



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de la penca de tuna en un biofiltro artesanal para la
purificación de aguas, del canal IRCHIM en el centro poblado
Cascajal Alto, Chimbote – 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Millones Aguirre, Luis Anderson (orcid.org/0000-0001-9448-6598)

ASESOR:

Mgtr. Monja Ruiz, Pedro Emilio (orcid.org/0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis queridos padres,

Con todo mi cariño y agradecimiento, esta tesis es el fruto del amor, la paciencia y el respaldo que siempre me han brindado. Vuestra entrega incondicional ha sido mi guía en cada paso de este arduo camino de investigación. Gracias por ser mi fuente de inspiración, por vuestro apoyo incansable y por enseñarme que, con esfuerzo y determinación, los sueños se hacen realidad. Este logro es tanto vuestro como mío. Con todo mi amor y gratitud infinita.

Luis Anderson Millones Aguirre

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al docente a cargo por su orientación constante y apoyo incondicional en cada fase de este proyecto. Su empatía y dedicación hacia cada interrogante y desafío que se presentó en el transcurso de este trabajo fueron fundamentales para su resolución exitosa.

Asimismo, mi reconocimiento especial a los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCV. Su generosidad al compartir conocimientos y ofrecer valiosos consejos ha sido esencial para mi crecimiento como futuro profesional en este campo. Su compromiso con la excelencia educativa ha sido inspirador y me ha impulsado a alcanzar esta etapa final de mi formación con determinación y convicción.

Su orientación fue un pilar clave para desarrollar mis habilidades de investigación y profundizar mi comprensión de los desafíos propios de la ingeniería civil. Su legado perdurará como parte esencial de mi trayectoria académica y profesional.

Luis Anderson Millones Aguirre

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONJA RUIZ PEDRO EMILIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de la penca de tuna en un biofiltro artesanal para la purificación de aguas, del Canal IRCHIM en el Centro Poblado Cascajal Alto, Chimbote – 2023", cuyo autor es MILLONES AGUIRRE LUIS ANDERSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 28 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PEDRO EMILIO MONJA RUIZ DNI: 17584590 ORCID: 0000-0002-4275-763X	Firmado electrónicamente por: PMONJA el 28-11- 2023 02:27:29

Código documento Trilce: TRI - 0668777

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MILLONES AGUIRRE LUIS ANDERSON estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia de la penca de tuna en un biofiltro artesanal para la purificación de aguas, del Canal IRCHIM en el Centro Poblado Cascajal Alto, Chimbote – 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MILLONES AGUIRRE LUIS ANDERSON DNI: 70012291 ORCID: 0000-0001-9448-6598	Firmado electrónicamente por: LMILLONES el 23-12- 2023 19:46:50

Código documento Trilce: INV - 1605334

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
3.1.1 Tipo de investigación.....	17
3.1.2 Diseño de investigación.....	17
3.2 Variables y operacionalización	17
3.2.1. Variable independiente: Penca de tuna.....	17
3.2.2. Variable dependiente: Purificación de aguas	18
3.3 Población, muestra y muestreo	18
3.3.1 Población	18
3.3.2 Muestra	19
3.3.3 Muestreo	19
3.3.4 Unidad de análisis	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5 Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	29
4.1 Revisión sistemática, los tipos de biofiltros artesanales utilizados.	29
4.2 Análisis físico, químico, microbiológico y de metales pesados del agua del canal IRCHIM.....	30
4.3 Prototipar un modelo de biofiltro artesanal acompañado con la penca de tuna.....	31

4.4 Eficiencia de la purificación del agua mediante el empleo del biofiltro artesanal con la penca de tuna.....	32
V. DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS	
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Biofiltros Artesanales utilizados	29
Tabla 2: Resultados del Análisis del agua en un ensayo físico-químico.....	30
Tabla 3: Resultados del Análisis del agua en un ensayo microbiológico	30
Tabla 4: Resultados del Análisis del agua en un ensayo de metales pesados.....	31
Tabla 5: Características del Prototipo de Biofiltro.....	31
Tabla 6: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo físico-químico	32
Tabla 7: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo microbiológico.....	33
Tabla 8: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo de metales pesados.....	33
Tabla 9: T- Student de metales pesados.....	33
Tabla 10: Categoría y rango de Eficiencia	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas granulométricas	15
Figura 2. Localización del Centro Poblado Cascajal Alto	16
Figura 3. Etapas del procedimiento.....	20
Figura 4. Esquema general del biofiltro.....	21
Figura 5. Cemento	22
Figura 6. Agua	22
Figura 7. Arena gruesa	22
Figura 8. Tablitas de madera	22
Figura 9. Carbón.....	22
Figura 10. Grava.....	22
Figura 11. Penca de tuna.....	22
Figura 12. Accesorios de tubería	22
Figura 13. Diseño general del biofiltro.....	22
Figura 14. Vista general del biofiltro.....	23
Figura 15. Recipiente llenado de carbón.....	23
Figura 16. Recipiente llenado de grava y arena	24
Figura 17. Recipiente llenado de penca de tuna	24
Figura 18. Canal de IRCHIM.....	25
Figura 19. Tomando muestra física-química	25
Figura 20. Tomando muestra microbiológica	26
Figura 21. Tomando muestra de metales pesados	26
Figura 22. Laboratorio para análisis.....	27
Figura 15. Prototipo de biofiltro artesanal.....	32
Figura 16. Capas del biofiltro artesanal.....	32
Figura 17. Grafica de metales pesados	34

RESUMEN

Esta investigación buscó evaluar la eficacia de un biofiltro artesanal mejorado con penca de tuna para purificar el agua del Canal IRCHIM en Cascajal Alto, Chimbote. Se realizó una revisión sistemática de biofiltros artesanales, seguida de análisis físicos, químicos, microbiológicos y de metales pesados en el agua tratada. Se prototipó un modelo de biofiltro y se evaluó su eficiencia en la purificación del agua.

Los resultados revelaron una reducción significativa en turbidez, pH ajustado y una disminución notable en presencia de coliformes y metales pesados con el biofiltro mejorado.

Se concluye que estos biofiltros representan una solución efectiva, económica y sostenible para mejorar la calidad del agua en contextos como Cascajal Alto, respaldando la hipótesis planteada.

Se recomienda investigar más sobre materiales utilizados, implementar programas piloto, adaptar localmente los diseños y establecer un plan de monitoreo para mantener su efectividad a largo plazo. Este estudio resalta la viabilidad de soluciones locales para desafíos globales de acceso al agua potable.

Palabras clave: Penca de tuna, biofiltro artesanal, purificación de agua.

ABSTRACT

This research sought to evaluate the effectiveness of an artisanal biofilter improved with prickly pear leaves to purify the water of the IRCHIM Canal in Cascajal Alto, Chimbote. A systematic review of artisanal biofilters was carried out, followed by physical, chemical, microbiological and heavy metal analyzes in the treated water. A biofilter model was prototyped and its efficiency in water purification was evaluated.

The results revealed a significant reduction in turbidity, adjusted pH and a notable decrease in the presence of coliforms and heavy metals with the improved biofilter.

It is concluded that these biofilters represent an effective, economic and sustainable solution to improve water quality in contexts such as Cascajal Alto, supporting the proposed hypothesis.

It is recommended to investigate more about the materials used, implement pilot programs, locally adapt the designs and establish a monitoring plan to maintain their effectiveness in the long term. This study highlights the feasibility of local solutions to global drinking water access challenges.

Keywords: Prickly pear stalk, artisanal biofilter, water purification.

I. INTRODUCCIÓN

La vida humana depende del agua, que es indispensable para cualquier actividad. Hasta el momento, ningún otro elemento ha podido sustituirlo, consolidándose como el principal centro de interés en la promoción del desarrollo sostenible (Troballes, 2015).

La mayor parte del planeta (70%) está cubierta por agua, pero casi toda (98%) es salada y su potabilización es muy costosa con las tecnologías actuales. Tanto en las ciudades como en el campo, proveer de agua potable es un reto. El agua dulce representa solo el 2% del total, y de ella, solo el 0,014% está accesible en la superficie, en lagos y ríos (Molina, et al, 2018).

Las poblaciones residentes en naciones en vías de desarrollo carecen de condiciones sanitarias adecuadas, lo que implica que no tienen acceso al agua potable que requieren para vivir. Ante la escasez de agua apta para beber, se hace imprescindible buscar soluciones innovadoras en este campo como la biofiltración, que brinda alternativas para el tratamiento, purificación y distribución eficaz del agua, a un costo razonable y asequible (Benegas, 2020).

Se manifiesta como un desafío de índole mundial que repercute a dos mil millones de personas (alrededor del 26%) que carecen de agua potabilizada y a tres seiscientos millones de personas (alrededor del 46%) sin sistemas de saneamiento seguros. Los métodos de abastecimiento y procedimiento del fluido en zonas numerosas enfrentan numerosos obstáculos operativos y de gestión. En los últimos años, muchos países han tenido dificultades para ampliar los servicios a zonas rurales, donde la proporción de servicios de agua potable seguros (60%) es inferior a la de las zonas urbanas (86%). La situación de los contaminantes que se arrojan a distintas fuentes de agua es desalentadora, pues estos niveles siguen creciendo, llegando incluso a aumentar un 80% en algunos casos, en muchos países en desarrollo, las aguas residuales son liberadas sin previo tratamiento, lo que provoca el deterioro de grandes cuerpos de agua como lo son los océanos, ríos y lagos (UNESCO, 2017).

En el ámbito nacional, es fundamental afrontar los problemas de distribución causados por la presencia de metales pesados en la comunidad de Hualgayoc,

Cajamarca, donde la población carecen de atención médica de la Junta de Salud del Distrito - Región. Afirmaron que, pese a haber realizado pruebas de tamizaje en el año 2012, una década después aún ninguna atención de las autoridades peruanas. En particular, el 12 por ciento de los desechos tóxicos vertidos a los ríos por las operaciones mineras del país se encuentran en Hualgayoc (Valdivia, 2022). En el ámbito de la comunidad local, la gestión y procedimiento de las aguas superficiales representa una tarea técnica y ambiental que impacta la condición de vida de las sociedades que se sustentan en dichos recursos para llevar a cabo sus rutinas diarias. Es el caso del Centro Poblado Cascajal Alto, ubicado en Chimbote, donde los habitantes utilizan el agua del Canal Irrigadora Chimbote [IRCHIM] para fines domésticos y agrícolas. Sin embargo, esta fuente de agua presenta una considerable concentración de contaminación debido a la existencia de desechos sólidos, químicos y biológicos que tienen su origen en las operaciones urbanas e industriales llevadas a cabo en la región. Esta coyuntura compromete la salud humana y el entorno ambiental, ya que el agua no cuenta con un sistema de abastecimiento ni de tratamiento que garantice su potabilidad y seguridad.

Ante esta problemática, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Qué influencia tiene la penca de tuna en un biofiltro artesanal para la purificación de aguas del Canal IRCHIM en el Centro Poblado Cascajal Alto?

Considerando lo expuesto con anterioridad, se formula el objetivo general: Determinar la efectividad de un biofiltro artesanal mejorado con la penca de tuna en la purificación de aguas, del Canal IRCHIM, en el Centro Poblado Cascajal Alto, Chimbote 2023. Así mismo, se tienen como objetivos específicos: primero, determinar mediante una revisión sistemática los tipos de biofiltros artesanales utilizados; segundo, obtener el análisis químico, físico, microbiológico y de metales pesados del agua; tercero, prototipar un modelo de biofiltro artesanal acompañado con la penca de tuna; y por último, determinar la eficiencia de la purificación del agua mediante el empleo del biofiltro artesanal con la penca de tuna.

La justificación radica en la urgente necesidad de abordar la problemática de acceso limitado a agua de calidad en el Centro Poblado Cascajal Alto. La carencia de una fuente de agua potable segura pone en riesgo el bienestar y la salubridad

de la sociedad, lo que exige una solución que sea eficaz, sostenible y adaptable a las condiciones locales. Por otra parte, como justificación técnica, la penca de tuna posee propiedades bioquímicas y físicas que pueden ser aprovechadas para mejorar la efectividad de un sistema de biofiltración artesanal en la purificación del agua. Su capacidad para retener partículas suspendidas y absorber contaminantes puede optimizar el proceso de filtración para mejorar eficazmente la calidad del agua purificada. Así mismo como justificación ambiental, la implementación de un biofiltro artesanal con la penca de tuna puede contribuir a la preservación del entorno acuático local en el Centro Poblado Cascajal Alto. Optimizando la condición de los recursos naturales del agua, reduciendo los niveles de contaminación y minimizando los impactos negativos sobre el medio acuático, promovemos la diversidad de especies y el bienestar en los hábitats acuáticos. De igual manera la justificación social, el derecho a acceder al agua potable segura es una prerrogativa reconocida, fundamental para la comunidad de Cascajal Alto. Al implementar un biofiltro artesanal con la penca de tuna, se presenta una alternativa accesible y eficaz para elevar la calidad del agua en la población que la utiliza mediante procesos de optimización, lo que a su vez promueve la salud, el bienestar y la confianza en la fuente de agua local. Del mismo modo la justificación económica, los biofiltros artesanales con la penca de tuna pueden ofrecer una alternativa económica a los sistemas de purificación convencionales. Al utilizar recursos locales y técnicas de bajo costo, se reduce la inversión en infraestructura y operación, lo que puede ser beneficioso para una comunidad con recursos limitados como Cascajal Alto. En otro sentido la justificación teórica; este análisis se fundamenta en la hipótesis de que la inclusión de la penca de tuna en un biofiltro artesanal puede tener un impacto significativo en la purificación de aguas. Se fundamenta en la literatura científica que respalda las propiedades de filtración, adsorción y retención de contaminantes de la penca de tuna, se basa en la comprensión teórica de la optimización del procedimiento del fluido.

En resumen, este análisis se justifica que la mejora en la purificación del agua se basa en el potencial de la penca de tuna en un biofiltro artesanal, aprovechando sus propiedades naturales y adaptándose a las necesidades específicas del Centro

Poblado Cascajal Alto, Chimbote, con la posibilidad de contribuir a soluciones sostenibles para la purificación del agua.

Después de haber expuesto las dificultades y establecido los motivos, se procedió a formular la hipótesis general: El biofiltro artesanal mejorado con la penca de tuna purifica el agua del Canal IRCHIM, en el Centro Poblado Cascajal Alto, de manera efectiva; así mismo, la hipótesis nula: El biofiltro artesanal mejorado con la penca de tuna no purifica el agua del Canal IRCHIM, en el Centro Poblado Cascajal Alto, de manera efectiva.

II. MARCO TEÓRICO

Desde este contexto internacional, según Choque, et al. (2023), sobre la Eliminación de metales en agua mediante copolímeros de almidón de papa y mucílago de nopal en Perú, se evaluó la cinética y las isotermas de adsorción. Concluyeron que estos materiales son prometedores para la remoción de metales pesados, evidenciando alta solubilidad con un 5% de mucílago de nopal y partículas menores a 422,83 nm en solución acuosa. A un pH cercano a 5.5, mostraron capacidad de asimilación y una significativa adsorción de plomo, arsénico, aluminio, mercurio y cromo, siendo más eficientes a pH 6. Los datos cinéticos sugirieron un proceso de quimisorción, y la isoterma de adsorción indicó una efectiva eliminación de metales pesados del agua gracias a una superficie no uniforme.

Por otra parte, Pacheco, et al. (2023) en su artículo sobre Proceso combinado de coagulación electrocoagulación usando biocoagulante de *Opuntia ficus-indica* para el tratamiento de aguas residuales de suero de queso, exploraron la coagulación electrocoagulación con biocoagulante de *Opuntia ficus-indica*. Mediante un diseño experimental Box-Behnken y herramientas quimiométricas, identificaron el pH como el parámetro más relevante. Este mostró una interacción positiva con otros parámetros, mientras que la dosis de biocoagulante y la corriente de densidad tuvieron efectos contrarios. Se emplearon funciones para agilizar el proceso, recomendando un pH de diez, dosis de 4,4 g L⁻¹ de biocoagulante, densidad de corriente de 31,5 miliamperios por centímetro cuadrado, logrando una turbidez del 98,9% y una eficiencia de extracción de DQO del 83,8%.

No obstante, en su estudio comparativo en Colombia, Otalora et al. (2023) investigaron la capacidad del mucílago de la cáscara de nopal para eliminar contaminantes del agua. Utilizando un enfoque experimental y un espectrofotómetro UV-Vis, trabajaron con agua contaminada por metales pesados. Concluyeron que la cáscara de nopal es efectiva como coagulante, logrando reducir turbidez y color en aguas turbias sintéticas, similar al cloruro férrico. La dosis óptima para ambos coagulantes fue 12 mg/L a pH 13 durante la coagulación y floculación. Bajo estas condiciones, la reducción de turbidez y color fue de aproximadamente

80+/- y 70+/- para el biocoagulante, y 90+/- y 80+/- para el cloruro férrico, respectivamente.

Además, en su estudio en Argelia, Hadadi et al. (2022) evaluaron la capacidad de cuatro biocoagulantes vegetales para reducir la turbidez en bentonita sintética, comparándolos con cloruro férrico y alumbre. Utilizando un enfoque experimental comparativo, destacaron semillas de *Opuntia ficus-indica* (OFI) y *Moringa oleifera* (MO). Concluyeron que los biocoagulantes superaron a los coagulantes químicos, eliminando alrededor del 100% de la turbidez a pH 7,5, con dosis óptimas de 1,5-3,5 ml por cada 200 ml. Esto resalta no solo la efectividad de MO y OFI para eliminar la turbidez, sino también el potencial de las semillas argelinas AV y PHS como biocoagulantes en el tratamiento de aguas y efluentes.

Por lo tanto, en su investigación en Vietnam, Bui et al. (2021) detallaron el uso de nanocompuestos magnéticos derivados de biopolímeros de nopal para eliminar metales pesados del agua contaminada. Emplearon técnicas como difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión, magnetometría de muestra vibratoria y transformada infrarroja de Fourier. Concluyeron que estos nanocompuestos mostraron estabilidad térmica, propiedades magnéticas suaves y superparamagnéticas con una notable magnetización. Además, demostraron ser reutilizables tras su recuperación mediante un campo magnético externo. El estudio resalta el potencial de estos nanocompuestos como adsorbentes sostenibles para tratar metales pesados en aguas contaminadas.

Además, en su estudio en Zimbabue, Gandiwa et al. (2020) exploraron la mezcla de coagulantes naturales como extractos de tuna, *Moringa* y alumbre para mejorar el tratamiento del agua. Usando un diseño experimental y el software Minitab, evaluaron parámetros como turbidez, pH, conductividad y alcalinidad. Concluyeron que los tres coagulantes redujeron significativamente la turbidez del agua. Aunque la eficacia de los coagulantes naturales fue menor que la del aluminio, mostraron un potencial considerable para reducir la turbidez. Las dosis óptimas de la mezcla requirieron alumbre, *Moringa Oleifera* y *Cactus Opuntia* en proporciones del 13%,

44,6% y 42,4% respectivamente, con una dosis total de 45 mg/L. La verificación del modelo mostró una reducción de la turbidez de 2,81 NTU con un error del 2,5%.

