceramic Water Filter as a Household Water Treatment System. *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, 1-11. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70061-8_189-1
- Oré, L., Evangelista, E., Loarte, W., Falcón, I., Oré, J. y Fernández, A. (2023). Caracterización de lixiviados de residuos sólidos generados en las celdas transitoria de Santa Rosa de Shapajilla – Leoncio Prado – Huánuco. *Qantu Yachay*, 3(1), 149-154. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v3i1.52>
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2016). *Results of Round I of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583409/>
- Pérez-Vidal, A., Rivera-Sanchez, S., Florez-Elvira, L., Silva-Leal, J., Diaz-Gomez, J. Herrera-Cuero, L. y Lopez, L. (2019). Removal of E. coli and Salmonella in pot ceramic filters operating at different filtration rates, *Water Research*, 159, 358-364. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.028>
- Porras, L. y Lumba, N. (2022). *Eficiencia de filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano* [Tesis de pregrado,

- Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional. <http://200.121.226.32:8080/handle/20.500.12840/5440>
- Quezada, C. y Garvizu, V. (2019). Evaluación de un tratamiento en el punto de uso para la remoción de contaminación microbiológica presente en el agua para consumo humano de la comunidad de Tarvita – Chuquisaca. *ScientiAmericana*, 7(2), 75-81. <https://revista.cientifica.uamericana.edu.py/index.php/scientiamericana/article/view/401>
- Rausell, A. (2017). *Desarrollo de filtros cerámicos para la potabilización de agua* [Tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio institucional. <https://zaguan.unizar.es/record/69897/files/TAZ-TFG-2017-4506.pdf>
- Rebelato, M. G., Rodrigues, A. M. y Scarpin, N. E. (2025). Proposta de um indicador para avaliação de desempenho ambiental de empresas fabricantes de filtros de água cerâmicos. *Revista Produção Online*, 25(1), 1-23. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v25i1.5351>
- Rodríguez, J., Ruiz, M., García, C. y Sánchez, J. (2023). *Variabilidad climática en la gestión integral del recurso hídrico*. Editorial Colección Tierra y Vida
- Rojas-Torres, L. Y., Cifuentes-Osorio, G. R., Jiménez-Daza, X. R. y Prado-García, J. D. (2022). Evaluación de la eficiencia de dos modelos de filtración de tratamiento doméstico del agua. *Revista pensamiento y acción*, 32, 20–32. <https://doi.org/10.19053/01201190.n32.2022.13532>
- Santos, J. D., Malagón, P. y Córdoba, E. M. (2011). Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander. *Dyna*, 78(167), 53-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622358006>
- Serradilla, E. (5 julio 2021). *El agua de los manantiales. De dónde viene e importancia de los análisis de agua*. <https://aqmlaboratorios.com/agua-de-manantiales-analisis-de-agua/>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2022). *Datos meteorológicos a nivel nacional*. <https://www.gob.pe/senamhi>
- Sim, W., Barnard, R., Blaskovich, M. y Ziora, M. (2018). Antimicrobial Silver in Medicinal and Consumer Applications: A Patent Review of the Past Decade (2007–2017). *Antibiotics*, 7(4), 1-15. <https://doi.org/10.3390/antibiotics7040093>
- The Ceramics Manufacturing Working Group – CMWG. (22 de julio de 2011). *Best Practice Recommendations for Local Manufacturing of Ceramic Pot Filters for Household Water Treatment*. Centers for disease control and prevention. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/CMWG-2011-Best.pdf>

- Torres, M., López, D. y Windevoxhel, R. (2018). Evaluation of the procedures of heavy metal removal in COD residues. *Revista Ingeniería Universidad de Carabobo*, 25(1), 61-68. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v25n1/art07.pdf>
- Tukey, J. W. (1953). *The Problem of Multiple Comparisons*. Princeton University.
- Warren, J. (2005). *El poder curativo de la plata coloidal*. Obelisco. ISBN: 84-9777-227-X
- Yang, H., Xu, S., Chitwood, D. E. y Wang, Y. (2020). Ceramic water filter for point-of-use water treatment in developing countries: principles, challenges and opportunities, *Front Environ Sci Eng*, 14, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11783-020-1254-9>

ANEXOS

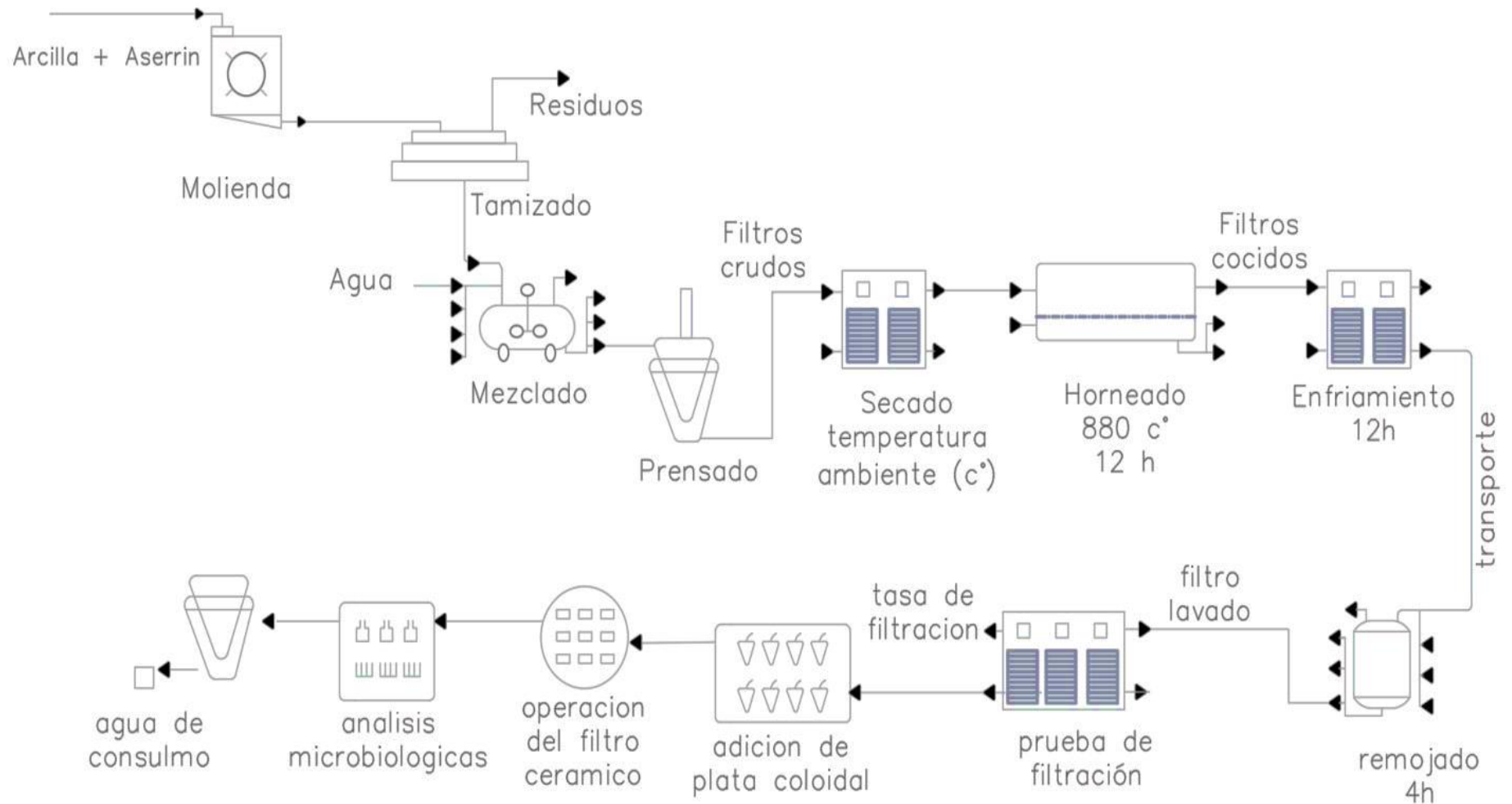
ANEXO 1. Plano de ubicación de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.