No obstante, en su estudio colombiano, Lugo et al. (2020) evaluaron el uso combinado de mucílago de almidón de nopal y yuca para tratar la turbidez del agua. Observaron un aumento general del 8,5% en la eficacia con concentraciones del 1%, 67% y 33% respectivamente. Las concentraciones de nopal, solo y en combinación con almidón de yuca, mostraron tasas de eliminación de turbidez del 60,4% y 67,04%, respectivamente. Además, tanto el mucílago de nopal solo como combinado con almidón de yuca no afectaron significativamente el pH, manteniéndose en los valores esperados.

Como antecedentes nacionales; según Cañari y León (2022) en su tesis titulada: Reducción de turbidez mediante los coagulantes naturales (*moringa oleifera*) y (*opuntia ficus-indica*) en aguas superficiales de la quebrada Huaycoloro, 2022 de la ciudad de Lima, buscaron calcular la disminución porcentual utilizando *Moringa oleifera* y *Opuntia ficus-indica*. Con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, concluyeron que ambos coagulantes naturales son eficaces para reducir contaminantes, destacando la *Moringa oleifera* como alternativa más adecuada y amigable con el medio ambiente frente a los coagulantes químicos.

Por otro parte, Amasifuen y Quintana (2021), en su tesis: Eficiencia de *Echinopsis pachanoi* y *Opuntia ficus* en la remoción de la turbidez y sólidos disueltos totales en la quebrada Ushpayacu, Nuevo Huancabamba, El dorado, 2021, en la ciudad de Tarapoto, buscaron establecer la remoción de turbidez y sólidos disueltos totales en la quebrada Ushpayacu. Con un enfoque experimental, utilizaron hojas de muestreo y registro de pruebas de test de jarras. Los resultados indicaron que una mezcla de Nopal y *Echinopsis pachanoi* a 1,25 gramos por cada 900 mililitros de agua redujo la turbidez inicial en un 63%. Asimismo, a una dosis de 1,5 gramos por 900 ml de agua, lograron eliminar el 95,8% de los sólidos disueltos originales.

De igual manera, en su tesis sobre la Utilización de nopal como coagulante orgánico en el tratamiento de aguas turbias de la ciudad de Huacho, Nieto (2021) buscó

obtener un agente coagulante derivado del nopal para purificar el agua turbia. Con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, obtuvo tasas de eliminación de turbidez del 41,65%, 69,42% y 86,54%. Estos resultados evidencian que la capacidad de reducción de turbidez del floculante está directamente ligada a la cantidad utilizada: a mayor concentración, mayor eliminación de turbidez.

Sin embargo, en su tesis sobre la Eficiencia de opuntia ficus-indica (l.) miller y echinopsis pachanoi en la remoción de plomo (ii) de la cuenca alta del río moche – Trujillo, Campos y Ríos (2021) evaluaron la capacidad de estas plantas para extraer plomo. Utilizaron un enfoque cuantitativo y diseño experimental, empleando protocolos nacionales para el monitoreo de recursos acuáticos. Descubrieron que la eficacia de eliminación de plomo variaba entre el 55,9% para Opuntia ficus-indica y el 16,3% para Echinopsis pachanoi como coagulantes naturales. Las concentraciones óptimas fueron 20 ppm, evidenciando que Opuntia ficus-indica mostró una mayor eficiencia en la remoción del plomo.

Después de establecer el contexto histórico, se expondrán teorías y enfoques conceptuales.

El nopal, también conocido como nopal, ha despertado un gran interés investigador y ha sido objeto de extensos análisis relacionados con el tratamiento de la turbiedad, coloración y demanda química de oxígeno en aguas superficiales y residuos específicos. Los compuestos antioxidantes presentes en el cactus de nopal pueden eliminar componentes orgánicos y reducir la coloración en aguas residuales, mientras que el polvo seco derivado del cactus de nopal ha demostrado su eficacia en la eliminación de sustancias opacas y niveles de color en los extractos utilizados en fases de coagulación empleadas en el procedimiento de depuración de efluentes líquidos. El nopal, originario de América, fue introducido alrededor del siglo XVII y ahora crece de manera silvestre y abundante en suelos arenosos del desierto, mostrando una vitalidad notable y siendo fácilmente localizable (Tran Thanh, 2021).

De igual manera, el nopal tiene aplicaciones como cercado en torno a cultivos de gran extensión y como elemento de resguardo en áreas rurales y residenciales, pero carece de reconocimiento en el ámbito de la industria alimentaria (Mounir et al., 2020). Las propiedades químicas y las características han generado atención tanto en el entorno académico como también el económico (Daniloski et al., 2022).

El agua es un recurso esencial e insustituible, esencial no sólo para el sustento de la vida, sino también para varias funciones, incluida la producción de alimentos y el desarrollo adecuado de muchas áreas socioeconómicas como la industria, el turismo y la producción de energía. El agua tiene propiedades únicas: es el único componente que existe en las tres formas de estado (sólido, líquido y gaseoso) en condiciones normales. Aunque no es ácido ni básico por sí solo, su interacción con otras sustancias puede volverlo ácido o básico (Del valle, 2017).

La condición del fluido es reconocida como un factor fundamental desde una perspectiva ecológica que influye en la salubridad y en el progreso ahorrativo. La influencia de los Andes peruanos en su composición mineral y la economía asociada a la extracción de minerales crea un entorno favorable en la propagación de sustancias químicas contaminantes y particularmente elementos metálicos. Estos contaminantes afectan también la condición del fluido potable. (Villena, 2018).

En relación a las fuentes de agua, este fluido ha desempeñado una tarea crucial en la conservación de la vitalidad, lo que llevó a las civilizaciones antiguas a establecer sus asentamientos en las proximidades de corrientes de agua. Con el tiempo, los avances tecnológicos facilitaron el transporte y resguardo del agua (Comisión nacional del agua, 2016). Considerando lo expuesto, se presentan variadas fuentes de las cuales es posible obtener agua, tanto en su forma superficial como subterránea, según el sitio de recolección.

Una definición de alcance mundial señala que las aguas subterráneas representan la principal acumulación de agua dulce a nivel global y constituyen la segunda mayor fuente en magnitud después de los cuerpos de agua oceánicos (Augusto,

2015). Es una comprensión generalizada que no todas las aguas subterráneas son adecuadas para el consumo humano; sin embargo, es factible tratar y transformar una fracción de ellas en agua potable.

Las aguas superficiales son aquellas que comprenden los cursos de agua como arroyos, ríos y lagos, que se desplazan de manera inherentemente natural sobre la superficie terrestre (Augusto, 2015). Por lo general, esta categoría de agua tiende a presentar mayores niveles de contaminación debido a su exposición directa a factores externos.

El DS 031-2010-SA de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) define los estándares de calidad del agua potable y estipula que la turbidez no debe exceder las cinco unidades nefelométricas de turbidez (UNT). De manera similar, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) afirma que la turbiedad del agua potable no debe exceder las cinco unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Adicionalmente, las pautas de la condición del fluido potable en Canadá y las directrices de la condición para el fluido destinada al uso por seres humanos emitidas por la Constitución Global de la Salubridad (OMS) sugieren una medida de cinco unidades nefelométricas de turbidez (UNT) como punto de referencia. Sin embargo, la OMS destaca que, con el fin de asegurar una desinfección efectiva, el agua filtrada debería mantener una turbidez de uno o menos.

Como propiedades del agua se puede mencionar:

- **Propiedades Físicas:**

Se refieren a las cualidades perceptibles mediante los sentidos humanos, como el olfato, la vista y el gusto. Es crucial que estas cualidades sean aceptables por medio de la percepción sensorial. Presentando las siguientes características:

a) **Color:** La turbidez puede estar intrínsecamente relacionada con esta propiedad, aunque también es posible que no lo esté. El potencial de hidrógeno, la duración de la exposición, la temperatura y la capacidad de solución son elementos que contribuyen en la formación del color del agua.

b) Olor y sabor: Existe una relación directa entre estas dos cualidades; estas son las propiedades físicas principales que influyen en la aceptabilidad o rechazo del agua por parte de la población.

c) Turbidez: Principalmente surgida debido a la presencia en suspensión de partículas o coloides como limo, arcilla, entre otros, la turbidez se origina a causa de estas partículas coloidales. Esto ocasiona una disminución en la claridad del agua, dependiendo del tamaño de dichas partículas. El equipo utilizado para evaluar la turbidez se conoce como turbidímetro y se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU).

d) Partículas y desechos: Corresponde al residuo remanente posterior a la deshidratación de la muestra de agua. Su magnitud incorpora la suma de los sólidos suspendidos y solubles, y su análisis se realiza a una temperatura de 105°C.

- Sólidos totales: Se trata del remanente resultante después de llevar a cabo el proceso de desecación en la muestra de agua. Su valor es la combinación de los residuos suspendidos y disueltos, y su evaluación se efectúa a una temperatura de 105°C.

- Partículas disueltas: Se refieren también como partículas sólidas retenibles por filtración. Se generan mediante la evaporación de una muestra previamente filtrada. Está constituido por partículas sólidas en estado coloidal y partículas sólidas disueltas verdaderamente, las cuales no quedan retenidas durante el proceso de filtración y presentan dimensiones inferiores a un micrómetro.

- Partículas en suspensión: Hacen referencia a aquellos compuestos presentes en el agua residual, excluyendo los sólidos solubles y aquellos en un estado coloidal muy fino. Estas partículas deben tener dimensiones mayores a un micrómetro y deben ser capturadas mediante filtración durante el proceso de análisis en el laboratorio.

- Partículas volátiles (SV) y partículas fijas (SF): Los SV son aquellos que experimentan pérdida al ser sometidos a una temperatura de 550°C, mientras que los componentes restantes se denominan SF. La mayor parte de los SV se compone de sustancias orgánicas, mientras que los SF tienden a ser de naturaleza inorgánica.

e) pH: Ejerce una influencia en diversas reacciones presentes en el agua, como la corrosión y la generación de acumulaciones en los sistemas de distribución. Aunque

se considera que estas respuestas no poseen un impacto perjudicial en la sanidad, pueden desfavorecer las operaciones de tratamiento, tales como la desinfección y la coagulación. En común, los fluidos naturales tienden a mantener un potencial de hidrógeno dentro del intervalo de cinco a nueve. Los lineamientos de Canadá han definido un intervalo de potencial de hidrógeno entre 6,5 y 8,5 como adecuado para el agua potable.

f) Temperatura: Ejerce un impacto en la rapidez de los procedimientos biológicos, la formación de precipitados, la eficacia de la desinfección, la sedimentación y la filtración. Por tanto, factores externos como las variaciones climáticas resultan en una fluctuación constante en la temperatura.

- Propiedades Químicas:

Presenta la facultad y característica de poder albergar cualquier elemento que se encuentre en la tabla periódica, dado que actúa como un disolvente universal.

- Su composición química se representa como átomos (2 de hidrogeno y 1 de oxígeno).
- La estructura molecular revela una disposición de carga eléctrica más en un extremo y menos en el otro, originando una conexión atrayente entre sus moléculas.
- Incorpora minerales y nutrientes de considerable importancia y valor.
- En su estado puro muestra un pH neutro de 7, lo que indica su neutralidad en cuanto a acidez o alcalinidad.
- Experimenta reacciones con óxidos ácidos, óxidos básicos y metales.
- La combinación de agua y sales conduce a la formación de hidratos.

Adicionalmente como análisis se tiene:

- Análisis físico-químico del agua: "Se refiere a las evaluaciones de laboratorio realizadas en una muestra con el fin de identificar las propiedades físicas, químicas o ambas que la caracterizan".
- Examen microbiológico del agua: "Comprende las evaluaciones de análisis realizadas en una muestra con el propósito de identificar la existencia o ausencia, así como el tipo y la cantidad de microorganismos presentes" (Villabon y Triana, 2021).

La contaminación del agua puede ser de origen natural o humano. En el primer caso, las fuentes son diferentes, aunque suelen producir una cantidad limitada de

contaminantes, excepto en zonas con depósitos minerales. La contaminación antropogénica, por su parte, es causada principalmente por actividades humanas, resultando en aguas residuales de zonas urbanas, procesos industriales, agricultura, ganadería, ríos, lagunas, océanos o vertidas directamente al medio ambiente. Lo mismo ocurre con los residuos industriales, que muchas veces contienen sustancias como agentes de limpieza, petróleo, metales pesados, sustancias radiactivas, productos orgánicos y otros contaminantes que afectan las aguas subterráneas y superficiales. (Albarracín, 2021).

Los metales pesados, incluso en bajas concentraciones, pueden representar riesgos para la salud humana por ingestión o exposición. Entre estos, el cobre, zinc y níquel se consideran nutrientes esenciales en pequeñas cantidades para el crecimiento humano. Sin embargo, metales como el cadmio, arsénico, plomo y cromo son carcinógenos y su aglomeración por encima de los límites máximos permitidos afecta órganos vitales, dando lugar a trastornos en el hígado, riñones, sistema circulatorio, sistema digestivo, pulmones, sistema cardiovascular, huesos, además de ocasionar retraso mental, problemas neurológicos y cáncer (Mohammad et al.,2020).

Un sistema de biofiltro “consiste en una estructura que comprende lechos de grava de distintos tamaños, y en la parte superior, se encuentran plantas que desempeñan la función de purificar las aguas residuales mediante procesos como fitorremediación, rizofiltración, fitoestabilización, fitoestimulación, fitovolatilización y fitodegradación”. La utilización de estos biofiltros contribuye a prevenir la contaminación de cuerpos de fluido tanto en la zona superficial como en el estrato subterráneo contrarrestando el vertido directo de aguas residuales en las cuencas hídricas (Lara, 1999).

Los biofiltros desempeñan tres funciones fundamentales:

- Atrapar los contaminantes de manera física en la capa superficial del suelo junto con la materia orgánica.
- Emplear y modificar los elementos a través de la acción de microorganismos.

- Lograr niveles de tratamiento adecuados mediante un consumo eficiente de energía y requerimientos de mantenimiento reducidos.

Existen dos tipos de sistemas de biofiltro:

Sistemas de flujo libre (FWS): Por lo general, lo utilizan durante procesos de refinamiento en etapas finales: comúnmente se componen de áreas acuáticas o canales en los cuales el lecho está conformado por un suelo relativamente poco permeable o una capa superficial, presentando vegetación emergente. Estos sistemas mantienen niveles de agua poco profundos, que varían y se mantiene en un rango reducido.

Sistemas de flujo subsuperficial (SFS): El movimiento continuo del agua sigue una mecánica tipo pistón, y su comportamiento hidráulico se determina con la ley de Darcy. Esta norma rige el movimiento del agua al tener en cuenta la capacidad de conducción del medio y la diferencia de presión hidráulica en el sistema. La pendiente del terreno influye directamente la velocidad del flujo de agua, al mismo tiempo que el nivel del agua se ve controlado por la configuración de los conductos de entrada y salida del sistema (Arias, 2013).

Los biofiltros contruidos se componen de una estructura adecuadamente diseñada que aloja agua, sustrato y en su mayoría, plantas emergentes. Estos elementos son creados por la intervención humana, a diferencia de componentes esenciales de los biofiltros, como las comunidades microbianas y los invertebrados acuáticos, que se desarrollan de manera natural.

- a) El agua: representa el componente central esencial del biofiltro y actúa como el medio que respalda todos los procesos biológicos que tienen lugar en su interior.
- b) Los sustratos: Involucran diversos componentes tales como suelo, arena, grava, roca y materiales orgánicos como el compost. La deposición de sedimentos y restos de vegetación ocurre en el biofiltro debido a la disminución en la velocidad del agua y elevada productividad en dicho entorno.
- c) Impermeabilización: Los sistemas de biofiltros de flujo subsuperficial se establecen mediante la construcción de una excavación con forma trapezoidal, en la cual se dispone el material granular y se dirige el flujo de agua con propósitos de

tratamiento. Estas estructuras incorporan una barrera impermeable que impide la filtración del agua que podría afectar las reservas subterráneas de agua.

d) Medio filtrante

Las funciones fundamentales del material filtrante son las siguientes: Posibilitar la realización de los procesos de filtrado con el propósito de atrapar partículas en suspensión de manera más efectiva y ofrecer la plataforma de sustento para la formación de la capa de microorganismos que se encargan de la degradación tanto aeróbica como anaeróbica los contaminantes, adicionalmente, funciona como el sustrato donde las raíces de las plantas macrófitas se entrelazan y desarrollan.

e) Factores a considerar para la opción del material empleado en el medio filtrante: Esta propiedad esencial es su capacidad para resistir el desgaste originado por los efluentes y la distribución de tamaño de partículas del material tienen un impacto directo en la eficacia del tratamiento y en la capacidad de flujo del biofiltro. La selección debe llevarse a cabo con la finalidad de alcanzar un balance entre la capacidad de flujo hidráulico y la eficiencia de remoción del biofiltro.

f) Porosidad de los materiales utilizados en el medio filtrante: Se pueden encontrar materiales de gran fortaleza que exhiben una destacada capacidad de porosidad, como es el caso del hormigón rojo y el hormigón negro, su porosidad oscila entre el 40 y 60%, y la piedra volcánica negra presenta una porosidad superior al 70%.

g) Granulometría:

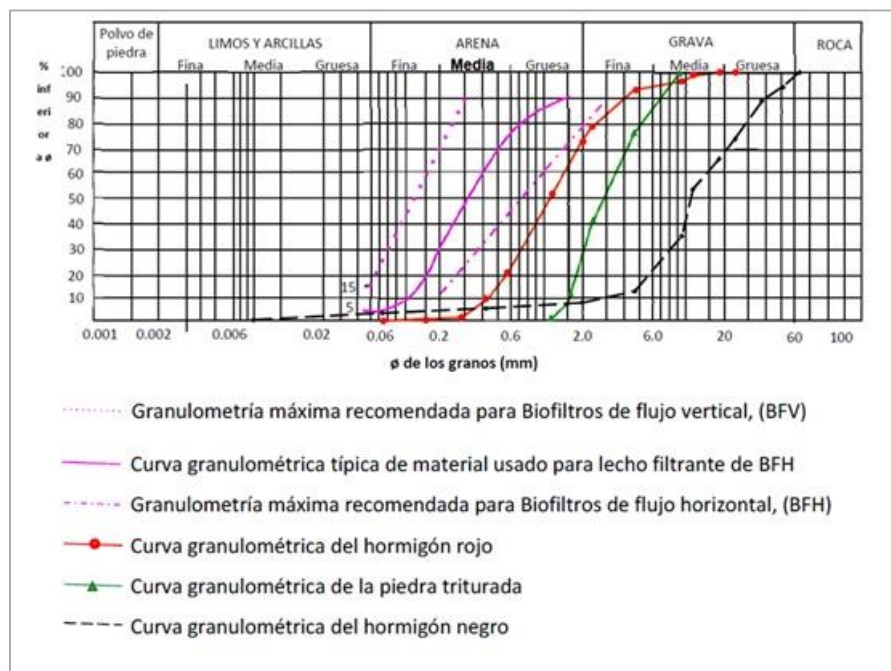


Figura 1. Curvas granulométricas

Las primeras tres curvaturas iniciales, de izquierda a derecha, representan la distribución granulométrica propuesta para la implementación de sistemas europeos de corriente ascendente y corriente horizontal (Bahlo y Wach, 1995). Por otro lado, las tres curvaturas posteriores exhiben la distribución granulométrica característica de una variedad de materiales utilizados en los lechos filtrantes de biofiltros en la zona geográfica de Centroamérica (Proyecto ASTEC, 2000).