ANEXO 2. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, componentes del SAP del caserío



ANEXO 3. Flujograma del diseño de fabricación del filtro de cerámica



ANEXO 4. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Filtro de cerámica	Los filtros de cerámica es un equipo de filtración con microporos a menudo recubierto con plata coloidal para controlar el crecimiento bacteriano, siendo eficaz para la eliminación de los microorganismos, sustancias químicas y solidos suspendido (Gupta et al., 2018).	composición del filtro	proporción de arcilla (%)
				proporción de aserrín (%)
				proporción de plata coloidal (%)
			Operación del filtro	Tasa de filtración (L/h)
				Altura (cm)
				Diámetro superior (cm)
				Diámetro inferior (cm)
VARIABLE DEPENDIENTE	Turbiedad y carga microbiológica	La turbidez es la existencia de partículas pequeñas de materia sólida en suspensión en el agua, relacionada con la falta de transparencia, siendo que; a mayor grado de sólidos en suspensión, menor grado de transparencia del agua (Flowen, 2020). La carga microbiológica se refiere a la cantidad y tipo de microorganismos presentes en el recurso hídrico, incluyendo bacterias, virus, hongos y otros microorganismos que pueden indicar niveles de contaminación (Mora-Alvarado, 2024).	Parámetro físico	Espesor (cm)
				Turbiedad (NTU)
			Parámetros microbiológicos	Coliformes totales (NMP/100mL)
				Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
				Fungi (UFC/100mL)
		Para la elaboración del filtro de cerámica se emplearon diferentes proporciones de arcilla, aserrín y plata coloidal. Las materias primas se mezclaron perfectamente hasta obtener una mezcla elástica y maleable, dicha mezcla fue agregada a una prensa hidráulica, el cual permitió dar forma y dimensión al filtro. Posterior a ello, fueron sometidos a una temperatura de 880 °C para su cocción, acto seguido se dejará enfriar por periodo de 12 horas. Finalmente se impregnó con plata coloidal el interior y exterior del filtro, luego se pasó a medir la tasa de filtración.		enumeración de microorganismos viables (NMP/100mL)
		Para la evaluación de la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica del agua, se estudiaron los valores iniciales, luego éstas fueron sometida a filtración a través de los filtros de cerámica de diferentes composiciones. Posterior a ello se volvió analizar el agua, lo que permitió tener un valor inicial y final de la turbiedad y la carga microbiológica.		

ANEXO 5. Resultados del laboratorio de la turbiedad y la carga microbiológica

Tabla 29. Resultados iniciales de los parámetros de la turbiedad y la carga microbiana.

Parámetro físico-microbiológico	Repeticiones		
	R ₁	R ₂	R ₃
Turbiedad	3,54	3,52	3,56
Coliformes totales	30	30	30
Coliformes termotolerantes	70	70	70
Microorganismos mesófilos viables (NMV)	261	244	254
Fungi	22	26	24

Tabla 30. Resultado final con la aplicación de los tratamientos para la enumeración de microorganismos mesófilos viables (NMV).

Tratamientos		Factor A	Factor B	Repeticiones		
				R ₁	R ₂	R ₃
T ₁		82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	48	40	40
TC ₁		82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	60	52	51
T ₂		80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	64	48	45
TC ₂		80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	58	52	58
T ₃		77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	76	70	72
TC ₃		77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	84	88	85
T ₄		75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	112	96	94
TC ₄		75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	128	92	98
T ₅		72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	156	104	106
TC ₅		72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	164	166	162
T ₆		82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	46	48	40
TC ₆		82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	46	44	46
T ₇		80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	64	64	65
TC ₇		80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	70	72	75
T ₈		77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	72	76	70
TC ₈		77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	80	88	83
T ₉		75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	72	82	87
TC ₉		75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	80	100	90
T ₁₀		72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	88	86	83
TC ₁₀		72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	108	140	145

Nota: Factor A (proporción arcilla/aserrín), Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

Tabla 31. Resultado final con la aplicación de los tratamientos para la enumeración de fungi.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Repeticiones		
			R ₁	R ₂	R ₃
T ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	1	0	1
TC ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	1	1	1
T ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	2	1	1
TC ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	2	2	1
T ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	5	4	3
TC ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	7	5	6
T ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	5	7	6
TC ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	3	6	5
T ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	5	6	5
TC ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	9	10	10
T ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	1	0	1
TC ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	1	1	1
T ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	1	1	2
TC ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	1	2	1
T ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	2	2	2
TC ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	5	4	4
T ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	5	6	6
TC ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	9	8	8
T ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	8	8	10
TC ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	7	6	6

Nota:

Factor A (proporción arcilla/aserrín),

Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

Tabla 32. Resultado final con la aplicación de los tratamientos para la enumeración de los coliformes totales.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Repeticiones		
			R ₁	R ₂	R ₃
T ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	30	30	30
TC ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	30	30	30

Nota:

Factor A (proporción arcilla/aserrín),

Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

Tabla 33. Resultado final con la aplicación de los tratamientos para la numeración de los coliformes termotolerantes.

Tratamientos	Factor A	Factor B	Repeticiones		
			R ₁	R ₂	R ₃
T ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	30	30	30
T ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0	0	0
T ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0	0	0
TC ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	30	30	30

Nota:

Factor A (proporción arcilla/aserrín),

Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

Tabla 34. Resultado final de la aplicación de los tratamientos para la turbiedad.

Trat.	Factor A	Factor B	Repeticiones		
			R ₁	R ₂	R ₃
T ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,509	0,813	0,682
TC ₁	82,50 % Arc. Roja-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,715	0,75	0,771
T ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,859	0,82	0,89
TC ₂	80 % Arc. Roja-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,823	0,803	0,781
T ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,84	0,983	0,805
TC ₃	77,50 % Arc. Roja-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,742	0,744	0,759
T ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,982	1,05	1,04
TC ₄	75 % Arc. Roja-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,951	1,53	1,42
T ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	2,24	2,05	2,21
TC ₅	72,50 % Arc. Roja-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,72	1,83	1,74
T ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,72	0,831	0,613
TC ₆	82,50 % Arc. Marrón-17,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,72	0,731	0,725
T ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	300 mL plata coloidal	0,628	0,857	0,745
TC ₇	80 % Arc. Marrón-20 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,736	0,764	0,743
T ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,04	1,12	1,09
TC ₈	77,50 % Arc. Marrón-22,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,838	0,94	0,874
T ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,3	1,34	1,18
TC ₉	75 % Arc. Marrón-25 % aserrín	0 mL plata coloidal	0,952	1,15	1,16
T ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	300 mL plata coloidal	1,85	2,04	2,09
TC ₁₀	72,50 % Arc. Marrón-27,50 % aserrín	0 mL plata coloidal	1,05	1,09	1,03

Nota:

Factor A (proporción de arcilla/aserrín),

Factor B (0 y 300 mL plata coloidal a 80 mg/L).

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 10. Obtención de la arcilla y secado.



Figura 11. Molienda y tamizado de arcilla.



Figura 12. Adquisición de plata coloidal.



Figura 13. Pesaje y mezclado de arcilla y aserrín.



Figura 14. Mezclando la arcilla y aserrín con el agua – Alfarería Saul.



Figura 15. Prensado del barro (arcilla y aserrín)- alfarería Saul.



Figura 16. Moldeando la superficie del filtro crudo.



Figura 17. Presentación de la unidad filtrante cruda.



Figura 18. Secado de las unidades filtrantes a temperatura ambiente.



Figura 19. Cocción del filtro en un horno industrial por 12 horas.



Figura 20. Control de la temperatura de cocción.



Figura 21. Obtención de la unidad filtrante.



Figura 22. Lavado del filtro cerámico.



Figura 23. Saturación de los filtros de cerámica en un recipiente con agua por 4 horas.



Figura 24. Prueba de filtración de la unidad filtrante.



Figura 25. Adición de tres capas de plata coloidal a los filtros de cerámica.



Figura 26. Recolección de la muestra de agua en la I.E. Antonio Raymondi-Las Vegas.

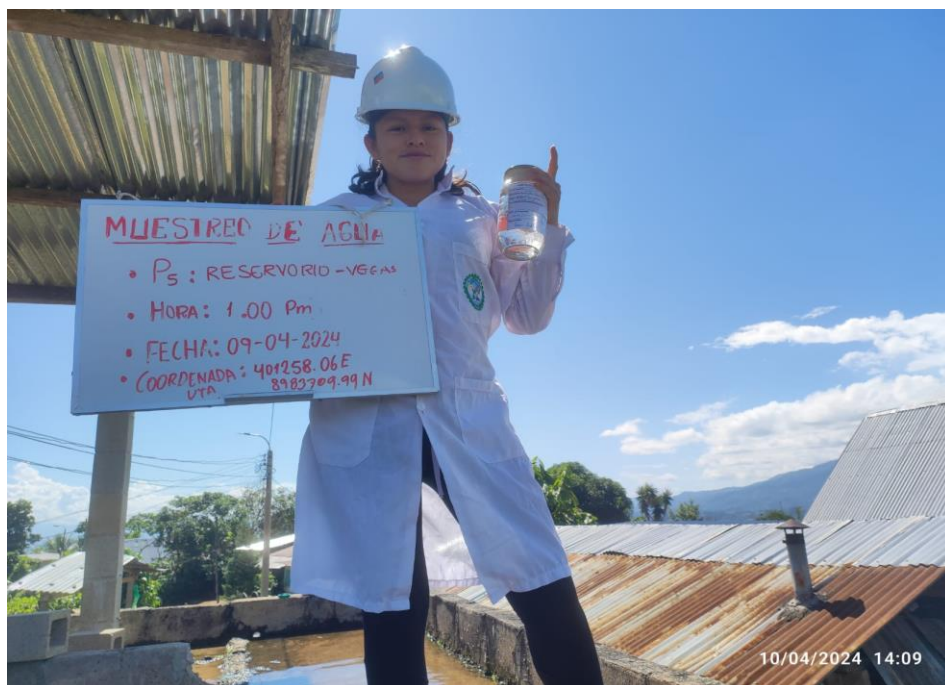


Figura 27. Recolección de la muestra de agua en el reservorio del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.



Figura 28. Recolección de la muestra de agua de una vivienda del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.



Figura 29. Rotulado de la muestra de agua extraída del caserío Antonio Raymondi-Las Vegas.



Figura 30. Preparación y pesado de los medios de cultivo.



Figura 31. Análisis microbiológico del agua inicial.



Figura 32. Esterilizando con luz UV a los filtros cerámicos.



Figura 33. Proceso de filtración.



Figura 34. Operación de los filtros de cerámica con mi asesor.



Figura 35. Visita de miembro de jurado de tesis al laboratorio de microbiología.



Figura 36. Analizando la muestra de agua después del proceso de filtrado.



Figura 37. Incubación de las muestras estudiadas.



Figura 38. Lectura e interpretación de los coliformes totales y termotolerantes.