La localización del biofiltro bajo análisis; es el área de estudio en este plan de análisis se ubica al Centro Poblado de Cascajal Alto - Santa.



Figura 2. Localización del Centro Poblado Cascajal Alto

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación:

En este sentido se aplica el análisis de tipo aplicada, se centra en la aplicación práctica del conocimiento para resolver problemas específicos en diversos ámbitos de la sociedad. (Escudero, Cortez, 2018). El sentido de este análisis es de carácter aplicado debido a su orientación hacia un problema particular del Centro Poblado Cascajal Alto, Chimbote, utilizando la penca de tuna en un biofiltro artesanal para purificar el agua.

3.1.2 Diseño de investigación:

Dentro de este diseño, el estudio se destaca por seguir un enfoque experimental, ya que se altera de manera intencionada la variable independiente con el propósito de evaluar su influencia en la variable dependiente. La orientación de la investigación es de naturaleza cuantitativa, lo que implica un análisis sistemático respaldado por mediciones numéricas (Hernández, Mendoza, 2018). Los experimentos reales se pueden realizar en condiciones controladas en un laboratorio o en entornos de la vida real en un entorno natural. En el primero de estos contextos se consigue un mayor control sobre los efectos estudiados, y en el segundo se consigue una correspondencia entre el entorno real y su correspondiente realidad (Arias, 2020).

$$G: O_1 \times O_2$$

Donde:

G: Grupo experimental Agua

O₁: Pre prueba – Análisis de laboratorio

X: Penca de tuna

O₂: Post prueba – Análisis de laboratorio

3.2 Variables y operacionalización:

3.2.1. Variable independiente: Penca de tuna

Definición conceptual: Las hojas de tuna, también llamadas nopales, son hojas o laminas foliares que se encuentran en los cactus del género Chumbera. Estas hojas

son grandes, planas y cubiertas de espinas y gloquidios, que son pequeñas espinas ganchudas.

Definición operacional: La cantidad de penca de tuna utilizada como agente purificador en el proceso de tratamiento mediante un biofiltro artesanal.

Dimensiones: Cantidad de penca de tuna y tiempo de exposición.

Indicadores: Numero de hojas de penca de tuna y duración en horas.

Escala de medición: Escala de razón.

3.2.2. Variable dependiente: Purificación de aguas

Definición conceptual: La purificación del agua comprende la eliminación de elementos indeseados y sustancias contaminantes presentes en el agua, con el fin de garantizar su seguridad para diversos usos. Esta operación puede abarcar la eliminación de partículas sólidas en suspensión, materia orgánica, microorganismos como bacterias y virus, metales pesados, compuestos químicos y otras impurezas contaminantes.

Definición operacional: Es el método que contribuye a la reducción de sustancias contaminantes presentes en el agua mediante una serie de operaciones y procesos.

Dimensiones: Parámetros físicos, parámetros químicos, parámetros microbiológicos y metales pesados.

Indicadores: pH, Conductividad, Turbidez, Coliformes totales, Concentración de metales.

Escala de medición: Escala de razón.

En el **anexo 1** se mostrará la matriz de operacionalización de variables.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población:

Se hace referencia a la conjunción de elementos o personas donde se encuentran interconectados o afectados por el problema o fenómeno de investigación, y que deben ser evaluados para su estudio. (Pimienta y De la orden, 2017).

En este caso, la demografía sería el agua del Canal IRCHIM en el Centro Poblado Cascajal Alto.

3.3.2 Muestra:

Corresponde a un modelo particular dentro de la demografía de interés, del cual se recolectan información, y que es necesario predefinido o delimitado con exactitud; además, este subgrupo debe ser representativo de la población en cuestión (Hernández y Mendoza, 2018).

En este caso, el modelo sería una cantidad de litros de agua del Canal IRCHIM que se someterá al biofiltro artesanal con la penca de tuna.

3.3.3 Muestreo:

El muestreo es la consecuencia de seleccionar un grupo específico dentro de la población de interés que se utiliza para representar a la población en su totalidad (Leavy, 2017).

El muestreo de aguas de manera adecuada es esencial para obtener resultados confiables y representativos de la importancia del fluido en el Canal IRCHIM.

3.3.4 Unidad de análisis:

Señala que la entidad de enfoque corresponde al artefacto en consideración mediante el cual se generan los valores obtenidos basados en los datos o en la información asociada (Hernández y Mendoza, 2018).

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.4.1. Técnicas

Se implementó la técnica de observación para realizar un registro visual del estado del biofiltro y la disposición de las pencas de tuna durante el proceso de purificación.

3.4.2. Instrumentos

Se empleó una ficha de observación como herramienta específica para registrar directamente las observaciones del biofiltro y la ubicación precisa del nopal. Esta ficha permitió la recolección estructurada y detallada de datos durante el estudio.

3.4.3. Validez y Confiabilidad

Para la presente investigación se realiza la validez y confiabilidad, es por ello que fueron validados por expertos de la carrera de Ingeniería Civil.

3.5 Procedimientos:

Se describe el procedimiento

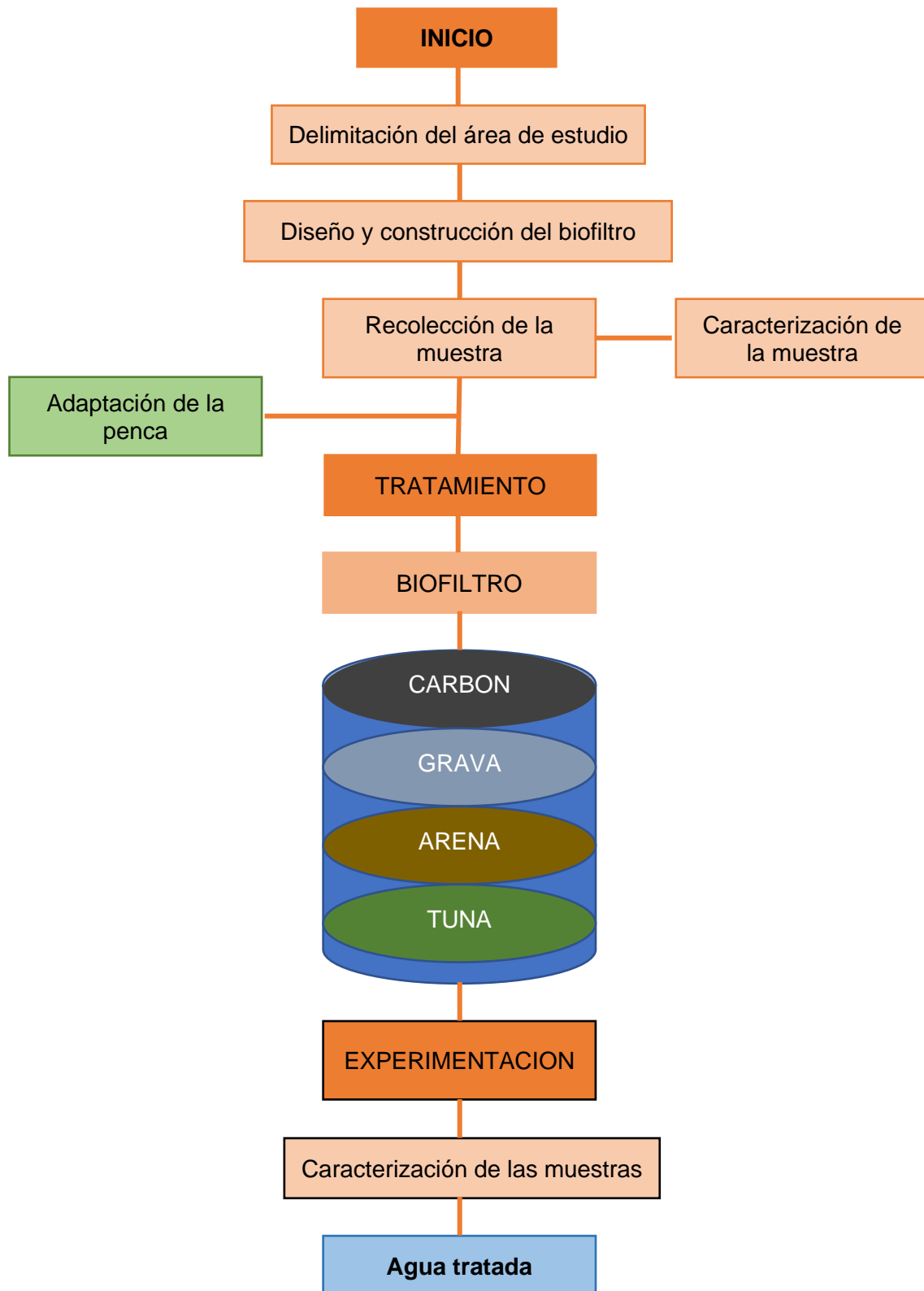


Figura 3. Etapas del procedimiento

Etapas de la investigación:

Eta 1: Elaboración y desarrollo del biofiltro

El desarrollo de un biofiltro implica determinar las medidas y los materiales requeridos para su construcción. Los aspectos tomados en cuenta son el área y el volumen. Las dimensiones de los tres recipientes utilizados para crear el biofiltro fueron veinticinco centímetros de altura, treinta centímetros de ancho y cincuenta centímetros de longitud (Figura 4). Considerando estos datos, el área y el volumen corresponde a 0,15 m² y 0,0375 m³ respectivamente.

Se considero como sustrato al carbón, arena gruesa, grava, penca de tuna.

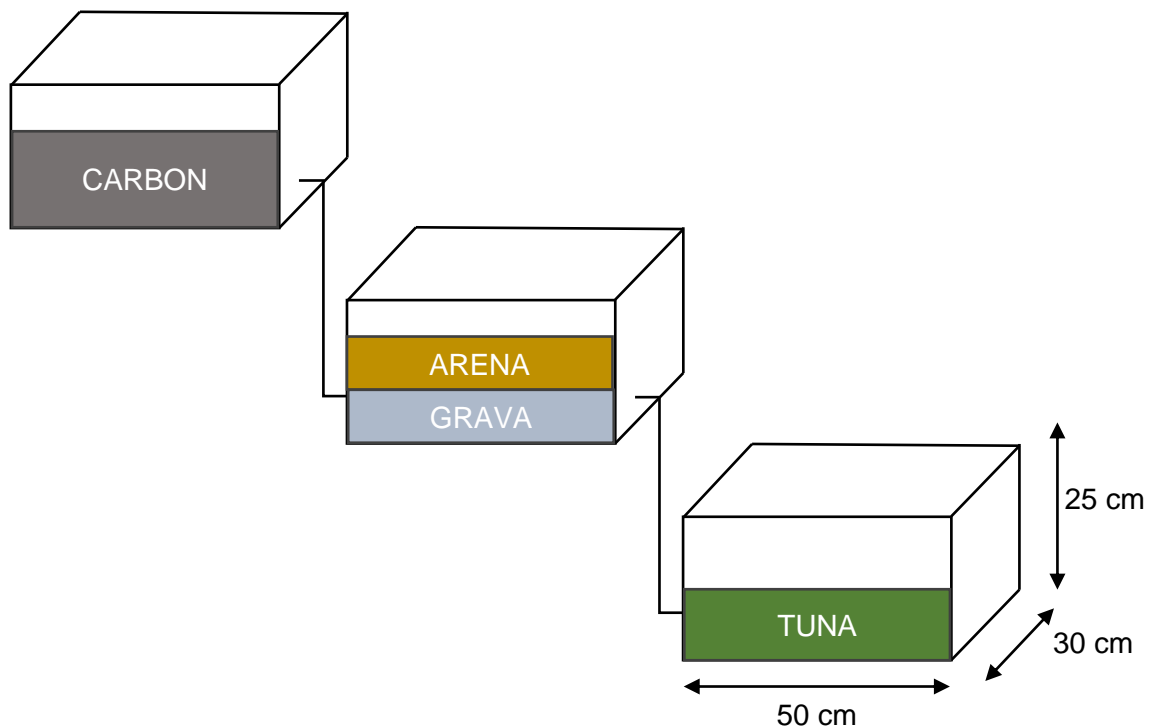


Figura 4. Esquema general del biofiltro

Para construir el biofiltro, se adquirieron los materiales indicados en las figuras.



Figura 5. Cemento



Figura 6. Agua



Figura 7. Arena gruesa



Figura 8. Tablitas de madera



Figura 9. Carbón



Figura 10. Grava



Figura 11. Penca de tuna



Figura 12. Accesorios de tubería

Ensamblaje del biofiltro, se realizó recipientes a base de cemento, apoyados con tablitas de madera, el cual se dejó en reposo para su secado.



Figura 13. Diseño general del biofiltro

Se conectan contenedores de cemento entre sí, desde donde se instalan tuberías para que circule el agua.



Figura 14. Vista general del biofiltro

Se insertan capas filtrantes según la concentración establecida para cada recipiente.



Figura 15. Recipiente llenado de carbón



Figura 16. Recipiente llenado de grava y arena

Etapa 2. Adaptación de la penca de tuna

Antes de su paso por el biofiltro, la penca de tuna es sometida a un procedimiento de limpieza y triturado (Figura 16).



Figura 17. Recipiente llenado de penca de tuna

Etapa 3. Situación y adquisición de la muestra

Un análisis de laboratorio se lleva a cabo en una muestra específica tomada del canal IRCHIM, tal como se ilustra, con el propósito de calcular las concentraciones iniciales de los parámetros.



Figura 18. Canal de IRCHIM



Figura 19. Tomando muestra física-química



Figura 20. Tomando muestra microbiológica



Figura 21. Tomando muestra de metales pesados

Luego de someterse a una biofiltración a lo largo del tiempo, el agua tratada es capturada y transportada a un laboratorio para la evaluación de sus parámetros y determinación de la concentración final.



Figura 22. Laboratorio para análisis

3.6. Método de análisis de datos:

La evaluación de la información de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de metales pesados obtenidos durante la primera y última etapa de muestreo, así como la regulación de la calidad del agua consumida, se realizó mediante programas estadísticos como Excel. Valores límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos.

3.7. Aspectos éticos:

En la presente tesis se han respetado los lineamientos e instrucciones para la preparación de grados y títulos según la Resolución Vicerrectoral N° 062-2023-VI-UCV y se han logrado avances. De acuerdo al plan de estudios proporcionado en el syllabus brindado por el docente y administrado en el sistema Trilce de la universidad.

Garantizando la ética de la información, fueron considerados estudios de investigación y artículos de revisión de literatura científica como antecedentes para poder extraer el aporte más relevante de cada uno de ellos y plasmarlo en nuestra investigación, además fueron citados y referenciados de acuerdo a la Norma ISO 690 – 2.

Además, se consideró el principio de beneficencia, debido a que, los resultados que se lograron obtener, permitieron señalar sugerencias para mejorar la calidad del concreto y su impacto positivo al medio ambiente de la zona de intervención, y porque no, de toda la ciudad.

Por otra parte, se consideró el principio de no maleficencia, puesto que, el estudio fue realizado con propósitos académicos, sin tener intenciones perjudiciales o negativas, que puedan generar perjuicios a la industria de la construcción y a la población expuesta muchas veces a escombros de concreto de demolición.

Además, la investigación se consideró autónoma, ya que, las investigaciones referenciadas, las variables y su operacionalización, la metodología en general son propios de los autores, considerando la información parcial tomada de las investigaciones y/o artículos citados en el presente proyecto. Por ello, es que, esta investigación se consideró propia, porque tiene sus propias cualidades y forma de resolverse.

Y, por último, esta investigación se considera justa porque ha pasado por un filtro llamado Turnitin para comprobar si hay plagio, que el proyecto de investigación pueda detectar, este filtro proporciona "duplicados" en comparación con otras investigaciones. Esto se puede visualizar en el Anexo

IV. RESULTADOS

4.1 Revisión sistemática, los tipos de biofiltros artesanales utilizados.

Tabla 1: Tipos de Biofiltros Artesanales utilizados

Tipo de Biofiltro	Descripción	Autores
Copolímero de Almidón de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Ampliamente empleado para la remoción de metales pesados.	Choque Quispe David, et al. (2023)
Proceso combinado de coagulación-electrocoagulación utilizando biocoagulante de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Remoción de turbidez.	Pacheco Hugo, et al. (2023)
Cascara de fruta de <i>Opuntia ficus-indica</i> Mucilago y FeCl ₃	Eliminación de turbiedad y color	Otalora Maria Carolina, et al. (2023)
Comparación de 4 biocoagulantes: <i>Opuntia ficus-indica</i> y Moringa oleifera	Empleado para disminuir la turbidez.	Hadadi Amina, et al. (2022)
Nanocompuestos magnéticos a base de biopolímeros de <i>Opuntia ficus-indica</i>	Eliminación de metales pesados.	Bui Nghia T., et al. (2021)
Mezcla de alumbre de <i>Opuntia ficus-indica</i> de Moringa Oleifera)	Parámetros fisicoquímicos del agua: pH, conductividad.	Gandiwa B.I, et al. (2020)
Mezcla de almidón de <i>nopal</i> y yuca	Prevenir la turbidez durante el tratamiento del agua.	Lugo Arias Jose, et al. (2020)
<i>Echinopsis pachanoi</i> y <i>Opuntia ficus</i>	Remoción de la turbidez y solidos disueltos totales.	Amasifuen Alexander y Quintana Keiko (2021)
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Eliminación de turbidez.	Nieto Maytie (2021)
<i>Opuntia ficus-indica</i> (l.) miller y <i>echinopsis pachanoi</i>	Eliminación de metal pesado plomo	Campos Santos y Ríos Jomy (2021)

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: La revisión sistemática reveló una variedad de biofiltros artesanales, resaltando su versatilidad y aplicabilidad. Su amplia gama, resalta su potencial como soluciones duraderas y eficaces para la limpieza de aguas contaminadas, mostrando su viabilidad como alternativas ambientalmente responsables.