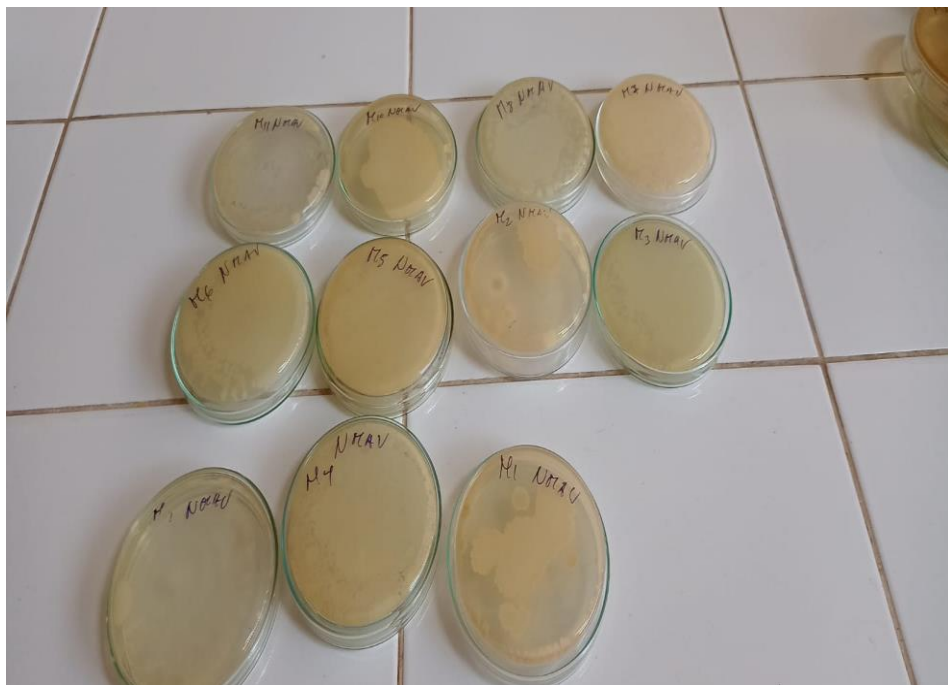


Figura 39. Conteo de microorganismos mesófilos viables (NMV).



Figura 40. Topografía del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.



Figura 41. Simulación de las viviendas del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.



Figura 42. Vivienda del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas con su filtro de cerámica.

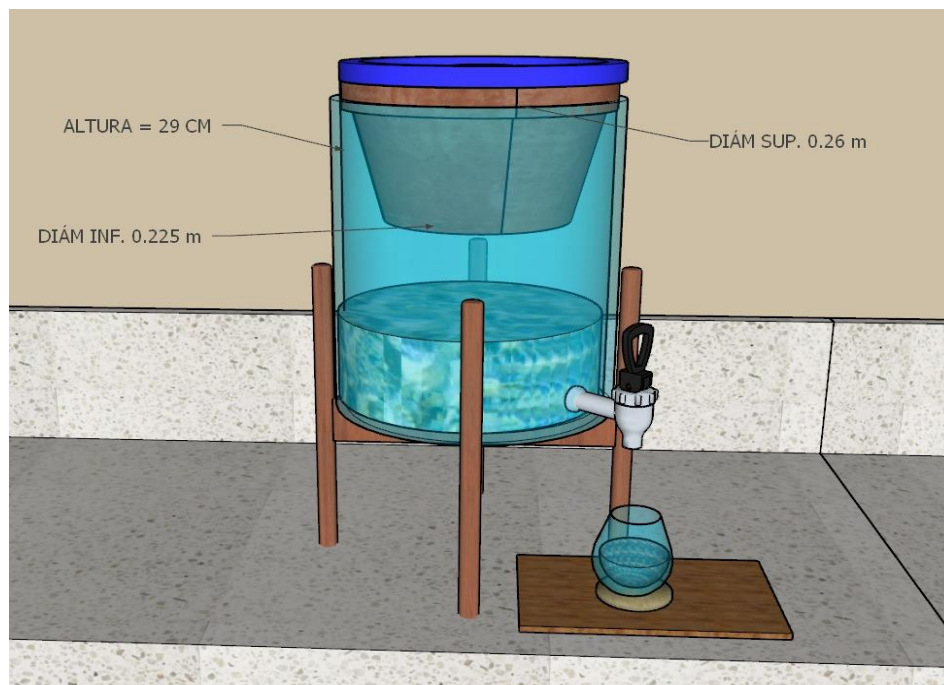
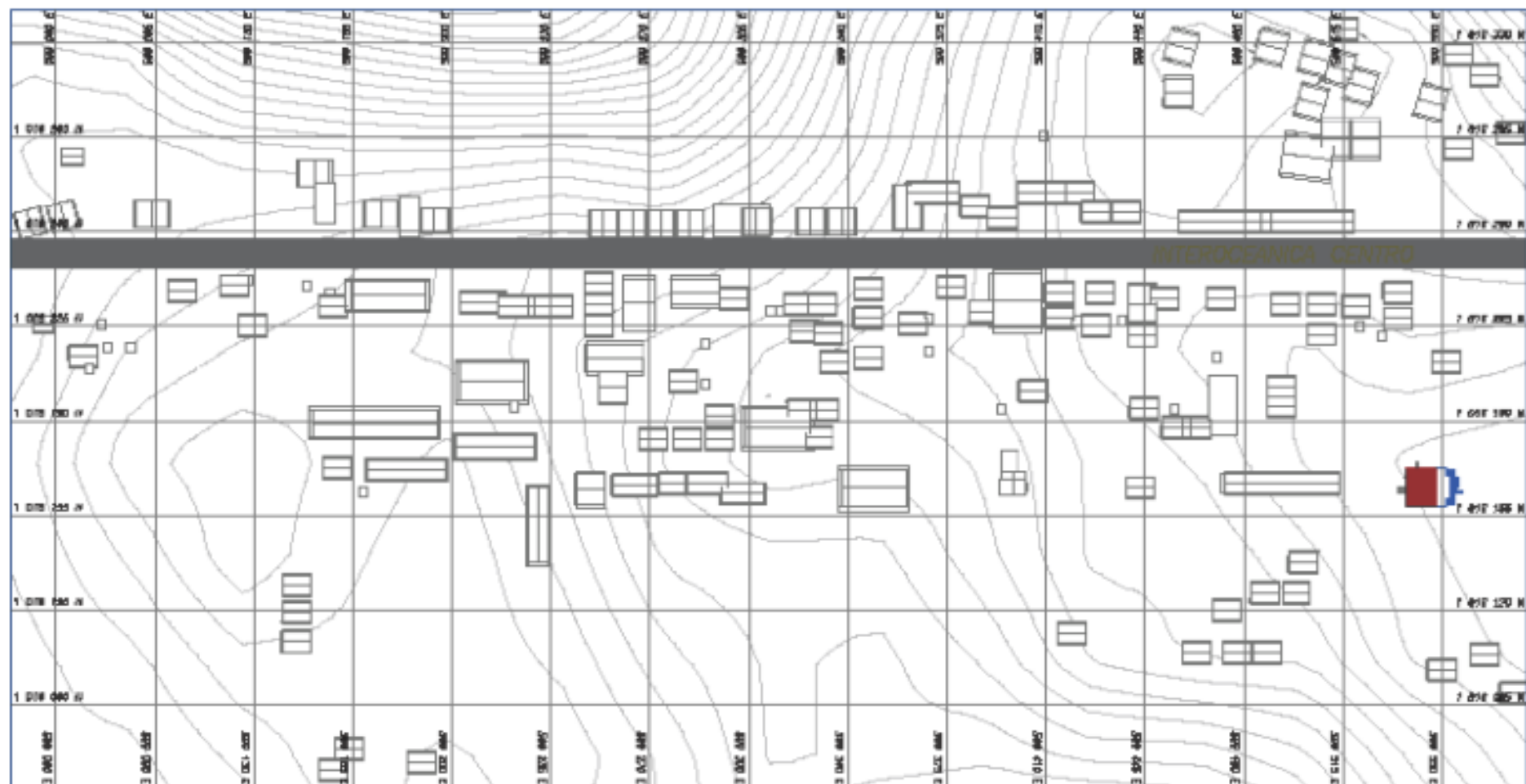