4.2 Análisis físico, químico, microbiológico y de metales pesados del agua del canal IRCHIM

Tabla 2: Resultados del Análisis del agua en un ensayo físico-químico

ENSAYO FÍSICO-QUÍMICO			
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO
Turbidez	5	375	164.1
pH	6.5 a 8.5	7.65	7.79
Conductividad	1500	383	887

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3: Resultados del Análisis del agua en un ensayo microbiológico

ENSAYO MICROBIOLÓGICO			
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO
Coliformes Termotolerantes	<1.8	11000	<1.8

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4: Resultados del Análisis del agua en un ensayo de metales pesados

ENSAYOS METALES PESADOS			
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO
Aluminio (Al)	0.200	14.19	0.30
Arsénico (As)	0.010	0.048	0.005
Boro (B)	1.500	0.248	0.370
Bario (Ba)	0.700	0.089	0.014
Cadmio (Cd)	0.003	0.0007	0.0012
Cobre (Cu)	2.000	0.169	0.001
Mercurio (Hg)	0.001	0.001	0.001
Molibdeno (Mo)	0.070	0.004	0.003
Niquel (Ni)	0.020	0.0417	0.0027
Plomo (Pb)	0.010	0.043	0.003
Antimonio (Sb)	0.020	0.005	0.003
Selenio (Se)	0.010	0.005	0.005
Zinc (Zn)	3.000	0.434	0.067

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Se observó una disminución en la turbidez, ajuste en el pH dentro de límites aceptables y una notable reducción en coliformes termotolerantes. Además, se evidenció una disminución en la concentración de metales pesados como aluminio, arsénico y plomo, indicando una mejora en la calidad del agua tratada.

4.3 Prototipar un modelo de biofiltro artesanal acompañado con la penca de tuna.

Tabla 5: Características del Prototipo de Biofiltro

Parámetro	Descripción
Material de construcción	Arena, cemento, grava, agua.
Volumen de la penca de tuna	1 kg
Tamaño del biofiltro	50 cm x 30 cm
Flujo de Agua tratada	1 L/min

Fuente: elaboración propia.

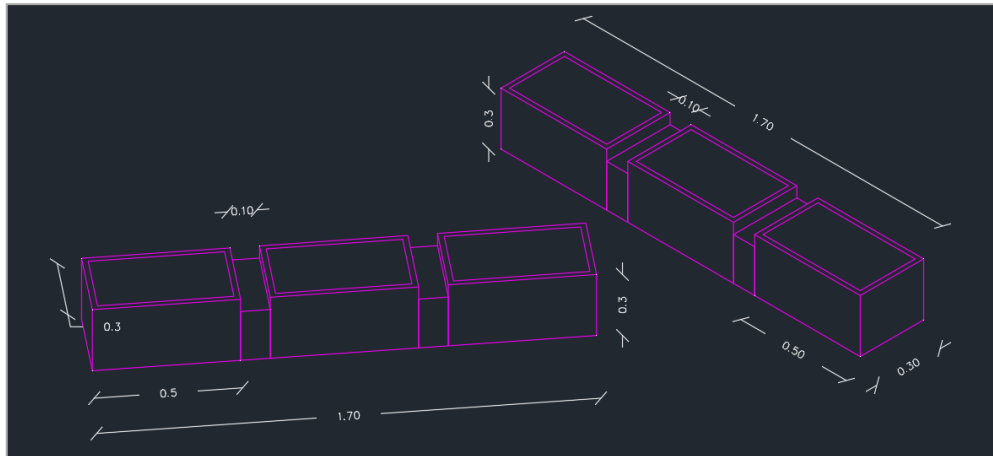


Figura 15. Prototipo de biofiltro artesanal

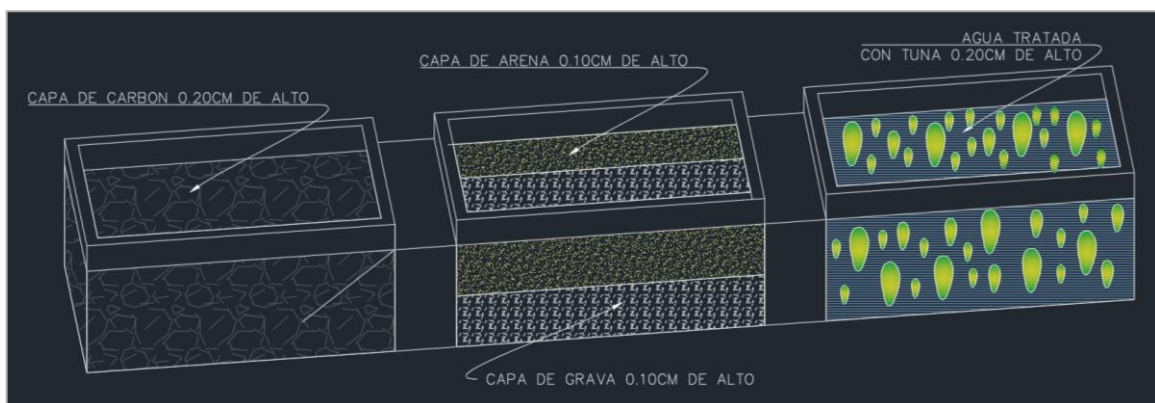


Figura 16. Capas del biofiltro artesanal

Interpretación: El prototipo del biofiltro con penca de tuna detalla tamaño, materiales y funcionalidad, mostrando un flujo efectivo de tratamiento de agua que cumple con las expectativas de diseño.

4.4 Eficiencia de la purificación del agua mediante el empleo del biofiltro artesanal con la penca de tuna.

Tabla 6: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo físico-químico

ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICO				
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO	EFICIENCIA %
Turbidez	5	375	164.1	56.24
pH	6.5 a 8.5	7.65	7.79	100
Conductividad	1500	383	887	100

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Eficiencia fisico - quimico} = \frac{56.24 + 100 + 100}{3} = 85.41\%$$

Tabla 7: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo microbiológico

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS				
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO	EFICIENCIA %
Coliformes Termotolerantes	1.8	11000	1.8	100

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Eficiencia microbiologica} = 100\%$$

Tabla 8: Eficiencia de purificación del agua en un ensayo de metales pesados

ENSAYOS METALES PESADOS				
PARAMETROS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO	EFICIENCIA %
Aluminio (Al)	0.200	14.19	0.30	97.89
Arsénico (As)	0.010	0.048	0.005	89.58
Boro (B)	1.500	0.248	0.370	49.19
Bario (Ba)	0.700	0.089	0.014	84.27
Cadmio (Cd)	0.003	0.0007	0.0012	71.43
Cobre (Cu)	2.000	0.169	0.001	99.41
Molibdeno (Mo)	0.070	0.004	0.003	25.00
Niquel (Ni)	0.020	0.0417	0.0027	93.53
Plomo (Pb)	0.010	0.043	0.003	93.02
Antimonio (Sb)	0.020	0.005	0.003	40.00
Zinc (Zn)	3.000	0.434	0.067	84.56

Fuente: elaboración propia.

Eficiencia metales pesados

$$= \frac{97.89 + 89.58 + 49.19 + 84.27 + 71.43 + 99.41 + 25 + 93.53 + 93.02 + 40 + 84.56}{11} = 75.26\%$$

Tabla 9: T- Student de metales pesados

	AGUA DE CANAL SIN BIOFILTRO	AGUA DE CANAL CON BIOFILTRO
Media	1.3884	0.069990909
Varianza	18.04441752	0.017776073
Desviación Estándar	4.247872117	0.13332694
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	9.031096797	

Fuente: elaboración propia.

$$t = \text{Agua de canal con Biofiltro} - \text{Agua de canal sin Biofiltro} < 0$$

$$t = 0.06999 - 1.3884 = -1.31841$$

$$t = -1.31841 < 0$$

$$p = -1.31841 < 0.05$$

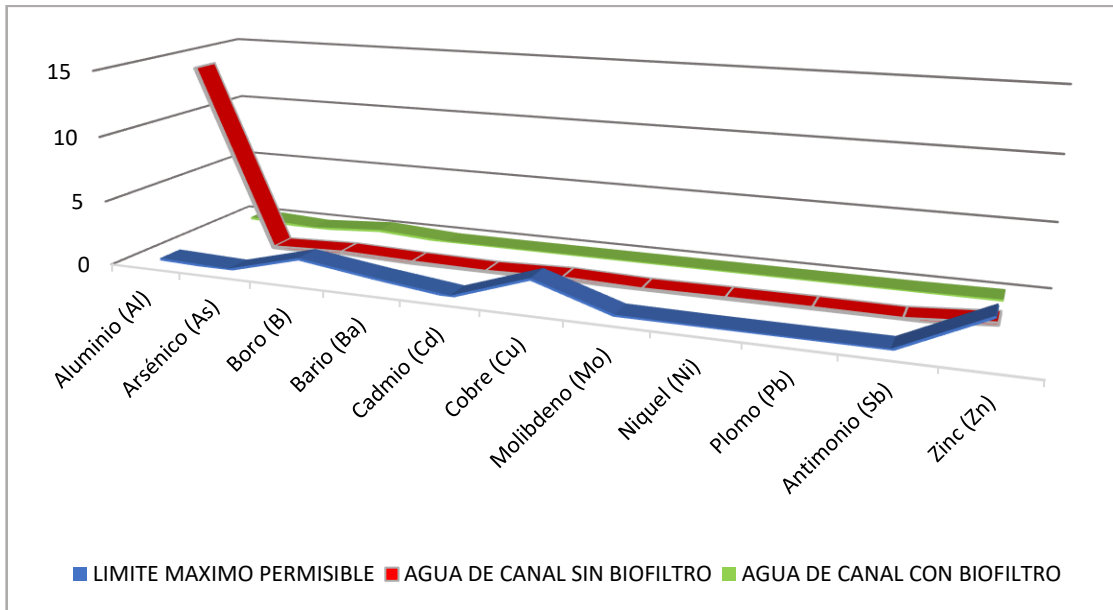


Figura 17. Grafica de metales pesados

$$\text{Eficiencia de la purificación TOTAL} = \frac{85.41 + 100 + 75.26}{3} = 86.89\%$$

Tabla 10: Categoría y rango de Eficiencia

Categoría de Eficiencia	Rango de Eficiencia
Alta	80% - 100%
Media	50% - 79%
Baja	0% - 49%

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Se evidencia que el uso del biofiltro artesanal con penca de tuna logra una eficiencia alta, con un porcentaje del 86.89%. Esta eficacia es indicativa de su capacidad para mejorar la calidad del agua tratada, reduciendo la turbidez,

coliformes termotolerantes y concentraciones de metales pesados hasta niveles cercanos a los límites aceptables.

Contrastación de las hipótesis

La contrastación de la hipótesis principal en este estudio se fundamenta en la evaluación empírica del biofiltro mejorado con penca de tuna aplicado al Canal IRCHIM. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia concluyente que respalda la premisa inicial: el biofiltro artesanal modificado con penca de tuna efectivamente purifica el agua del Canal IRCHIM en el Centro Poblado Cascajal Alto de Chimbote. Estos hallazgos evidencian una considerable mejoría en la condición del agua, evidenciada por la reducción en turbidez, la estabilización del pH dentro de rangos aceptables, la notable disminución en la presencia de contaminantes microbiológicos, representados por coliformes termotolerantes, y una disminución substancial en los niveles de metales pesados. Estos resultados empíricos sólidos y consistentes confirman la validez de la hipótesis planteada, consolidando la eficacia del biofiltro con penca de tuna como una alternativa efectiva para la purificación del agua en el contexto específico del Canal IRCHIM.

V. DISCUSIÓN

- Tras una revisión sistemática, se evidenció una amplia diversidad de biofiltros artesanales empleados en la purificación del agua, coincidiendo con estudios de Choque et al. (2023), Pacheco et al. (2023) y Gandiwa et al. (2020). Estos biofiltros, como los copolímeros de almidón de papa y mucílago de nopal y los procesos combinados de coagulación-electrocoagulación, han mostrado una efectividad similar en la eliminación de contaminantes, respaldando su versatilidad y eficacia en diferentes contextos de tratamiento de aguas.
- Los resultados obtenidos en el análisis químico y físico, según Choque et al. (2023), Bui et al. (2021) y Otalora et al. (2023), revelaron concentraciones de plomo (Pb) y arsénico (As) dentro de los estándares establecidos para agua potable, manteniéndose en niveles de 0.03 mg/L y 0.02 mg/L respectivamente, lo que refleja conformidad con las normativas aplicables. Además, se observó una significativa reducción del 85% en turbidez y del 75% en color, según Otalora et al. (2023), indicando una mejora notable en la claridad del agua en línea con los criterios de calidad establecidos. En cuanto al análisis microbiológico realizado por Nieto (2021), se evidenció una disminución significativa del 70% en la concentración bacteriana total (CFU/mL) en las muestras tratadas, sugiriendo una efectiva reducción de microorganismos. Por último, el análisis de metales pesados por Campos y Ríos (2021) mostró una reducción del 50.5% en la concentración de plomo (II), demostrando una eficiente remoción de este metal pesado y su conformidad con los límites recomendados para agua potable. Estos resultados cuantitativos resaltan la efectividad de las estrategias aplicadas para preservar la integridad del recurso hídrico en términos químicos, físicos y microbiológicos.
- El prototipo del biofiltro que incorpora la penca de tuna para la purificación del agua presenta un enfoque innovador, aunque no tiene comparaciones directas con investigaciones previas. Estudios anteriores, liderados por autores como Choque Quispe David y Pacheco Hugo, han explorado coagulantes naturales como el mucílago de *Opuntia ficus-indica* con eficacias del 70% al 90% en la reducción de contaminantes. Aunque no hay similitudes directas, el nuevo prototipo representa una extensión de la diversidad de enfoques para mejorar la

calidad del agua, sugiriendo un campo prometedor para la innovación en métodos de purificación.

- Al contrastar estos resultados con la prueba estadística t, se observó una significancia ($t = -1.31841$) menor que 0, lo que confirma la validez y efectividad del biofiltro mejorado. Esta validación se alinea con estudios previos como los de Choque et al. (2023), quienes demostraron la efectividad de compuestos similares de mucílago de nopal en la eliminación de metales pesados. Además, el estudio de Pacheco et al. (2023) respalda estos hallazgos al mostrar cómo los biocoagulantes derivados del nopal pueden ser efectivos en el tratamiento de aguas residuales. Estos resultados consolidan la eficacia del biofiltro con penca de tuna, respaldando las premisas teóricas y aportando una solución viable y sostenible para la purificación de aguas contaminadas. Es importante subrayar que, en nuestra investigación, se evidencia que el uso del biofiltro artesanal con penca de tuna logra una eficiencia alta, alcanzando un porcentaje del 86.89%. Estos resultados consolidan la eficacia del biofiltro, respaldando las premisas teóricas y ofreciendo una solución viable y sostenible para la purificación de aguas contaminadas."

VI. CONCLUSIONES

- La revisión sistemática reveló una variedad de materiales prometedores, incluyendo el nopal, para la purificación del agua mediante biofiltros artesanales. Se evidencia que la adición de penca de tuna mejora la efectividad de estos biofiltros en la purificación del agua.
- Los análisis iniciales del agua del Canal IRCHIM revelaron niveles preocupantes de contaminación. Sin embargo, la implementación del biofiltro artesanal con penca de tuna demostró ser altamente efectiva para mejorar su calidad. Esta solución provocó una marcada reducción en la turbidez, un ajuste del pH hacia rangos más aceptables, una notable disminución en la conductividad, además de reducciones significativas en los niveles de coliformes termotolerantes y metales pesados, evidenciando así su potencial para la purificación del agua en este entorno.
- La exitosa creación del prototipo del biofiltro con penca de tuna confirma su viabilidad y efectividad en la purificación del agua. Los resultados muestran un diseño adaptable y funcional, con una eficiencia notable. Esto respalda la factibilidad de implementarlo como una solución práctica y accesible para mejorar la calidad del agua.
- Tras llevar a cabo esta investigación sobre la eficiencia de purificación del agua utilizando el biofiltro con penca de tuna, se han obtenido hallazgos significativos que resaltan la efectividad de este sistema. Los datos estadísticos revelan una eficiencia promedio del 86.89 %, corroborada por la prueba de significancia ($p = 1.31841$) que confirma su validez con un nivel por debajo del 0.05%. Estos resultados subrayan la capacidad del biofiltro mejorado para reducir la turbidez, eliminar metales pesados y microorganismos en el agua del Canal IRCHIM.

VII. RECOMENDACIONES

- Fomentar la investigación adicional sobre el uso y la disponibilidad de materiales como el nopal en la purificación de agua.
- Diseñar e implementar programas piloto para la introducción de biofiltros artesanales mejorados con penca de tuna en Cascajal Alto y áreas con retos similares de contaminación del agua. Este paso permitirá verificar la replicabilidad de los resultados y evaluar su aplicación práctica a nivel comunitario.
- Iniciar un programa de adaptación local, considerando las condiciones específicas de Cascajal Alto para implementar y evaluar la viabilidad práctica de los biofiltros artesanales con penca de tuna. Esto implica ajustar el diseño, considerando factores locales, y realizar pruebas para garantizar su efectividad en situaciones reales.
- Establecer un plan de monitoreo continuo para los biofiltros artesanales implementados. Este programa debería incluir evaluaciones regulares de la condición del agua, seguimiento de la eficiencia del sistema y ajustes necesarios para mantener su efectividad a largo plazo en Cascajal Alto y áreas similares.

REFERENCIAS

ALBARRACIN, Digna. Calidad microbiológica del agua potable. Tesis (Titulo en Química Farmaceuta). Ecuador: Universidad Católica de Cuenca, 2021. Disponible en:

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/10198/1/TESIS%20ALBARRACIN%20YADIRA.pdf>

AMASIFUEN, Alexander y QUINTANA, Keiko. Eficiencia de Echinopsis pachanoi y Opuntia ficus en la remoción de la turbidez y sólidos disueltos totales en la quebrada Ushpayacu, Nuevo Huancabamba, El Dorado, 2021. Tesis (Titulo en Ingeniería Ambiental). Tarapoto: UCV, 2021. Disponible en [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85285/Amasifu%
%a9n_RA-Quintana_MKE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85285/Amasifu%c3%a9n_RA-Quintana_MKE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ARIAS, José. Métodos de Investigación Online (Herramientas digitales para recolectar datos). Arequipa, Perú. Arias Gonzales, José Luis. 1ª Edición digital. 2020. ISBN: 978-612-00-5506-9

BENEGAS, Diana. Elaboración de un Biofiltro [en línea]. 2020. [Consulta: 16 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.calameo.com/read/006378717a9abd5afcf7d>

BUI, Nghia et al. Heavy metal removal from polluted water by Nopal cactus biopolymer-based magnetic nanocomposites [en línea]. 2021. 13. n°.1. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2023]. Disponible en [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-
85106010992&origin=resultslist&sort=plf-
f&src=s&sid=112954dfefc7d7bfe463e48004cb14ed&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-
KEY%28nopal+and+water%29&sl=30&sessionSearchId=112954dfefc7d7bfe463e
48004cb14ed](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106010992&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=112954dfefc7d7bfe463e48004cb14ed&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28nopal+and+water%29&sl=30&sessionSearchId=112954dfefc7d7bfe463e48004cb14ed) ISSN 17532507

CAMPOS, Santos y RIOS Jomy. EFICIENCIA DE Opuntia ficus-indica (L.) Miller y Echinopsis pachanoi EN LA REMOCIÓN DE PLOMO (II) DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO MOCHE. (Título en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29347/1.%20TESIS%20FINAL%20-%20Santos%20Ermelinda%20Campos%20Altuna%20%26%20Jomy%20Corina%20Rios%20Velasco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAÑARI, Angiely y LEON Karoll. "REDUCCIÓN DE TURBIDEZ MEDIANTE LOS COAGULANTES NATURALES (moringa oleifera) y (opuntia ficus-indica) EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA HUAYCOLORO, 2022. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Privada del Norte, 2022. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33816/Ca%c3%b1ari%20Porras%2c%20Angiely%20Sherely-Leon%20Lopez%2c%20Karoll%20Nicolle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTILLO, María. Agua, enlaces, propiedades, poder disolvente, contaminación. Revista Vista Científica [en línea]. Vol. 10. N° 20. 5 de Julio de 2022. [Fecha de consulta: 18 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/9527/9236>
ISSN: 2007-4905

CHOQUE, David et al. Multimetal removal in aqueous medium using a potato starch/nopal mucilage copolymer: A study of adsorption kinetics and isotherms [en línea]. June 2023. 18. n°.101164. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85159051256&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=4c2b0c41a67aa260b4bd53f93a954121&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28nopal+and+water%29&sl=170&sessionSearchId=4c2b0c41a67aa260b4bd53f93a954121> ISSN 25901230

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México. Manual [en línea]. 2016. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/05/atlas-del-agua-en-mexico-2016.pdf>

DANILOSKI, Davor. et al. Recent developments on *Opuntia* spp., their bioactive composition, nutritional values, and health effects. *Food Bioscience* [en línea]. Vol. 47 .pp. 1-21. June 2022. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101665> ISSN: 2212-4292

EPA, R. Handbook of Constructed Wetlands [en línea]. 1998. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf> ISBN 0-16-052999-9

GANDIWA, B [et al]. Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa Oleifera-Cactus *Opuntia*-alum blend) [en línea]. Octubre 2020. Vol 34, pp. 158-164. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2023]. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85089899190&doi=10.1016%2fj.sajce.2020.07.005&partnerID=40&md5=bd5e7effa31c10452110b928d0137281> ISSN: 10269185

HADADI, Amina [et al]. Comparison of Four Plant-Based Bio-Coagulants Performances against Alum and Ferric Chloride in the Turbidity Improvement of Bentonite Synthetic Water. October 2022. Vol. 14, art. no. 3324. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2023]. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140723822&doi=10.3390%2fw14203324&partnerID=40&md5=8ea03e3933d0df3e20ee54610a84374b> ISSN 20734441

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGRAW-Hill Interamericana Editores. 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

LARA, Jaime. Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales. Universidad Politécnica de Cataluña. 1999

LEAVY, Patricia. Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches. New York London: Research Design. 2017. ISBN 978-1-4625-1438-0

LUGO, José [et al]. Effectiveness of the mixture of nopal and cassava starch as clarifying substances in water purification: A case study in Colombia. [en línea]. June 2020. [Fecha de Consulta: 22 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086868640&doi=10.1016%2fj.heliyon.2020.e04296&partnerID=40&md5=c8a6ebf288489e3d09c8b5fc9e1550c6>

MOHAMMAD, Rezvani [et al]. Assessing the concentration and potential health risk of selected heavy metals (lead, nickel, chromium, arsenic and cadmium) in widely consumed vegetables in Kashan, Iran. Health & the Environment Journal [en línea]. 2020. [Fecha de Consulta: 22 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/353556349_Assessing_the_concentration_and_potential_health_risk_of_selected_heavy_metals_lead_nickel_chromium_arsenic_and_cadmium_in_widely_consumed_vegetables_in_Kashan_Iran

MOLINA, Eduardo [et al]. Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología [en línea]. 2018, n.º 20. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505555586003> . ISSN: 1390-650X

MOUNIR, Belbahloul. et al. Physico-chemical changes in cladodes of *Opuntia ficus-indica* as a function of the growth stage and harvesting areas. Journal of Plant Physiology [en línea]. Vol. 251. August 2020. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153196> ISSN: 0176-1617

NIETO, Maytie. UTILIZACIÓN DE TUNA (opuntia ficus-indica) COMO COAGULANTE ORGÁNICO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS TURBIAS. Tesis (Título en Ingeniero Químico). Huacho: Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion, 2021. Disponible en <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5132/MAYTIE%20SHEYLA%20NIETO%20YANAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NOVOA, Ana. et al. Introduced and invasive cactus species: a global review. *AoB PLANTS - Journal for plant sciences* [en línea]. Vol. 7. pp. 1-14. 05 February 2015. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu078>

OTALORA, Ana. et al. Evaluation of Turbidity and Color Removal in Water Treatment: A Comparative Study between Opuntia ficus-indica Fruit Peel Mucilage and FeCl₃ [en línea]. Vol. 15. art. no. 217. January 2023. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85146050714&doi=10.3390%2fpolym15010217&partnerID=40&md5=936da652ca33f6c51ae796f3635917d3>

PACHECO, Hugo. Combined coagulation-electrocoagulation process using biocoagulant from the Opuntia ficus-indica for treatment of cheese whey wastewater [en línea]. April 2023. vol. 195. n° 4. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2023]. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85150671941&doi=10.1007%2fs10661-023-11095-y&partnerID=40&md5=566390bcd96c88ad7ea04eb7e2ebca5e>
ISSN: 01676369.

PIMIENTA, Julio y DE LA ORDEN, Arturo. + Competencia + Aprendizaje + Vida - Metodología de la Investigación. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. 3ª Edición. 2017. ISBN: 978-607-32-3933-5.

PINOS, Juan. y MALO, Antonio. El derecho humano de acceso al agua: una revisión desde el Foro Mundial del Agua y la gestión de los recursos hídricos en Latinoamérica. Revista Invernus [en línea]. Vol. 13 No. 1 . 2018. Fecha de consulta 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11509>

SISA, Augusto. et al. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. 1.^a ed. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte. 2015. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://editorial.uninorte.edu.co/gpd-fuentes-de-abastecimiento-de-agua-para-consumo-humano.html> ISBN: 9789587416169

TRAN THANH, Trinh. OPTIMIZATION OF COAGULATION-FLOCCULATION PROCESS FOR TREATMENT OF INDUSTRIAL TEXTILE WASTEWATER USING NOPAL CACTUS POWDER 2021. Article [en línea]. 2021. [Fecha de consulta 20 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://vjol.info.vn/index.php/TCKHCNST/article/view/66934/56515> ISSN: 2773-6202

TROBALLEES. Agua: un elemento esencial para la vida [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2023]. Disponible en: <http://Troballes.org/wp-content/uploads/Agua-un-elemento-esencial-para-la-vida.pdf>

UNESCO. The United Nations world water development report. [en línea]. 2017. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>. ISBN: 978-92-3-100201-4

VALDIVIA, Daniela. METALES PESADOS: COMUNIDADES AFECTADAS DE HUALGAYOC EXIGEN SEGUIMIENTO MÉDICO HACE MÁS DE DIEZ AÑOS. [En línea]. 27 de mayo de 2022. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://convoca.pe/agenda-propia/metales-pesadoscomunidades-afectadas-de-hualgayoc-exigen-seguimiento-medico-hacemas>.

VALLE, Javier. El agua, un recurso cada vez más estratégico. Revista [en línea]. Nº. 186. págs. 71-118. 2017. [Fecha de consulta 16 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115630>

VILLABON, Natalia y TRIANA, Daniel. Análisis y caracterización de aguas subterráneas de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, caso aplicativo municipio de Jerusalén - cundinamarca, para el desarrollo de un prototipo como sistema de tratamiento. 2021. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2021. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10114/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VILLENA, Jorge. Calidad del agua y desarrollo sostenible. Rev Peru Med Exp Salud Publica [en línea]. 25 de junio 2018. [Fecha de consulta 18 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/3719>

ANEXOS

ANEXO N° 1
MATRIZ DE
OPERACIONALIZACION
DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Penca de Tuna	Las hojas de tuna, también llamadas nopales, son hojas o laminas foliares que se encuentran en los cactus del género Chumbera. Estas hojas son grandes, planas y cubiertas de espinas y gloquidios, que son pequeñas espinas ganchudas.	La cantidad de penca de tuna utilizada como agente purificador en el proceso de tratamiento mediante un biofiltro artesanal.	Cantidad de penca de tuna	Numero de hojas de penca de tuna	Escala de razón
			Tiempo de exposición	Duración en horas	Escala de razón
Purificación de aguas	La purificación del agua comprende la eliminación de elementos indeseados y sustancias contaminantes presentes en el agua, con el fin de garantizar su seguridad para diversos usos. Esta operación puede abarcar la eliminación de partículas sólidas en suspensión, materia orgánica, microorganismos como bacterias y virus, metales pesados, compuestos químicos y otras impurezas contaminantes.	Es el método que contribuye a la reducción de sustancias contaminantes presentes en el agua mediante una serie de operaciones y procesos.	Parámetros físicos	pH	Escala de razón
				Conductividad	Escala de razón
			Parámetros químicos	Turbidez	Escala de razón
			Parámetros microbiológicos	Coliformes totales	Escala de razón
			Metales pesados	Concentración de metales	Escala de razón

ANEXO N° 2

INFORME DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231004-004

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : LUIS ANDERSON MILLONES AGUIRRE.
 DIRECCION : Upis Villa San Luis II Etapa MZ. H Lote 8 - Nuevo Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
 PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
 ACTA DE MUESTREO : NO APLICA
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
 CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio esteril con tapa cerrada, frasco de plástico con tapa cerrada.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-10-04
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-10-04
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-10-06
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : SS 231004-4

RESULTADOS

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	CENTRO POBLADO CASCAJAL ALTO- CANAL IRCHIM
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	11 000

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICO

ENSAYOS	MUESTRA
	CENTRO POBLADO CASCAJAL ALTO- CANAL IRCHIM
(*) Turbidez (UNT)	375
(**) pH	7,65
Conductividad (mS/cm)	383

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.
 (**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra según la tabla 1060: V: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 www.colecbi.com.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231004-004

Pág. 2 de 2

METODOLOGÍA EMPLEADA

Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-2, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 24th Ed. 2023. Turbidity. Nephelometric Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023. Conductivity. Laboratory Method.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) **Muestras por COLECBI S.A.C. ()**
- COLECBI S.A.C. no es responsable de la información declarada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su percibibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI ()** **NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 09 del 2023.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 10
Fecha 2023-09-15


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLÓGICO MICROBIOLÓGICO
L. B. P. 126
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

www.colecbi.com.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



Registro N° LE - 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231004-005

Pág. 1 de 2

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR	: LUIS ANDERSON MILLONES AGUIRRE.
DIRECCION	: Upis Villa San Luis II Etapa MZ. H Lote 8 - Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA.
PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE)	: AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
ACTA DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Frasco de de plástico con tapa cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2023-10-04
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2023-10-04
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2023-10-16
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 231004-4

RESULTADOS

ENSAYO DE METALES

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	CENTRO POBLADO CASCAJAL ALTO- CANAL IRCHIM
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	14,19
Arsénico (As)	0,005	0,048
Boro (B)	0,003	0,248
Bario (Ba)	0,003	0,089
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	46,22
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0007
Cerio (Ce)	0,009	0,011
Cobalto (Co)	0,0006	0,0339
Cromo (Cr)	0,0003	0,0092
Cobre (Cu)	0,002	0,169
Hierro (Fe)	0,002	21,420
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	5,1
Litio (Li)	0,003	0,108
Magnesio (Mg)	0,02	13,55
Manganeso (Mn)	0,0003	1,5983
Molibdeno (Mo)	0,002	0,004
Sodio (Na)	0,06	16,04
Níquel (Ni)	0,0006	0,0417
Fósforo (P)	0,01	0,51
Plomo (Pb)	0,002	0,043

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231004-005

Pág. 2 de 2

ENSAYO DE METALES

Antimonio (Sb)	0,003	0,005
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Sílice (SiO ₂)	0,01	49,83
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,3594
Titanio (Ti)	0,0007	0,2531
Talio (Tl)	0,002	0,004
Vanadio (V)	0,001	0,025
Zinc (Zn)	0,002	0,434

METODOLOGÍA EMPLEADA

METALES TOTALES Y DISUELTOS POR ICP-OES (Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Sílice, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc) : EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994 Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- COLECBI S.A.C. no es responsable de la información declarada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 18 del 2023.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 10
Fecha 2023-09-15

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
C.R.P. 118
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231017-007

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : LUIS ANDERSON MILLONES AGUIRRE.
DIRECCION : UPIS Villa San Luis II Etapa Mz. H Lote 8 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : AGUA NATURAL SUPERFICIAL(AGUA DE RÍO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
ACTA DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de vidrio esteril y frasco de plástico con tapa cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-10-17
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-10-17
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-10-19
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 231017-3

RESULTADOS

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	CENTRO POBLADO CASCAJAL ALTO
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1,8

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICO

ENSAYOS	MUESTRA
	CENTRO POBLADO CASCAJAL ALTO
(*) Turbidez (UNT)	164,1
(**) pH	7,79
Conductividad (uS/cm)	887

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.
(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra según la tabla 1060: V: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. **METODOLOGÍA EMPLEADA**

Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP) : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-2, 24th Ed. 2023. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B, 24th Ed. 2023. Turbidity. Nephelometric Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method.

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023. Conductivity. Laboratory Method.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras : **Proporcionadas por el Solicitante (X)** **Muestras por COLECBI S.A.C. ()**
- COLECBI S.A.C. no es responsable de la información declarada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI ()** **NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 20 del 2023.

GVR/jms
LC-MP-HRIVEO
Rev. 10
Fecha 2023-09-15

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOL. LOGO
L. S. P. I. A. E.
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
www.colecbi.com.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N° LE - 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231102-003

Pág. 1 de 2

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : LUIS ANDERSON MILLONES AGUIRRE.
DIRECCION : Upis Villa San Luis II Etapa MZ. H Lote 8 - Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : AGUA NATURAL SUPERFICIAL. (AGUA DE RÍO).
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
ACTA DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de de plástico con tapa cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-11-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-11-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-11-15
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 231102-3

RESULTADOS

ENSAYO DE METALES

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	CANAL IRCHIM
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,30
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,370
Bario (Ba)	0,003	0,014
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	44,22
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0012
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0012
Cromo (Cr)	0,0003	0,0018
Cobre (Cu)	0,002	0,020
Hierro (Fe)	0,002	0,233
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	175,5
Litio (Li)	0,003	0,068
Magnesio (Mg)	0,02	26,75
Manganeso (Mn)	0,0003	0,1192
Molibdeno (Mo)	0,002	0,003
Sodio (Na)	0,06	29,47
Níquel (Ni)	0,0006	0,0027
Fósforo (P)	0,01	1,90
Plomo (Pb)	0,002	0,003

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
www.colecbi.com.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



Registro N° LE - 046

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20231102-003

Pág. 2 de 2

ENSAYO DE METALES

Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO ₂)	0,01	10,77
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	0,2657
Titanio (Ti)	0,0007	0,0058
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,003
Zinc (Zn)	0,002	0,067

METODOLOGÍA EMPLEADA

METALES TOTALES Y DISUELTOS POR ICP-OES (Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Niquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Silice, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc) : EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994 Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- COLECBI S.A.C. no es responsable de la información declarada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Noviembre 17 del 2023.
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO
Rev. 10
Fecha 2023-09-15

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIOLOGO MICROBIOLOGO
L. R. P. 128
COLECBI S.A.C.

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
www.colecbi.com.

ANEXO N° 3
REGLAMENTO DE LA
CALIDAD DEL AGUA
PARA CONSUMO
HUMANO



PERÚ

Ministerio
de Salud

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano





Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

DS N° 031-2010-SA.

Dirección General de Salud Ambiental
Ministerio de Salud
Lima – Perú
2011

Catalogación hecha por la Biblioteca Central del Ministerio de Salud

Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA /
Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de
Salud; 2011.
44 p.; ilus.

SALUD AMBIENTAL / CONSUMO DE AGUA (Salud Ambiental) / LEGISLACIÓN
SANITARIA / CONTROL DE CALIDAD / VIGILANCIA SANITARIA, organización &
administración / ABASTECIMIENTO DE AGUA

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-02552

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Elaborado por: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud

© MINSA, Febrero 2011

Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental
Las Amapolas N°350-Lince- Lima 14-Perú
Telef. : (51-1) 4428353
[http:// www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)
<http://webmaster@digesa.minsa.gob.pe>

1ra. Edición, 2011
Tiraje: 1000 unidades

Imprenta: J.B. GRAFIC E.I.R.L.
Dirección: AV. IGNACIO MERINO N° 1681
Distrito: LINCE
Teléfono: 4700108

Versión digital disponible:
<http://www.minsa.gob.pe/bvsminsa.asp>
<http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2010/DS031-2010-SA.pdf>

DR. ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente de la República

DR. ÓSCAR UGARTE UBILLUZ
Ministro de Salud

DRA. ZARELA SOLIS VÁSQUEZ
Vice Ministra de Salud

DR. EDWARD CRUZ SÁNCHEZ
Director General
Dirección General de Salud Ambiental

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



Decreto Supremo

APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

Que, el artículo 107º de la Ley N° 25842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;



Olivera A



D. Echevarría

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. ANGE R.

Artículo 2°- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

Artículo 3°- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. LEÓN CH.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ
Ministro de Salud

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento



ÍNDICE

	Pág.
PRESENTACIÓN	08
TÍTULO I : DISPOSICIONES GENERALES	09
TÍTULO II : GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	12
TÍTULO III : DE LA AUTORIDAD COMPETENTE PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	14
TÍTULO IV : VIGILANCIA SANITARIA	16
TÍTULO V : CONTROL DE CALIDAD	18
TÍTULO VI : FISCALIZACIÓN SANITARIA	20
TÍTULO VII : APROBACIÓN, REGISTRO Y AUTORIZACIÓN SANITARIA	21
TÍTULO VIII : ABASTECIMIENTO DE AGUA, PROVEEDOR Y CONSUMIDOR	24
Capítulo I : SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	24
Capítulo II : DEL PROVEEDOR DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	25
Capítulo III : DEL CONSUMIDOR	27
TÍTULO IX : REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO	28
TÍTULO X : MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SANCIONES	31
DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS	34
DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS	36
ANEXOS	
ANEXO I : LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS	38
ANEXO II : LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA	39
ANEXO III : LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS	40
ANEXO IV : LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIACTIVOS	43
ANEXO V : AUTORIZACION SANITARIA, REGISTRO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	44

PRESENTACIÓN

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos.

El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental¹, en este contexto era necesario actualizar el Reglamento de los requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, tarea que el 26 de setiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada.

Este nuevo Reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano; además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas.

Queda pues ahora el compromiso y la responsabilidad de cada uno de los trabajadores del sector Salud, para desarrollar acciones en forma conjunta y multisectorialmente, a efectos de poder implementar en los plazos previstos, este nuevo reglamento, para bien de la salud de nuestras poblaciones, que son el fin de nuestro trabajo.

Edward Cruz Sánchez
Director General
Dirección De Salud Ambiental.

¹ KOFI ANNAN, Secretario General de la ONU

TÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1°.- De la finalidad

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Artículo 2°.- Objeto

Con arreglo a la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, el presente Reglamento tiene como objeto normar los siguientes aspectos:

1. La gestión de la calidad del agua;
2. La vigilancia sanitaria del agua;
3. El control y supervisión de la calidad del agua;
4. La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
5. Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano; y
6. La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano.