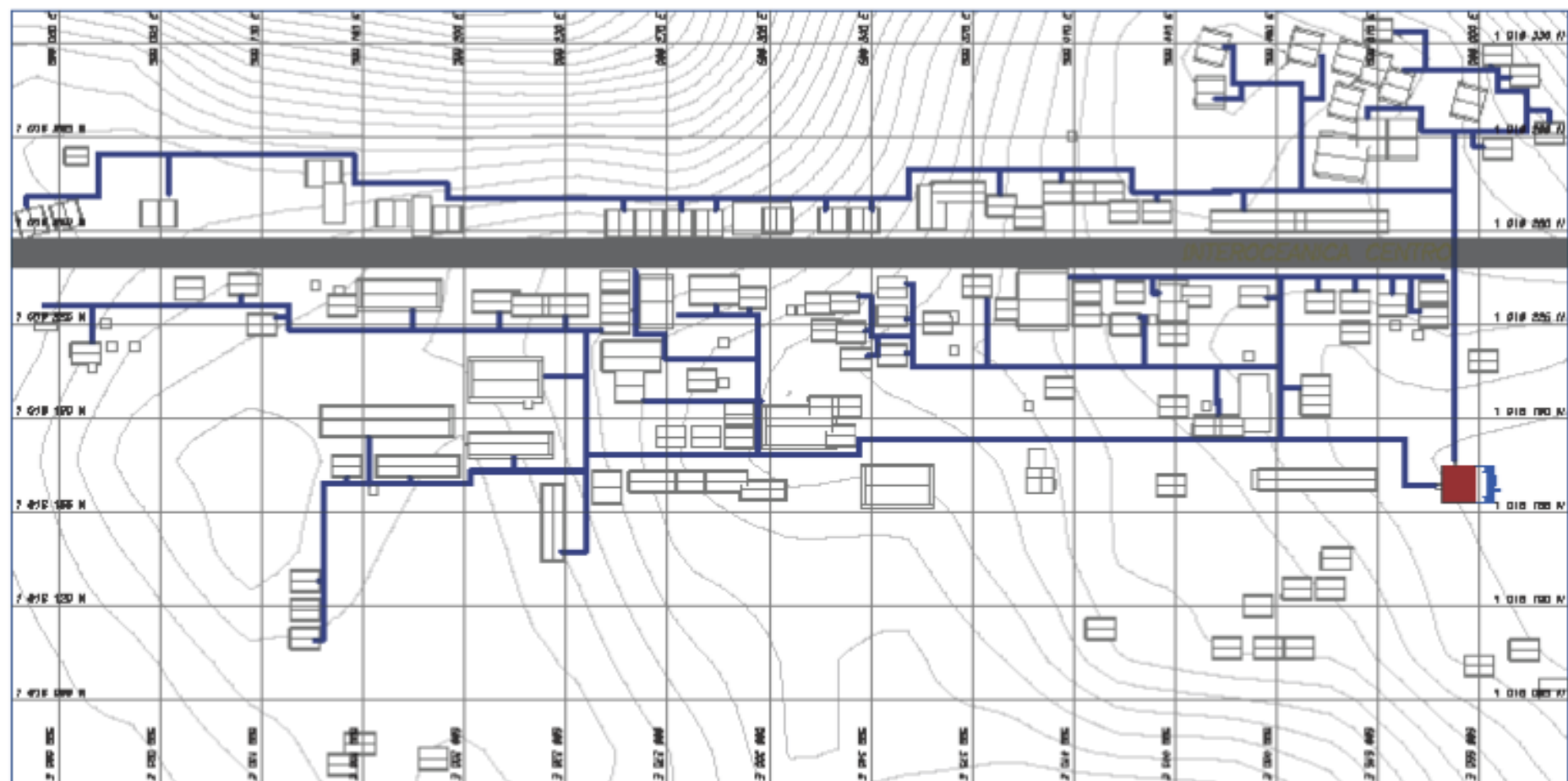
Figura 43. Dimensionamiento del filtro de cerámica a nivel vivienda para el caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.



PLANO GENERAL

CASERÍO LAS ANTONIO – RAYMONDI LAS VEGAS – LEONCIO PRADO – HUANUCO
 ESC: 1//2500

Figura 44. Plano general del caserío Antonio Raymondi – Las Vegas.