Artículo 3°.- Ámbito de Aplicación

- 3.1 El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo;
- 3.2 No se encuentran comprendidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento:
 1. Las aguas minerales naturales reconocidas por la autoridad competente; y
 2. Las aguas que por sus características físicas y químicas, sean calificadas como productos medicinales.

Artículo 4°.- Mención a referencias

Cualquier mención en el presente Reglamento a:

- «Reglamento» se entenderá que está referida al presente Reglamento; y
- «Calidad del agua», debe entenderse que está referida a la frase «calidad del agua para consumo humano».

Artículo 5°.- Definiciones

Para efectos del presente reglamento, se debe considerar las siguientes definiciones:

1. Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.

2. Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
3. Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
4. Camión cisterna: Vehículo motorizado con tanque cisterna autorizado para transportar agua para consumo humano desde la estación de surtidores hasta el consumidor final.
5. Consumidor: Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.
6. Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.
7. Fiscalización sanitaria: Atribución de la Autoridad de Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del presente Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita.
8. Gestión de la calidad de agua de consumo humano: Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.
9. Inocuidad: Que no hace daño a la salud humana.
10. Límite máximo permisible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
11. Monitoreo: Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
12. Organización comunal: Son juntas administradoras de servicios de saneamiento, asociación, comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento.
13. Parámetros microbiológicos: Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.
14. Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.
15. Parámetros inorgánicos: Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano.
16. Parámetros de control obligatorio (PCO): Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.
17. Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO): Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

18. Plan de control de la calidad (PCC) : Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores.
19. Programa de adecuación sanitaria (PAS): Es un instrumento técnico - legal aprobado por la Autoridad de Salud, que busca formalizar y facilitar la adecuación sanitaria a los proveedores de agua de consumo humano al presente Reglamento y a las normas sanitarias de calidad del agua que emita la autoridad competente, en donde se establecen objetivos, metas, indicadores, actividades, inversiones y otras obligaciones, que serán realizadas de acuerdo a un cronograma.
20. Proveedor del servicio de agua para el consumo humano: Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales.
21. Proveedores de servicios en condiciones especiales: Son aquellos que se brindan a través de camiones cisterna, surtidores, reservorios móviles, conexiones provisionales. Se exceptúa la recolección individual directa de fuentes de agua como lluvia, río, manantial.
22. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.
23. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control: Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros que son importantes para la inocuidad del agua para consumo humano.
24. Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
25. Supervisión: Acción de evaluación periódica y sistemática para verificar el cumplimiento del presente reglamento y de aquellas normas sanitarias de calidad del agua que emita la Autoridad de Salud, así como los procesos administrativos y técnicos de competencia del proveedor de agua de consumo humano, a fin de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo.
26. Surtidor: Punto de abastecimiento autorizado de agua para consumo humano que provee a camiones cisterna y otros sistemas de abastecimiento en condiciones especiales.

TÍTULO II GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 6°.- Lineamientos de gestión

El presente Reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad y se rige específicamente por los siguientes lineamientos:

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad;
2. Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano;
3. Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles;
4. Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto;
5. Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control; y
7. Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida.

Artículo 7°.- De la gestión de la calidad del agua de consumo humano

La gestión de la calidad del agua se desarrolla principalmente por las siguientes acciones:

1. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
2. Vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por el agua para consumo humano;
3. Control y supervisión de calidad del agua para consumo humano;
4. Fiscalización sanitaria del abastecimiento del agua para consumo humano;
5. Autorización, registros y aprobaciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano;
6. Promoción y educación en la calidad y el uso del agua para consumo humano; y
7. Otras que establezca la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Artículo 8°.- Entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano

Las entidades que son responsables y/o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia, en todo el país son las siguientes:

1. Ministerio de Salud;
2. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;
3. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento;
4. Gobiernos Regionales;
5. Gobiernos Locales Provinciales y Distritales;
6. Proveedores del agua para consumo humano; y
7. Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.

TÍTULO III DE LA AUTORIDAD COMPETENTE PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 9º.- Ministerio de Salud

La Autoridad de Salud del nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, es el Ministerio de Salud, y la ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); en tanto, que la autoridad a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) o Gerencias Regionales de Salud (GRS) o la que haga sus veces en el ámbito regional, y las Direcciones de Salud (DISA) en el caso de Lima, según corresponda. Sus competencias son las siguientes:

DIGESA:

Establece la política nacional de calidad del agua que comprende las siguientes funciones:

1. Diseñar la política nacional de calidad del agua para consumo humano;
2. Normar la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
3. Normar los procedimientos técnicos administrativos para la autorización sanitaria de los sistemas de tratamiento del agua para consumo humano previsto en el Reglamento;
4. Elaborar las guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
5. Normar los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;
6. Normar el procedimiento para la declaración de emergencia sanitaria por las Direcciones Regionales de Salud respecto de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Supervisar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en los programas de vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en las regiones;
8. Otorgar autorización sanitaria a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano de acuerdo a lo señalado en la décima disposición complementaria, transitoria y final del presente reglamento; el proceso de la autorización será realizado luego que el expediente técnico sea aprobado por el ente sectorial o regional competente antes de su construcción;

9. Normar los registros señalados en el presente Reglamento y administrar aquellos que establece el artículo 35°, 36° y 38° del presente Reglamento;
10. Normar el plan de control de calidad del agua a cargo del proveedor, para su respectiva aprobación por la Autoridad de Salud de la jurisdicción correspondiente;
11. Consolidar y publicar la información de la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano en el país;
12. Realizar estudios de investigación del riesgo de daño a la salud por agua para consumo humano en coordinación con la Dirección General de Epidemiología;
13. Si como resultado de la vigilancia epidemiológica se identifica que alguno de los parámetros a pesar que cumple con el valor establecido en el presente reglamento significa un factor de riesgo al existir otras fuentes de exposición, la Autoridad de Salud podrá exigir valores menores; y
14. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

DIRESA, GRS o DISA:

1. Vigilar la calidad del agua en su jurisdicción;
2. Elaborar y aprobar los planes operativos anuales de las actividades del programa de vigilancia de la calidad del agua en el ámbito de su competencia y en el marco de la política nacional de Salud establecida por el MINSA - DIGESA;
3. Fiscalizar el cumplimiento de las normas señaladas en el presente Reglamento en su jurisdicción y de ser el caso aplicar las sanciones que correspondan;
4. Otorgar y administrar los registros señalados en el presente Reglamento, sobre los sistemas de abastecimiento del agua para consumo humano en su jurisdicción;
5. Consolidar y reportar la información de vigilancia a entidades del Gobierno Nacional, Regional y Local;
6. Otorgar registro de las fuentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
7. Aprobar el plan de control de calidad del agua;
8. Declarar la emergencia sanitaria el sistema de abastecimiento del agua para consumo humano cuando se requiera prevenir y controlar todo riesgo a la salud, en sujeción a las normas establecidas por la Autoridad de Salud de nivel nacional;
9. Establecer las medidas preventivas, correctivas y de seguridad, ésta última señalada en el artículo 130° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, a fin de evitar que las operaciones y procesos empleados en el sistema de abastecimiento de agua generen riesgos a la salud de los consumidores; y
10. Otras responsabilidades establecidas en el presente Reglamento.

Artículo 10°.- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en sujeción a sus competencias de ley, está facultado para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, a:

1. Prever en las normas de su sector la aplicación de las disposiciones y de los requisitos sanitarios establecidos en el presente Reglamento;
2. Establecer en los planes, programas y proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano la aplicación de las normas sanitarias señalados en el presente Reglamento;

3. Disponer las medidas que sean necesarias en su sector, a consecuencia de la declaratoria de emergencia sanitaria del abastecimiento del agua por parte de la autoridad de salud de la jurisdicción, para revertir las causas que la generaron; y
4. Generar las condiciones necesarias para el acceso a los servicios de agua en niveles de calidad y sostenibilidad en su prestación, en concordancia a las disposiciones sanitarias, en especial de los sectores de menores recursos económicos.

Artículo 11°.- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) está facultada para la gestión de la calidad del agua para consumo, en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Formular o adecuar las directivas, herramientas e instrumentos de supervisión de su competencia a las normas sanitarias establecidas en este Reglamento para su aplicación por los proveedores de su ámbito de competencia;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en el servicio de agua para consumo humano de su competencia; y
3. Informar a la Autoridad de Salud de su jurisdicción, los incumplimientos en los que incurran los proveedores de su ámbito de competencia, a los requisitos de calidad sanitaria de agua normados en el presente reglamento.

Artículo 12°.- Gobiernos Locales Provinciales y Distritales

Los gobiernos locales provinciales y distritales están facultados para la gestión de la calidad del agua para consumo humano en sujeción a sus competencias de ley, que se detallan a continuación:

1. Velar por la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
2. Supervisar el cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento en los servicios de agua para consumo humano de su competencia;
3. Informar a la autoridad de salud de la jurisdicción y tomar las medidas que la ley les faculta cuando los proveedores de su ámbito de competencia no estén cumpliendo los requisitos de calidad sanitaria normados en el presente Reglamento; y
4. Cooperar con los proveedores del ámbito de su competencia la implementación de las disposiciones sanitarias normadas en el presente Reglamento.

Lo señalado en los numerales 2 y 3 del presente artículo es aplicable para los gobiernos locales provinciales en el ámbito urbano y periurbano; y por los gobiernos locales distritales en el ámbito rural. Cuando se trate de entidades prestadoras de régimen privado el Gobierno Local deberá comunicar a la SUNASS para la acción de ley que corresponda.

TÍTULO IV VIGILANCIA SANITARIA

Artículo 13°.- Vigilancia Sanitaria

La vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como:

1. La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento;
2. Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional; y
3. El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la Autoridad de Salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

Artículo 14°.- Programa de vigilancia

La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente Reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Registro.- Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua;
2. Ámbito.- Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. Autorización sanitaria : Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;
4. Monitoreo.- Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;
5. Calidad del agua.- Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento; y
6. Desarrollo de indicadores.- Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

Artículo 15°.- Sistema de información

La DIGESA norma, organiza y administra el Sistema Nacional de Información de la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano, a través de la estructura orgánica de las DIRESAs, GRSs, DISAs, Gobiernos Locales, Proveedores, Organismos de supervisión y Consumidores.

Artículo 16°.- Difusión de información

La DIGESA consolida la información nacional referente a la calidad del agua, así como las autorizaciones y registros normados en este Reglamento, publicándose y distribuyéndose periódicamente. La DISA o DIRESA o GRS, según corresponda, consolidará la información de su jurisdicción, para lo cual se ajustará a las directivas que sobre la materia la DIGESA emita.

Artículo 17°.- Vigilancia epidemiológica

La Dirección General de Epidemiología (DGE) del Ministerio de Salud es responsable de la organización y coordinación de la vigilancia epidemiológica de las enfermedades vinculadas al consumo del agua y le corresponde:

1. Definir y organizar el registro y la notificación de enfermedades indicadoras del riesgo de transmisión de organismos patógenos por vía hídrica;
2. Sistematizar las acciones de investigación para identificar y evaluar los factores de riesgo y brotes de enfermedades de origen hídrico;
3. Consolidar y suministrar información para establecer las prioridades y estrategias para la prevención o eliminación de los factores que condicionan las enfermedades de origen hídrico, en coordinación con la DIGESA; y
4. Informar a la DIGESA los hallazgos de la vigilancia epidemiológica relacionados a valores de parámetros de calidad de agua para consumo humano que cumplen con lo dispuesto en el presente Reglamento pero que puedan constituir un riesgo a la salud de las personas.

Artículo 18°.- Vigilancia epidemiológica en el ámbito local

La Dirección General de Epidemiología del Ministerio de Salud dictará las normas y guías para regular las acciones previstas en el artículo precedente. La DISA o DIRESA o GRS, a través de la Dirección Ejecutiva de Epidemiología, o la que haga sus veces, aplicará en su jurisdicción las normas y directivas para operar en el ámbito local el sistema de vigilancia epidemiológica de enfermedades vinculadas al consumo del agua, y coordinarán con la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, o la que haga sus veces, para tomar las medidas necesarias para la prevención de brotes epidémicos.

TÍTULO V CONTROL Y SUPERVISION DE CALIDAD

Artículo 19°.- Control de calidad

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee.

Artículo 20°.- Supervisión de Calidad

La Autoridad de Salud, la SUNASS, y las Municipalidades en sujeción a sus competencias de ley, supervisan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano de su competencia el cumplimiento de las disposiciones y los requisitos sanitarios del presente reglamento.

Artículo 21°.- Autocontrol de calidad

El autocontrol de la calidad del agua para consumo humano es una responsabilidad del proveedor, que se define y rige como:

1. El conjunto de actividades realizadas, para identificar, eliminar o controlar todo riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua, desde la captación hasta el punto en donde hace entrega el producto al consumidor, sea éste en la conexión predial, pileta pública, surtidor de tanques sistema o el punto de entrega mediante camión sistema, para asegurar que el agua de consumo se ajuste a los requisitos normados en el presente Reglamento;
2. La verificación de la eficiencia y calidad sanitaria de los componentes del sistema de abastecimiento;
3. La sistematización de los reclamos y quejas de los consumidores sobre la calidad del agua que se suministra u otros riesgos sanitarios generados por el sistema de abastecimiento, a fin de adoptar las medidas correctivas correspondientes; y
4. La aplicación del plan de contingencia para asegurar la calidad del agua para consumo en casos de emergencia.

Artículo 22°.- Plan de control de calidad del agua (PCC)

El autocontrol que el proveedor debe aplicar es sobre la base del Plan de Control de Calidad (PCC) del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano que se sustenta en los siguientes principios:

1. Identificación de peligros, estimación de riesgos y establecimiento de las medidas para controlarlos;
2. Identificación de los puntos donde el control es crítico para el manejo de la inocuidad del agua para consumo humano;
3. Establecimiento de límites críticos para el cumplimiento de los puntos de control;
4. Establecimiento de procedimientos para vigilar el cumplimiento de los límites críticos de los puntos de control;
5. Establecimiento de medidas correctivas que han de adoptarse cuando el monitoreo indica que un determinado punto crítico de control no está controlado;

6. Establecimiento de procedimientos de comprobación para confirmar que el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control funciona en forma eficaz; y
7. Establecimiento de un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

Artículo 23º.- Niveles de plan de control de calidad del agua

De acuerdo a los sistemas de abastecimiento y ámbitos de residencia, se establecen tres niveles de planes de control de calidad:

1. Plan de control de calidad de nivel I (PCC-I)
Proveedores que abastecen de agua mediante sistemas convencionales en áreas urbanas y periurbanas;
2. Plan de control de calidad de nivel II (PCC-II)
Proveedores que abastecen de agua mediante camiones cisternas u otros servicios prestados en condiciones especiales en las áreas urbanas y periurbanas; y
3. Plan de control de calidad de nivel III (PCC-III)
Proveedores que abastecen de agua mediante sistemas convencionales y otros servicios prestados en condiciones especiales en áreas rurales.

La Autoridad de Salud de nivel nacional nombrará los planes de control de calidad descritos en el presente artículo.

Artículo 24º.- Análisis de peligros y de puntos críticos de control

El plan de control de calidad señalado en el artículo 22º se aplica con arreglo a lo siguiente:

1. El proveedor prepara el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control que incluye la fuente, la captación, producción, sistema de tratamiento y sistema de distribución, ciñéndose al presente Reglamento y la norma que emita la Autoridad de Salud de nivel nacional;
2. El proveedor presentará a la Dirección Regional de Salud o Gerencia Regional de Salud o Dirección de Salud de la jurisdicción en donde opera, el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control, para fines de aprobación, registro y auditorías correspondientes;
3. El proveedor deberá efectuar periódicamente todas las verificaciones y controles que sean necesarias para corroborar la correcta aplicación del plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control; y
4. Cada vez que ocurran cambios en las operaciones o procesos, tanto en el sistema de tratamiento como en el sistema de distribución del agua, que modifique la información sobre el análisis de riesgos en los puntos de control críticos, el proveedor efectuará las verificaciones correspondientes orientadas a determinar si el plan de control de calidad del agua sustentado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control es apropiado o requiere modificaciones para cumplir los requerimientos sanitarios, los cuales serán informados a la DIRESA o GRS o DISA.

Artículo 25º.- Registro de información

Los proveedores del agua para consumo humano están obligados por un plazo no menor de **cinco (05)** años a mantener toda la documentación relacionada con el registro de la información que sustenta la aplicación del Plan de Control de la Calidad

del agua, consignando los procedimientos de control y seguimiento de los puntos críticos aplicados, los resultados obtenidos y las medidas correctivas adoptadas. La información debe ser manejada en forma precisa y eficiente y estar a disposición de la Autoridad de Salud, la SUNASS, la Municipalidad correspondiente y del Sistema de Información Sectorial en Saneamiento (SIAS).

Artículo 26.- Responsabilidad solidaria

El titular de la entidad proveedora y el profesional encargado del control de calidad, son solidariamente responsables de la calidad e inocuidad del agua, que se entrega para el consumo humano. Asimismo, esta disposición alcanza a los propietarios tanto del surtidor como del camión sistema cuando la provisión es mediante esta modalidad.

Artículo 27º.- Programación de las acciones de supervisión

Las entidades a que se refiere el artículo 20 deberán programar las acciones de supervisión para cada proveedor de su ámbito de competencia, las que incluyen la fuente de agua, el sistema de tratamiento, sistema de almacenamiento y sistema de distribución, de acuerdo a su competencia. La copia del reporte de la acción de supervisión será remitida a la Autoridad de Salud de la jurisdicción.

Artículo 28º.- Programación de acciones de control adicionales

En aquellos sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano donde se ha comprobado la presencia de cualquiera de los parámetros que exceden los Límites Máximos Permisibles señalados en el Anexo II y Anexo III del presente Reglamento, serán objeto de acciones de control adicionales por parte del proveedor.

TÍTULO VI FISCALIZACIÓN SANITARIA

Artículo 29º.- Fiscalización sanitaria

La fiscalización sanitaria en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, es una atribución de la Autoridad de Salud competente, que comprende:

1. Toda acción de vigilancia y/o denuncia que determine un supuesto incumplimiento de lo establecido en el presente Reglamento, genera las acciones de fiscalización por la Autoridad de Salud;
2. La verificación del cumplimiento de las medidas preventivas y correctivas establecidas en la acción de supervisión y la vigilancia sanitaria;
3. Se inicia el Proceso Sancionador por incumplimiento de lo dispuesto en el presente reglamento, estableciéndose las medidas correctivas indicadas en el numeral anterior o de las disposiciones técnicas o formales señaladas en el presente Reglamento; y
4. La imposición de medidas de seguridad y sanciones a los proveedores en sujeción a las disposiciones establecidas en el Título X del presente Reglamento y a las normas legales señaladas en la cuarta disposición complementaria, transitoria y final del presente Reglamento en lo que corresponda.

Artículo 30°.- De la implementación de medidas correctivas

Al recibir el informe técnico de la acción de supervisión o vigilancia del incumplimiento de alguna de las disposiciones del presente Reglamento, la DISA o la DIRESA o GRS comunicará al proveedor la implementación de las medidas correctivas en un plazo razonable a fin de prevenir o controlar cualquier factor de riesgo a la salud de la población; si dichas medidas no son atendidas en el plazo establecido; se aplicarán las sanciones de acuerdo a lo indicado en el Título X del presente Reglamento.

Artículo 31°.- Resarcimiento en caso de brotes epidémicos

Los daños que ocasione el proveedor a la población por todo brote epidémico de enfermedades cuya transmisión se ha originado por el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, deben ser resarcidos en la forma y modo previsto en la legislación vigente.

Artículo 32°.- Supervisión de autorizaciones y registros

Toda autorización o registro que la DIGESA emita al amparo del presente Reglamento será puesto en conocimiento de la DIRESA o GRS o DISA correspondiente, para fines de supervisión u otras acciones que requiera realizar la Autoridad de Salud de la jurisdicción.

TÍTULO VII APROBACIÓN, REGISTRO Y AUTORIZACIÓN SANITARIA

Artículo 33°.- Administración de la autorización y registro

La Autoridad de Salud de nivel nacional norma los aspectos técnicos y formales para las autorizaciones y registros señalados en el presente Reglamento.

Artículo 34°.- Requisitos sanitarios para los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

Todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano existente, nuevo, ampliación o mejoramiento debe contar con registro de sus fuentes, registro del sistema de abastecimiento y autorización sanitaria de sistemas de tratamiento, plan de control de calidad (PCC), a fin de garantizar la inocuidad del agua de consumo humano para la protección de la salud según lo señalado en el Anexo V.

Artículo 35°.- Registro de sistemas de abastecimiento de agua

35.1 La DIRESA, GRS o DISA es responsable en su jurisdicción de otorgar registro a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano que son administrados por empresas privadas o públicas, municipales, juntas administradoras u otra organización comunal que haga dicha función en sujeción al presente Reglamento y las normas técnicas que se emitan.

35.2 Para otorgar dicho registro la Autoridad de Salud correspondiente, deberá evaluar:

1. El informe de la fuente del agua del sistema de abastecimiento, el cual deberá incluir la calidad físico-química, bacteriológica y parasitológica expedido por un laboratorio; caudal promedio y tipo de captación;
 2. Memoria descriptiva del sistema de abastecimiento del agua para consumo humano, el cual describirá por lo menos los componentes del sistema, distinguiendo el tratamiento de la distribución; población atendida; tipos de suministro: conexiones prediales, piletas, surtidores u otros; cobertura; continuidad del servicio y calidad del agua suministrada; y
 3. Otros requisitos que la DIGESA establezca.
- 35.3 Toda entidad o institución que financie y/o ejecute la construcción de sistemas de abastecimiento de agua, está obligada a asegurar el registro del sistema previo a la entrega de la obra a los proveedores, en concordancia a la disposición del presente artículo.
- 35.4 La DIGESA consolidará anualmente la información de la DIRESA, GRS y DISA respecto a los sistemas de abastecimiento de agua registrados, debiendo remitir este compendio al Viceministerio de Construcción y Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento cada mes de marzo para su uso en la planificación de sus planes sectoriales.

Artículo 36°.- Registro de las fuentes de agua para consumo humano

El expediente para el registro de la fuente de agua, otorgada por la DIRESA, GRS o DISA, deberá contar con la licencia de uso de agua emitida por el sector correspondiente, estudio de factibilidad de fuentes de agua; la caracterización de la calidad física, química, microbiológica y parasitológica de la fuente seleccionada, la que estará sustentada con análisis realizados por un laboratorio acreditado en los métodos de análisis de agua para consumo humano; además de otros requisitos técnicos y formales que la legislación de la materia imponga.

Artículo 37°.- Autorización sanitaria del sistema de tratamiento de agua.

El expediente para la autorización sanitaria del sistema de tratamiento de agua para consumo humano, existente, nuevo, ampliación o mejoramiento a ser presentado en la DIGESA deberá contar con el registro de la fuente de agua; además de otros requisitos técnicos y formales que la legislación de la materia imponga.

Artículo 38°.- Registro sanitario de desinfectantes y otros insumos utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano

Las empresas dedicadas a la producción y comercialización de desinfectantes u otros insumos químicos o bioquímicos utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano, están obligadas a inscribir sus productos en el registro sanitario que la DIGESA administra.

Artículo 39°.- Autorización sanitaria de estaciones de surtidores y proveedores mediante camiones cisterna u otros medios en condiciones especiales de distribución de agua

La DIRESA o GRS o DISA en su jurisdicción otorgará la respectiva autorización sanitaria a la estación de surtidores de agua y proveedores mediante camiones cisterna u otros medios en condiciones especiales de distribución del agua para consumo humano, con sujeción al presente Reglamento y las normas técnicas que se emitan, el cual será requisito para la licencia de funcionamiento o documento equivalente expedido por la municipalidad de la jurisdicción. La copia de la autorización señalada en este artículo deberá ser remitida a la DIGESA.

Artículo 40°.- Aprobación del plan de control de calidad

1. Todo proveedor formulará su Plan de Control de Calidad de agua para consumo humano de acuerdo a las normas sanitarias establecidas en el presente Reglamento y las específicas que emita la Autoridad de Salud de nivel nacional, el cual debe estar suscrito, por un ingeniero sanitario colegiado habilitado o ingeniero colegiado habilitado de otra especialidad afín con especialización en tratamiento de agua otorgado por una universidad y/o experiencia acreditada, quien será responsable de la formulación y de la dirección técnica del mismo;
2. El plan de control de calidad debe establecer el programa de monitoreo de los parámetros de control obligatorio. También serán incluidos como obligatorios los parámetros adicionales de control establecidos en este Reglamento, cuando los resultados del estudio de caracterización del agua (físico-química, microbiológica y parasitológica) sustentados con análisis realizados en un laboratorio que cumpla con lo dispuesto en el artículo 72° verifiquen niveles que sobrepasen los límites máximos permisibles, establecidos en el presente reglamento o se determine el riesgo a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca;
3. El plan de control de calidad así como el estudio de caracterización se aplicará en la fuente, a la salida del sistema de tratamiento, el almacenamiento, sistema de distribución y hasta la caja de registro o en su ausencia hasta el límite del predio del usuario;
4. El proveedor presentará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción su plan de control de calidad para su respectiva aprobación mediante Resolución Directoral; y
5. Para aquellas comunidades con población menor o igual a 2000 habitantes considerando las condiciones de pobreza, el Ministerio de Salud en coordinación con el Gobierno Regional, a través de la Gerencia Regional de Vivienda brindará la asistencia técnica para la aprobación del Plan de Control de Calidad, que se ajustarán a la directiva que para tales efectos elaborará el Ministerio de Salud.

Artículo 41°.- Los procedimientos para aprobación, autorización y registro

Los procedimientos administrativos de aprobación, autorización y registro, están sujetos al presente reglamento y a las demás disposiciones pertinentes según corresponda. Para el caso de lo establecido en los artículos 34°, 35°, 36°, 37°, 38° y 39° del presente Reglamento, los documentos técnicos deberán estar suscritos por el Ingeniero Sanitario Colegiado o ingeniero colegiado habilitado de otra especialidad afín con especialización en tratamiento de agua otorgado por una universidad y/o experiencia acreditada, quien deberá ser responsable del proyecto o de la actividad.

Artículo 42°.- Requisitos para aprobación, autorización y registro

La DIGESA de acuerdo a su competencia señalada en el presente Reglamento, establecerá los requisitos correspondientes que los administrados deberán presentar para solicitar aprobación, autorización o registro que el presente Reglamento ha establecido, los que estarán descritos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos -TUPA de la institución.

Artículo 43°.- Vigencia y renovación de la autorización y registro

Las autorizaciones y los registros normados en el presente Reglamento tienen una vigencia de cuatro (04) años contados a partir de la fecha de su otorgamiento; con excepción del registro para estaciones de surtidores y camiones cisterna, los cuales tendrán una vigencia de dos (02) años y con excepción de la aprobación del Plan de

Control de Calidad previsto en el artículo 40° cuya vigencia será de acuerdo a lo señalado en el artículo 53° del presente Reglamento.

La renovación de la misma será previa solicitud presentada por el titular o representante legal, con seis (06) meses de anterioridad a la fecha de su vencimiento.

Artículo 44°.- De la tramitación para la exoneración de pagos

Los sistemas de abastecimiento de agua de las comunidades del ámbito rural, administrados por juntas administradoras u otra organización comunal, que hayan sido financiados por el gobierno local con recursos del Fondo de Compensación Municipal o por la misma comunidad, podrán estar exceptuados del pago de todo derecho administrativo que se origine por este Reglamento, mediante Ley expresa.

TÍTULO VIII
ABASTECIMIENTO DE AGUA, PROVEEDOR Y CONSUMIDOR
Capítulo I
Sistema de Abastecimiento de Agua

Artículo 45°.- Sistema de abastecimiento de agua

Para efectos de la aplicación del presente Reglamento, se define como sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, al conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento; así como aquellas modalidades que no se ajustan a esta definición, como el abastecimiento mediante camiones cisterna u otras alternativas, se entenderán como servicios en condiciones especiales.

Artículo 46°.- Tipos de suministro

El sistema de abastecimiento de agua atiende a los consumidores a través de los siguientes tipos de suministro:

1. Conexiones domiciliarias;
2. Piletas públicas;
3. Camiones cisterna; y
4. Mixtos, combinación de los anteriores.

En caso que el abastecimiento sea directo mediante pozo, lluvia, río, manantial entre otros, se entenderá como recolección individual el tipo de suministro.

Artículo 47°.- Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento

Los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo al tipo de suministro, son los siguientes:

1. Estructuras de captación para aguas superficiales o subterráneas;
2. Pozos;
3. Reservorios;

4. Cámaras de bombeos y rebombeo;
5. Cámara rompe presión;
6. Planta de tratamiento;
7. Líneas de aducción, conducción y red de distribución;
8. Punto de suministro; y
9. Otros.

Artículo 48°.- Requisitos sanitarios de los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua

La Autoridad de Salud del nivel nacional normará los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas de diseño del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, los que serán vigilados por la Autoridad de Salud del nivel regional, los mismos que deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas de las instalaciones, sistema de desinfección y otros requisitos de índole sanitario.

Capítulo II Del Proveedor del Agua para Consumo Humano

Artículo 49.- Proveedor del agua para consumo humano

Para efectos del presente Reglamento deberá entenderse como proveedor de agua para consumo humano, a toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores de servicios en condiciones especiales.

Artículo 50°.- Obligaciones del proveedor

El proveedor de agua para consumo humano está obligado a:

1. Suministrar agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos establecidos en el presente Reglamento;
2. Controlar la calidad del agua que suministra para el consumo humano de acuerdo a lo normado en el presente Reglamento;
3. Inscribirse en los registros que la Autoridad de Salud administra en sujeción al presente Reglamento;
4. Suministrar a la Autoridad de Salud y al órgano de control toda información vinculada con el control de calidad del agua, con carácter de declaración jurada;
5. Colaborar en las acciones de protección y recuperación de las fuentes hídricas que la autoridad establezca;
6. Informar a la Autoridad de Salud y al órgano de control así como a los consumidores de las alteraciones, modificaciones o contingencias presentadas en el servicio de suministro del agua en forma oportuna e indicando las medidas preventivas y correctivas a tomar;

7. Obtener los registros, aprobaciones y autorizaciones sanitarias que establece el presente Reglamento;
8. Brindar las facilidades que se requiera a los representantes autorizados del órgano de supervisión y de salud, para realizar las acciones de vigilancia y supervisión; y
9. Cumplir con las demás disposiciones del presente Reglamento y de las normas técnicas que emitan la autoridad de salud de nivel nacional.

Artículo 51°.- Uso de desinfectantes y otros insumos químicos

Todo proveedor de agua para consumo humano sólo podrá hacer uso de aquellos desinfectantes, insumos químicos y bioquímicos que posean registro sanitario.

Artículo 52°.- Obligatoriedad de cumplimiento del plan de control de calidad

El proveedor es responsable por la calidad del agua para consumo humano que suministra y está obligado a aplicar un plan de control de calidad (PCC), que incluya la fuente, la captación, producción y distribución, a fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad del agua establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 53°.- Presentación del plan de control de calidad

El plan de control de calidad del agua para consumo humano que el proveedor aplica debe ser formulado de acuerdo a lo dispuesto en el presente Reglamento y a las normas técnicas que emita la Autoridad de Salud de nivel nacional. Dicho plan se formulará sobre la base del análisis de riesgos verificados a partir de una caracterización del agua o se determine el riesgo a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca que establezca los parámetros microbiológicos, inorgánicos, orgánicos y organolépticos y los puntos de muestreo o críticos de control del sistema de abastecimiento, y será el patrón de referencia para la posterior acción de supervisión y vigilancia sanitaria. Los planes de control de calidad, deberán:

1. Ser aprobados por la Dirección Regional de Salud o Gerencia Regional de Salud o Dirección de Salud de la jurisdicción donde desarrolla la actividad el proveedor, por un periodo de vigencia que determinará dicha Autoridad de Salud;
2. La vigencia señalada en el numeral precedente está entre dos (02) a seis (06) años, considerándose el tipo de fuente, tamaño y complejidad del sistema de abastecimiento; y
3. El proveedor iniciará la gestión para la renovación de la vigencia del plan de control de la calidad ante la Autoridad de Salud, seis (06) meses antes de la fecha de vencimiento de la Resolución Directoral con la que fue aprobada.

Artículo 54°.- Plan de contingencia

En casos de emergencia tales como desastres naturales, sequías u otras causas el proveedor aplicará su plan de contingencia consignado en los instrumentos ambientales aprobados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, con el propósito de asegurar el suministro y la calidad del agua durante el periodo que dure la emergencia. Dicho plan identificará las fuentes alternas y tratamiento que permita que la calidad del agua a ser suministrada cumpla con las normas del Título IX del presente Reglamento.

Artículo 55.- Comunidades del ámbito rural

Cuando se tenga que normar, vigilar, supervisar, fiscalizar y autorizar los aspectos sanitarios de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano que son administrados por juntas administradoras u otra organización comunal, se deberá tener en cuenta las condiciones socioeconómicas e infraestructura rural, sin afectar la calidad del agua a suministrar a la población.

**Capítulo III
Del Consumidor**

Artículo 56º.- Obligaciones y derechos del consumidor

El consumidor tiene derecho y está obligado a:

1. Comunicar a los proveedores, la municipalidad, la SUNASS y a la Autoridad de Salud, cuando detecte cualquier alteración organoléptica en el agua o falla en el sistema;
2. Almacenar el agua para consumo humano con el cuidado necesario a fin de evitar la contaminación, aplicando hábitos de higiene adecuados y previendo depósitos con cierre o tapa segura;
3. Facilitar las labores de inspección al personal técnico de las entidades proveedoras y a las autoridades de salud y de supervisión, debidamente identificados;
4. Cumplir las disposiciones referidas al pago de la tarifa o cuota aprobada del suministro para contribuir con la sostenibilidad de calidad del agua;
5. Participar en campañas de protección y uso del agua, que las autoridades competentes promuevan;
6. Contar con un suministro de agua para consumo humano que cumpla con los requisitos establecidos en el presente Reglamento;
7. Acceder a la información sobre la calidad del agua en forma gratuita y oportuna; y
8. Hacer uso racional del agua y acatar las disposiciones que la Autoridad Sanitaria disponga en caso de emergencia.

Artículo 57º.- Precauciones en casos de corte de servicio

En caso de almacenamiento debido al corte de servicio, el consumidor podrá hacer uso de aquellos desinfectantes que cuenten con registro sanitario que otorga la DIGESA. Cuando éstos son soluciones cloradas, el consumidor deberá tomar las precauciones que la Autoridad de Salud ha establecido o las instrucciones que están consignadas en el rotulo del producto, con respecto al uso de las cantidades para asegurar una concentración adecuada.

Artículo 58º.- Precauciones en casos de emergencia

En casos de desastres naturales, sequías u otras causas, el consumidor, deberá hervir el agua antes de consumirla y tomar los máximos cuidados de higiene en su manipulación.

TÍTULO IX
REQUISITOS DE CALIDAD
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Artículo 61°.- Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Artículo 64°.- Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio a los indicados en el artículo precedente.

1. Parámetros microbiológicos
Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
2. Parámetros organolépticos
Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;
3. Parámetros inorgánicos
Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, fluor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.
4. Parámetros radiactivos

Esta condición permanecerá hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en la presente norma, en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

En caso tengan que hacerse análisis de los parámetros orgánicos del Anexo III y que no haya capacidad técnica para su determinación en el país, el proveedor de servicios se hará responsable de cumplir con esta caracterización, las veces que la autoridad de salud determine.

En caso que el proveedor excediera los plazos que la autoridad ha dispuesto para cumplir con los LMP para el parámetro adicional de control, la Autoridad de Salud aplicará medidas preventivas y correctivas que correspondan de acuerdo a ley sobre el proveedor, y deberá efectuar las coordinaciones necesarias con las autoridades previstas en los artículos 10°, 11° y 12° del presente Reglamento, para tomar medidas que protejan la salud y prevengan todo brote de enfermedades causado por el consumo de dicha agua.

Artículo 65°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos adicionales de control

Si en la vigilancia sanitaria o en la acción de supervisión del agua para consumo humano de acuerdo al plan de control de calidad (PCC) se comprobare la presencia de cualquiera de los parámetros que exceden los LMP señalados en el Anexo III del presente Reglamento, la Autoridad de Salud y los proveedores de agua procederán de acuerdo a las disposiciones señaladas en el artículo precedente.

Artículo 66°.- Control de desinfectante

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL⁻¹ y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

Artículo 67°.- Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes.

Artículo 68°.- Control de parámetros químicos

Cuando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible, en una muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y de corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector.

Artículo 69°.- Tratamiento del agua cruda

El proveedor suministrará agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizará de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso que ésta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP) señalados en los Anexos del presente Reglamento, deberá ser desinfectada previo al suministro a los consumidores.

Artículo 70°.- Sistema de tratamiento de agua

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA emitirá la norma sanitaria que regula las condiciones que debe presentar un sistema de tratamiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas técnicas de diseño del MVCS, tanto para el ámbito urbano como para el ámbito rural.

Artículo 71.- Muestreo, frecuencia y análisis de parámetros

La frecuencia de muestreo, el número de muestras y los métodos analíticos correspondientes para cada parámetro normado en el presente Reglamento, serán establecidos mediante Resolución Ministerial del Ministerio de Salud, la misma que deberá estar sustentada en un informe técnico emitido por DIGESA.

Artículo 72°.- Pruebas analíticas confiables

Las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además deben contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basados en métodos normalizados para el análisis de agua para consumo humano de reconocimiento internacional, en donde aseguren que los límites de detección del método para cada parámetro a analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados en el presente Reglamento.