PLANO DE REDES – AGUA

CASERÍO LAS ANTONIO – RAYMONDI LAS VEGAS

ESC: 1//2500

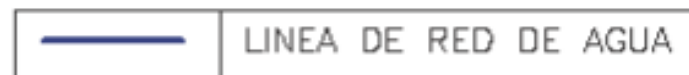


Figura 45. Plano de red de distribución del agua del caserío Antoni Raymondi – Las Vegas.



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	TAMBO SOPLA DEYSI JANINA	FECHA DE REPORTE:	20/09/2024
PROCEDENCIA:	LIMA	RECIBO O FACTURA ELECTRONICA N°	56415

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				ANALISIS QUIMICO		
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Fe	Zn	Mn
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Ao	Arc	Lo		disponible		
			%	%	%		ppm	ppm	ppm
1	S24-1027	R	16	56	28	Arcilloso	150.372	1.404	70.076
2	S24-1028	G	0	66	34	Arcilloso	35.936	2.232	52.348

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA



Figura 46. Resultados del análisis fisicoquímico de la arcilla roja y marrón.



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2650

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : TAMBO SOPLA DEYSI JANINA
1.2 RUC o DNI : 10765944401
1.3 Dirección : LAS VEGAS - TINGO MARIA - UNAS

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (H)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-10-03
2.5 Periodo de Ensayo : 2024-10-03 al 2024-10-10
2.6 Fecha de Emisión : 2024-10-10
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : 2024-10-02 / 15:05 (H)
2.8 N° de cotización : COT-149510-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Metales Totales ICP-OES Plata	EPA METHOD 200.7 Rev.4.4., 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: MUESTRA 50PPM / BEBIDA (H)

Lugar de Muestreo: LABORATORIO UNAS (H)

Nombre del Proyecto: MUESTRA DE AGUA RECOLECTADA DE UN FILTRO CERAMICO DE
ARCILLA/ASERRIN 50 ppm, 70 ppm, 80 ppm. (H)

DIEGO REMIGIO RODRÍGUEZ DÁVILA
QUÍMICO
COP. 1137

Figura 47. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 50 mg/L de plata coloidal (a).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2650

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN METALES TOTALES - PLATA

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LDM	LCM	Resultados
S-4508	Plata, Ag	mg/L	0.002	0.007	<0.007

Leyenda

LDM: Límite de Detección de Método.

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

(H) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra como se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.



FIN DE DOCUMENTO

FR-INF-02 V00
2024-10-09

SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.
Calle 22 Urb. Vipo Naranjal Mz E L1 07, San Martín De Porres Lima-Perú.
Cel: 926640042

www.sislabperu.com - contacto@sislabperu.com

Página 2 de 2

Figura 48. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 50 mg/L de plata coloidal (b).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2651

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : TAMBO SOPLA DEYSI JANINA
1.2 RUC o DNI : 10765944401
1.3 Dirección : LAS VEGAS - TINGO MARIA - UNAS

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (H)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-10-03
2.5 Período de Ensayo : 2024-10-03 al 2024-10-10
2.6 Fecha de Emisión : 2024-10-10
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : 2024-10-02 / 15:05 (H)
2.8 N° de cotización : COT-149510-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Metales Totales ICP-OES Plata	EPA METHOD 200.7 Rev.4.4., 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: MUESTRA 70PPM / BEBIDA (H)

Lugar de Muestreo: LABORATORIO UNAS (H)

Nombre del Proyecto: MUESTRA DE AGUA RECOLECTADA DE UN FILTRO CERAMICO DE
ARCILLA/ASERRIN 50 ppm, 70 ppm, 80 ppm. (H)


DIEGO BENAVENTE BENAVENTE
QUÍMICO
COP. 1447

Figura 49. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 70 mg/L de plata coloidal (a).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2651

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN METALES TOTALES - PLATA

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LDM	LCM	Resultados
S-4509	Plata, Ag	mg/L	0.002	0.007	<0.007

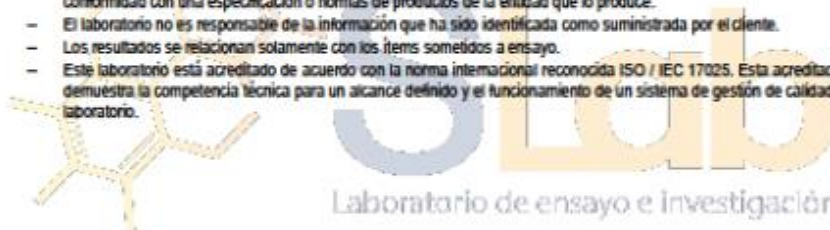
Leyenda

LDM: Límite de Detección de Método.

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

(*) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.



FIN DE DOCUMENTO

Figura 50. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 70 mg/L de plata coloidal (b).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2652

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : TAMBO SOPLA DEYSI JANINA
1.2 RUC o DNI : 10765944401
1.3 Dirección : LAS VEGAS - TINGO MARIA – UNAS

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (H)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-10-03
2.5 Periodo de Ensayo : 2024-10-03 al 2024-10-10
2.6 Fecha de Emisión : 2024-10-10
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : 2024-10-02 / 15:05 (H)
2.8 N° de cotización : COT-149510-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Metales Totales ICP-OES Plata	EPA METHOD 200.7 Rev.4.4., 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: MUESTRA 80PPM / BEBIDA (H)

Lugar de Muestreo: LABORATORIO UNAS (H)

Nombre del Proyecto: MUESTRA DE AGUA RECOLECTADA DE UN FILTRO CERAMICO DE
ARCILLA/ASERRIN 50 ppm, 70 ppm, 80 ppm. (H)


DIEGO HERNANDEZ
QUÍMICO
COP. 1497

Figura 51. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 80 mg/L de plata coloidal (a).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-2652

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN METALES TOTALES - PLATA

Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LDM	LCM	Resultados
S-4510	Plata, Ag	mg/L	0.002	0.007	<0.007

Leyenda

LDM: Límite de Detección de Método.

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

(*) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.



S.Lab
Laboratorio de ensayo e investigación

FIN DE DOCUMENTO

Figura 52. Análisis del agua tratada en un filtro cerámico con 80 mg/L de plata coloidal (b).



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

ANEXO N° 0560 - 2024

EL PRESENTE **ANEXO** ES EMITIDO POR **SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.** QUIEN ASEGURA HABER ANALIZADO LA MUESTRA PROPORCIONADA POR NUESTRO CLIENTE A QUIEN SE IDENTIFICA POSTERIORMENTE.

Informe de Ensayo IE-2024-2650 HASTA IE-2024-2652

1. DATOS DEL CLIENTE

- | | | |
|---------------|---|--------------------------------|
| 1.1 Cliente | : | TAMBO SOPLA DEYSI JANINA |
| 1.2 RUC o DNI | : | 10765944401 |
| 1.3 Dirección | : | LAS VEGAS - TINGO MARIA - UNAS |

2. DATOS DE LA MUESTRA

- | | | |
|------------------------------|---|--------------------------------|
| 2.1 Producto | : | AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO |
| 2.2 Muestreado por | : | CLIENTE (H) |
| 2.3 Número de Muestras | : | 03 |
| 2.4 Fecha de Recepción | : | 2024-10-03 |
| 2.5 Período de Ensayo | : | 2024-10-03 al 2024-10-10 |
| 2.6 Fecha de Emisión | : | 2024-10-10 |
| 2.7 Fecha y Hora de Muestreo | : | 2024-10-02 / 15: 05 (H) |
| 2.8 N° de Cotización | : | COT-149510-SL24 |

3. REPORTE FOTOGRÁFICO

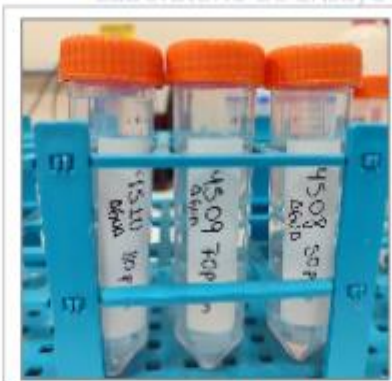


Imagen N°1: IMAGEN DE LA MUESTRA

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra como se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

V01

2023-04-27

Calle 22 Urb. VÍPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA-PERÚ. Cel: 949494763 Página 1 de 2

www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

Figura 53. Muestra analizada por laboratorio Slab.



Imagen N°2: IMAGEN DEL EQUIPO DE DIGESTOR



Imagen N°3: IMAGEN DEL EQUIPO ICP-OES

FIN DE DOCUMENTO

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

Figura 54. Imagen del equipo ICP-OES.

	CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE RENDIMIENTO ICP-OES AVIO 550	CÓDIGO : FGPV_CVR_ICPAVIO550M REVISIÓN : 00 APROBADO : JPV ELABORADO: APV FECHA : 23/04/21
---	--	---

**ESPECTRÓMETRO DE EMISIÓN ÓPTICA CON PLASMA ACOPLADO
INDUCTIVAMENTE**
 PERKIN ELMER MODELO ICP-OES AVIO 550 MAX

Compañía:	SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.
Dirección:	CALLE 22 MZ E LOTE 7, URB VIPOL DE NARANJAL - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA
Área:	SALA INSTRUMENTAL - METALES
Responsable:	ANTHONY VARGAS
Teléfono:	921979021
Código del Cliente:	LAB-126
Fecha de Evaluación:	MAYO 10, 2024
Próxima Certificación	
Periodo recomendado:	6 MESES
Fecha Sugerida:	NOVIEMBRE 2024
No. de Certificado:	CP00120
Fecha Ultimo Certificado:	-----
Teléfono de Consultas:	2015800 / 444 9993

Figura 55. Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES.

	CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE RENDIMIENTO ICP-OES AVIO 550	CÓDIGO : FGPV_CVR_ICPAVIO550M
		REVISIÓN : 00
		APROBADO : JPV
		ELABORADO: APV
		FECHA : 23/04/21

CONFIGURACIÓN EVALUADA:		ACCESORIOS / COMPONENTES, NO INCLUIDOS en la descripción del modelo pero utilizado en la prueba.	
Modelo	No. Serie	Modelo	No. Serie
AVIO 550 MAX	M81S2302174	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
Equipos de Prueba		Número de Serie	
Medidor de presión de gases/aire		_____	
_____		_____	
_____		_____	
Estándares Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración	
N069-1579 Multi-Element Standard	59-134CRX1	30-09-2024	
N058-2152 Wave Cal Solution	59-150CRX1	30-08-2024	
N930-2946 VIS Wavecal Solution	59-113CRT1	30-09-2024	
N930-0221 Standard 4	59-091CRY1	30-08-2024	
Suministrado por Cliente	Observaciones	Iniciales de Cliente	
Agua destilada	_____	A.V.	
_____	_____	_____	

Figura 56. Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550.

	CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE RENDIMIENTO ICP-OES AVIO 550	CÓDIGO : FGPV_CVR_ICPAVIO550M
		REVISIÓN : 00
		APROBADO : JPV
		ELABORADO: APV
		FECHA : 23/04/21

CERTIFICADO No.: CP00120 FECHA DE EVALUACIÓN: Mayo 10, 2024

1.- Calibración de longitudes de onda UV y VIS.

Coeficientes UV			Coeficientes VIS		
0.02455	≤	1.50	0.12321	≤	2.00
0.22342	≤	1.50	0.17783	≤	2.00
0.56345	≤	6.00	0.99243	≤	8.00

Intensidad de lámpara de Mercurio: 11644889.5 Slit: 1700

2.- Relación de las vistas Axial / Radial (Mn 257.610 nm), con 1ppm de Mn para ambas vistas.

Especificación de Relación Axial / Radial	Intensidad de la vista Axial	Intensidad de la vista Radial	Relación Axial / Radial	Pasó / No Paso
≥ 2.5	350 234.3	100 408.7	3.48	Pasó

3.- Radial BEC para Mn (257.610nm): BEC-RL, para calcular: BEC = (IB * Standard Conc.) / (IS - IB)

Especificación BEC (ug / L)	Intensidad de "IB (2%HN03) = IB	Intensidad de "IS RL (N0691579)"= IS	Mn BEC (IB*10000/(IS-IB)	Pasó / No Paso
≤ 45	1266	1004087	12	Pasó

4.- Axial Detection Limits: DL-2-XL, para la muestra IDL (2% HNO3), anotar el valor de la desviación estándar (SD). No multiplicar la desviación estándar por 3, esto se hizo en el archivo de información de muestra.

Elemento	Std.Dev.Sample Units ug/L	Especificación (ug/L)	Pasó/No Pasó
Tl 190.801	6.32	≤ 10	Pasó
As 193.696	3.76	≤ 10	Pasó
Se 196.026 (Scott)	-----	N.A	Pasó
Se 196.026 (Cyclone)	1.45	≤ 5	Pasó
Pb 220.353	0.98	≤ 3	Pasó

5.- Radial Detection Limits: DL-2-RL, para la muestra IDL (2% HNO3), anotar el valor de la desviación estándar (SD). No multiplicar la desviación estándar por 3, esto se hizo en el archivo de información de muestra.

Elemento	Std.Dev.Sample Units ug/L	Especificación (ug/L)	Pasó/No Pasó
As 193.696	22.3	≤ 60	Pasó
Zn 213.856	1.03	≤ 2	Pasó
Mn 257.610	0.58	≤ 0.75	Pasó
La 379.478	2.14	≤ 3	Pasó
Ba 455.403	0.17	≤ 0.3	Pasó
Ba 493.408	0.49	≤ 0.6	Pasó

Figura 57. Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550 (a).

	CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE RENDIMIENTO ICP-OES AVIO 550	CÓDIGO : FGPV_CVR_ICPAVIO550M
		REVISIÓN : 00 APROBADO : JPV ELABORADO: APV FECHA : 23/04/21

CERTIFICADO No.: CP00120 **FECHA DE EVALUACIÓN:** Mayo 10, 2024

6.- Precision: Precision-XL, para la muestra RSD STD (N0691579), anotar el valor de %RSD.

Elemento	% RSD	Especificación (%)	Pasó/No Pasó
As 193.696	0.91	≤ 1	Pasó
Zn 213.856	0.87	≤ 1	Pasó
Mn 257.610	0.65	≤ 1	Pasó
La 379.478	0.79	≤ 1	Pasó
Ba 455.403	0.93	≤ 1	Pasó
Ba 493.408	0.95	≤ 1	Pasó

7.- Stability: Stability-XL, todas las muestras (STAB N0691579) deben estar entre 95 mg/L a 105 mg/L.

Elemento	Valor Obtenido	Pasó/No Pasó
Zn 206.200	100.1	Pasó
Mg 280.271	100.6	Pasó
Mg 285.213	101.3	Pasó
Mn 257.610	101.1	Pasó
Ba 455.403	100.9	Pasó

8.- Resolution: RES-ONLY-XL, anotar el valor más alto de las 3 réplicas de la muestra RES(N0691579) hallados en C:\Users\Public\PerkinElmer Syngistix\ICP\SystemFiles\Log Files\Analysis.logx

Elemento	Resolution	Especificación (nm)	Pasó/No Pasó
As 193.696 – Res	0.0061	≤ 0.007	Pasó
Ni 231.604 – Res	0.0073	≤ 0.008	Pasó
Ni 341.476 – Res	0.0108	≤ 0.012	Pasó
La 408.672 – Res	0.0186	≤ 0.020	Pasó
Ba 455.403 – Res	0.0237	≤ 0.025	Pasó

CONCLUSIONES : Las pruebas pasaron satisfactoriamente.

Este documento CERTIFICA que las pruebas realizadas y la configuración evaluada

[✓] cumple
[] no cumple

Con las especificaciones de PERKIN ELMER, indicadas en este Certificado.

Este documento no modifica los términos estándar y las condiciones de venta de PERKIN ELMER, incluyendo los términos de garantía. PERKIN ELMER no asume compromiso por los resultados de las pruebas,

CIENTIFICA ANDINA S.A.C.
Área de Post Venta

Ing. Carlos Paredes Uribe
Asesor de Post Venta

Ing. de Servicio

[Firma del Cliente]

Firma del Cliente

Figura 58. Certificado de verificación de rendimiento ICP-OES AVIO 550 (b).

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Calle 22 Mz E Lt 7 Urbanización Vipol de Naranjal, distrito de San Martín de Porres, provincia y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de julio de 2023

Fecha de Vencimiento: 20 de julio de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR
RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600283015 soft
Fecha: 2023-08-18 08:52:23
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.). Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 15 de agosto de 2023



Cedula: N°: 228-2023-INACAL/DA
Contrato N°: 039-2023/INACAL-DA
Registro N°: LE - 211

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

Figura 59. Certificado de la ISO 17025 del Instituto Nacional de Calidad al laboratorio Slab.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA GENERAL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho".

SOLICITO: PERMISO PARA USO DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

SEÑOR.

DR. CESAR LOPEZ LOPEZ

JEFE DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA, DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL, DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Yo **DEYSI JANINA TAMBO SOPLA**, egresada de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, de la FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, identificado con DNI 75145012, me presento antes usted con el debido respeto y expongo lo siguiente:

Que estando en el desarrollo de la tesis titulada **"Eficiencia del filtro de cerámica para la remoción de la turbiedad y la carga microbiológica, 2024"** para obtener el título profesional, recorro a su despacho solicitando el **USO DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**, para realizar análisis de muestras de agua (físicoquímico y microbiológico), con la finalidad de obtener datos necesarios para el correcto desarrollo de la tesis, por lo que espero se realice el trámite correspondiente para brindar las facilidades del caso.

Por lo expuesto, agradezco de antemano la atención a lo solicitado y me despido cordialmente de usted.

Adjunto

- Resolución de facultad N° 080-2024-D-FRNR-UNAS

Tingo María 2 de abril de 2024

Atentamente

Bach. Deysi Janina Tambo Sopla
 DNI: 76594440
 Tesista

Figura 60. Solicitud para acceder a las instalaciones y equipos del laboratorio de microbiología.

CARGO

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA Y DE
LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNIN Y AYACUCHO"

Tingo María, 25 de noviembre de 2024

Sres.

Dr. CESAR LOPEZ LOPEZ *Presidente del jurado*

DR. VICTOR BETETA ALVARADO *Miembro del jurado*

Ing. MSc. ANGIE TATYANA FERNÁNDEZ ESCOBAR *Miembro del jurado*

Ing.MSc. ALBERTO FRANCO CERNA CUEVA *Asesor de la Tesis*

Presentes. -

Asunto: Invitación para Verificación ejecución de Tesis

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Uds. con la finalidad de invitarles para el día miércoles 27 a partir de las 9:00 am a constatar el trabajo que vengo realizando en la ejecución de mi tesis para título, en los ambientes del Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

Agradeciéndoles la deferencia la presente, quedo de ustedes esperándolos el día indicado en el laboratorio de microbiología.

Atentamente,



Br. DEYSI JANINA TAMBO SOPLA
DNI 76594440

Figura 61. Invitación a los jurados a la verificación de la tesis de investigación.