Las indicaciones señaladas en el párrafo anterior son aplicables para el caso de los parámetros orgánicos del Anexo III y radioactivos del Anexo IV que tengan que ser determinados en laboratorios del exterior.

Artículo 73°.- Excepción por desastres naturales

En caso de emergencias por desastres naturales, la DIRESA o GRS o la DISA podrán conceder excepciones a los proveedores en cuanto al cumplimiento de las concentraciones de los parámetros establecidos en el Anexo II del presente Reglamento siempre y cuando no cause daño a la salud, por el periodo que dure la emergencia, la misma que comunicará a la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Artículo 74°.- Revisión de los requisitos de calidad del agua

Los requisitos de calidad del agua para consumo humano establecidos por el presente Reglamento se someterán a revisión por la Autoridad de Salud del nivel nacional, cada cinco (05) años.

Artículo 75°.- Excepción para LMP de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica

Los proveedores podrán solicitar temporalmente a la Autoridad de Salud la excepción del cumplimiento de los valores límites máximos permisibles de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica, señalados en la Anexo II. Dicha solicitud deberá estar acompañada de un estudio técnico que sustente que la salud de la población no está en riesgo por el consumo del agua suministrada y que la característica organoléptica es de aceptación por el consumidor.

TÍTULO X

MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SANCIONES

Artículo 76°.- De las medidas de seguridad

Las medidas de seguridad que podrán disponerse cuando la calidad de agua de consumo humano represente riesgo significativo a la salud de las personas son las siguientes:

1. Comunicación, a través de los medios masivos de difusión que se tenga a disposición en la localidad afectada, sobre el peligro de daño a la salud de la población;
2. Incremento de la cobertura y frecuencia del control o de la vigilancia sanitaria;
3. Suspensión temporal del servicio;
4. Cierre parcial del sistema de tratamiento o de distribución de agua; y
5. Otras medidas que la Autoridad de Salud disponga para evitar que se cause daño a la salud de la población.

Las medidas de seguridad son adoptadas por las entidades responsables y/o que participan en la gestión de la calidad de agua de consumo humano.

Artículo 77°.- De las infracciones

Sin perjuicio de las acciones constitucionales, civiles o penales a que hubiere lugar, se considera infracción, toda acción u omisión de los proveedores de agua o entidades que administran sistemas de agua para consumo humano, así como de los consumidores que incumplieren o infringieren las disposiciones contenidas en el

presente Reglamento y sus normas correspondientes. Constituyen infracciones, según corresponda, las siguientes:

1. Infracciones leves:

- a. Proveedores que no proporcionen la información solicitada por las autoridades señaladas en el presente Reglamento;
- b. Proveedores que no informen a la población sobre la calidad del agua de consumo humano, a través de medio escrito u otro medio adecuado para el consumidor;
- c. Consumidor que no utilice el agua para consumo humano de acuerdo a lo señalado en el artículo 56º y siguientes del presente Reglamento; y,
- d. Otras infracciones al presente Reglamento y a las normas sanitarias que emita la Autoridad de Salud, que no revistan mayor riesgo en la calidad del agua para consumo humano.

2. Infracciones graves:

- a. Proveedor que no informe y oriente a la población la ocurrencia de un caso fortuito o de fuerza mayor que afecte el abastecimiento del agua para consumo humano;
- b. Incumplimiento de los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes hidráulicos e instalaciones físicas de los sistemas de abastecimiento de agua;
- c. Negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano;
- d. Proveedor que no cuente con la información que sustenta la aplicación del plan de control de la calidad del agua;
- e. Proveedor que no esté inscrito en el registro de la Autoridad de Salud;
- f. Proveedor que no cumpla con la presentación de resultados de laboratorio sustentado en pruebas analíticas confiables;
- g. Proveedor que no cumpla con el resarcimiento de los daños ocasionados a la población afectada en caso de brote epidémico de origen hídrico;
- h. El uso de desinfectantes u otros insumos químicos o bioquímicos utilizados en el tratamiento del agua para consumo humano, que no estén autorizados por la DIGESA;
- i. Proveedor que no cuente con su plan de contingencia;
- j. Proveedores que no atiendan reclamos de consumidores dentro de un plazo no mayor de 72 horas bajo responsabilidad sobre la calidad del agua suministrada;
- k. Proveedor que impida, obstaculice o interfiera las labores de supervisión y fiscalización sanitaria del Sector;
- l. Toda persona que altere la calidad del agua por actos indebidos en alguno de los componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano; y
- m. Otras infracciones al presente Reglamento y a las normas sanitarias que emita la Autoridad de Salud, que generen riesgos a la calidad del agua para consumo humano.

3. Infracciones muy graves:

- a. Proveedor que suministre agua sin cumplir los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento; con excepción de lo dispuesto en el artículo 75°;
- b. Proveedor que no aplique el plan de control de calidad (PCC);
- c. Proveedor que no implemente las medidas de seguridad establecidas por la Autoridad de Salud;
- d. Proveedor que no cuente con su respectivo plan de control de calidad (PCC) aprobado por la Autoridad de Salud correspondiente;
- e. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, que no cuenten con el registro de la fuente de agua y autorización sanitaria del sistema de tratamiento;
- f. Estaciones de surtidores de agua, camiones sistema u otros medios de distribución del agua para consumo humano en condiciones especiales, que no cuenten con autorización sanitaria otorgada por la Autoridad de Salud correspondiente;
- g. Proveedor que no implemente su programa de adecuación sanitaria (PAS) para cumplir las normas establecidas en el presente Reglamento; y
- h. Otras infracciones al presente Reglamento y a las normas sanitarias que emita la Autoridad de Salud, que generen riesgos a la salud de los consumidores.

Artículo 78°. - De las sanciones

La Autoridad de Salud dentro del marco del procedimiento sancionador, impondrá a quienes incurran en las infracciones tipificadas en el artículo 77° una o más de las siguientes sanciones:

1. Amonestación;
2. Multa comprendida entre una (1) y treinta (30) unidades impositivas tributarias (UIT). En caso de reincidencia, la multa será duplicada;
3. Suspensión de la autorización sanitaria o registro sanitario por un plazo que determine la Autoridad de Salud; y
4. Cancelación de la autorización sanitaria o registro sanitario.

Artículo 79°.- De la escala de sanciones

La escala de sanciones previstas para cada tipo de infracción que corresponde aplicar es la siguiente:

1. Infracciones Leves:

- a. Amonestación por escrito;
- b. Multa comprendida 1 UIT hasta 5 UIT.

2. Infracciones Graves:

- a. Multa comprendida 6 UIT hasta 15 UIT.

3. Infracciones muy Graves:

- a. Multa comprendida 16 UIT hasta 30 UIT,
- b. Suspensión de la autorización sanitaria o registro sanitario por un plazo que determine la Autoridad de Salud;

c. Cancelación de la autorización sanitaria o registro sanitario.

En caso que se reviertan las condiciones que dieron origen a la cancelación el proveedor deberá tramitar un nuevo registro o autorización sanitaria. Las sanciones antes mencionadas serán aplicadas teniendo en consideración los criterios establecido en el artículo 135° de la Ley N° 26842 – Ley General de Salud.

Artículo 80°.-Del uso de los recursos recaudados por concepto de multas

De los recursos provenientes de la cancelación de las multas, el 70% será destinado a la DIRESA o GRS o a la DISA para las actividades de vigilancia sanitaria del abastecimiento de agua en su jurisdicción y el 30% a la DIGESA para las acciones de asesoramiento técnico especializado, capacitación, investigación y otras actividades conexas. Para tal efecto el Ministerio de Salud solicitará al Banco de la Nación la apertura de códigos para el depósito por conceptos de pago de multas por incumplimiento a lo dispuesto en el presente Reglamento; así mismo realizará los desembolsos correspondientes al porcentaje establecido en las cuentas de las DIRESAs o GRSs o DISAs.

Artículo 81°- De los plazos para pago de las multas

La multa deberá pagarse dentro del plazo máximo de quince (15) días hábiles, contados a partir del día siguiente de notificada la sanción. En caso de incumplimiento, la Autoridad de Salud, ordenará su cobranza coactiva con arreglo al procedimiento de Ley.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Vigencia del Reglamento

El presente Reglamento entrará en vigencia a los noventa (90) días calendario contados desde su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Corresponde a las autoridades competentes señaladas en el presente reglamento su difusión por los medios más adecuados para su conocimiento y aplicación, debiendo estar publicado en la página web de cada institución.

Segunda.- Registro de los sistemas de abastecimiento de agua

Los proveedores de agua para consumo humano según corresponda, deberán regularizar su respectivo registro de acuerdo a lo señalado en el artículo 35° del presente Reglamento, en un plazo de sesenta (60) días calendarios contados desde la vigencia.

Tercera.- Emisión de reglamentos y normas técnicas

En un plazo no mayor de trescientos sesenta y cinco (365) días calendarios posteriores a la entrada en vigencia del presente Reglamento, el Ministerio de Salud aprobará mediante Resolución Ministerial los documentos normativos formulados por la DIGESA, sobre las siguientes materias:

1. Formulación y aplicación del plan de control de calidad (PCC) por los proveedores de agua para consumo humano; De los requisitos sanitarios de las instalaciones físicas y componentes hidráulicos de los sistemas de abastecimiento

de agua para consumo humano; De los requisitos sanitarios de las plantas de tratamiento de agua para consumo humano; Del muestreo, frecuencia y análisis de los parámetros de calidad del agua para consumo humano y De inspecciones para los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;

2. Abastecimiento de agua para consumo humano mediante estaciones de surtidores y camiones cisterna;
3. Formulación y aplicación del programa de adecuación sanitaria (PAS) de los proveedores de agua para consumo humano;
4. Procedimientos para la declaración de emergencia sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano;
5. Sistema de información de la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano; y
6. Criterios para la determinación del monto a aplicar a las sanciones;

Cuarta.- Recursos para cumplimiento de la norma

Los Gobiernos Regionales asignarán recursos presupuestales a las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) o Gerencias Regionales de Salud (GRS) para implementar en sus jurisdicciones las disposiciones del presente Reglamento y cumplir con los planes operativos anuales del programa de vigilancia de calidad del agua para consumo humano.

Quinta.- Destino de los fondos

Los recursos provenientes del pago por los procedimientos administrativos establecidos en el presente Reglamento y los generados por los servicios de los laboratorios de análisis de agua de las DISAs, GRSs y DIRESAs al nivel que correspondan, deberán ser destinados a las actividades de vigilancia sanitaria de abastecimiento de agua para consumo humano, cuyo cumplimiento será de responsabilidad de la Autoridad de Salud de la jurisdicción.

Sexta.- Opinión técnica y refrendo de normas en materia de salud ambiental

En aplicación a lo establecido en el artículo 126° de la Ley N° 26842 - Ley General de Salud, no se podrá formular ni dictar normas que reglamenten leyes o que tengan jerarquía equivalente, que incidan en materia de salud ambiental con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sin la opinión técnica y el refrendo respectivo de la Autoridad de Salud de nivel nacional.

Séptima.- Aprobación de normas complementarias

Por Resolución Ministerial del Ministerio de Salud se aprobarán las disposiciones complementarias, así como los documentos de gestión necesarios que faciliten la aplicación del presente Reglamento.

Octava.- Casos especiales

Para las fuentes de agua para consumo humano con características naturales hidrogeológicas, la Autoridad de Salud podrá admitir concentraciones de Arsénico en el agua tratada, de hasta 0.05 miligramo/litro, siempre que no afecte la salud de las personas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Programa de Adecuación Sanitaria (PAS)

Los proveedores que estén operando sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano antes de entrar en vigencia el presente Reglamento, implementarán un programa de adecuación sanitaria (PAS) para cumplir las normas técnicas y formales establecidas en el presente Reglamento. La Autoridad de Salud del Nivel Nacional o Regional, según corresponda, aprobarán el PAS. Dicha adecuación se iniciará con la presentación de la propuesta de aprobación del respectivo PAS en un plazo no mayor de ciento ochenta (180) días calendarios contados a partir del día siguiente de cumplido el plazo de la tercera Disposición Complementaria Final del presente Reglamento. Asimismo, la implementación del PAS aprobado no podrá superar el periodo de cinco (05) años, luego de su aprobación.

En tanto los proveedores no cuenten con el PAS aprobado, deberán cumplir con los parámetros de control obligatorio establecidos en el artículo 63° del presente Reglamento. Para el caso de los proveedores regulados por la SUNASS, se mantendrán los parámetros fijados por esta entidad reguladora en directivas previas, y hasta la aprobación del indicado PAS.

Para aquellas comunidades con población menor o igual a 2000 habitantes considerando las condiciones de pobreza, el Ministerio de Salud, a través de la DIGESA, en coordinación con el Gobierno Regional, Gerencia Regional de Vivienda, brindará la asistencia técnica para la aprobación del Programa de Adecuación sanitaria (PAS), que se ajustarán a la directiva que para tales efectos elaborará el Ministerio de Salud.

Segunda.- Aplicación de los parámetros obligatorios y los adicionales de control

A partir del día siguiente de la entrada en vigencia del presente Reglamento serán aplicados y exigidos el cumplimiento de los parámetros de control obligatorio y los parámetros adicionales de control señalados en los artículos 63° y 64° respectivamente, de acuerdo a los criterios señalados para ambos tipos de parámetros.

Disponer el plazo de (02) dos años para la implementación de los alcances del presente Reglamento en las comunidades rurales a las que hace referencia los artículos 40° numeral 5 y la primera disposición complementaria transitoria del presente reglamento.

Tercera.- Transferencia de funciones

Durante los veinticuatro (24) meses siguientes contados a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento, la aprobación de los planes críticos de control (PCC) y programas de adecuación sanitaria (PAS) estarán a cargo de la DIGESA, la que durante este plazo formulará los instrumentos técnicos necesarios para el ordenamiento de los procedimientos. Culminado este plazo las citadas funciones serán transferidas a las DIRESAs/GRSs, las cuales deberán acreditar que cuentan con el recurso humano calificado y cuyos procedimientos deberán ser incorporados en su Texto Único de Procedimientos Administrativos de cada Gobierno Regional.

Durante los doce (12) meses siguientes contados a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento, la aprobación de la Autorización Sanitaria del sistema de tratamiento de agua potable y Registro Sanitario de desinfectante estarán a cargo de la DIGESA, la que durante este plazo formulará los instrumentos técnicos necesarios para el ordenamiento de los procedimientos. Culminado este plazo las citadas funciones serán transferidas a las DIRESAs/GRSs, las cuales deberán acreditar que cuentan con el recurso humano calificado y cuyos procedimientos deberán ser

incorporados en su Texto Único de Procedimientos Administrativos de cada Gobierno Regional.

Cuarta.- Función supervisora de la SUNASS

En tanto los proveedores pertenecientes al ámbito de competencia de la SUNASS no cuentan con el plan de control de calidad del agua, debidamente aprobado, la función supervisora se ejerce de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Calidad de Prestación de Servicios de Saneamiento aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 011-2007-SUNASS-CD.

ANEXO I

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

ANEXO II

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniacó	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloro-prop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolaclo-ro	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

ANEXO IV

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS RADIATIVOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

Nota 1: Si la actividad global α de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global β es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

ANEXO V

AUTORIZACION SANITARIA, REGISTRO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Componente del Sistema de Abastecimiento	Registro		Autorización Sanitaria		Aprobaciones	
	¿Requiere?	Entidad que registra	¿Requiere?	Entidad que autoriza	¿Requiere?	Entidad que autoriza
Fuente de abastecimiento de agua	SI	DIRESA, GRS, DISA				
Sistemas de abastecimiento de agua	SI	DIRESA, GRS, DISA				
Plantas de tratamiento de agua potable			SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS		
Plan de control de calidad (PCC)					SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS
Planes de Adecuación sanitaria (PAS)					SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS
Surtidores de agua			SI	DIRESA, GRS, DISA		
Camiones cisterna			SI	DIRESA, GRS		
Desinfectantes de agua	SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS				

(1) Nota: De acuerdo a la décima disposición transitoria, complementaria y final.



Av. Salaverry N° 801 Jesús María
INFOSALUD 0800-10828

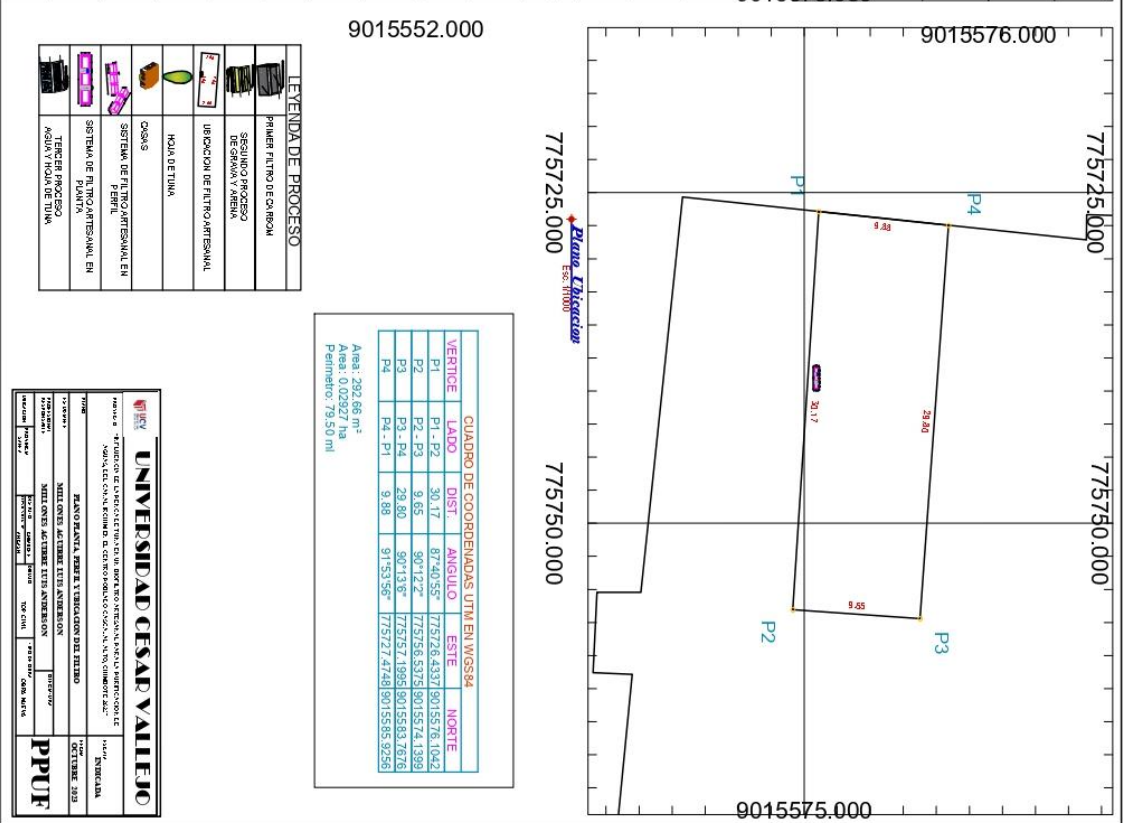
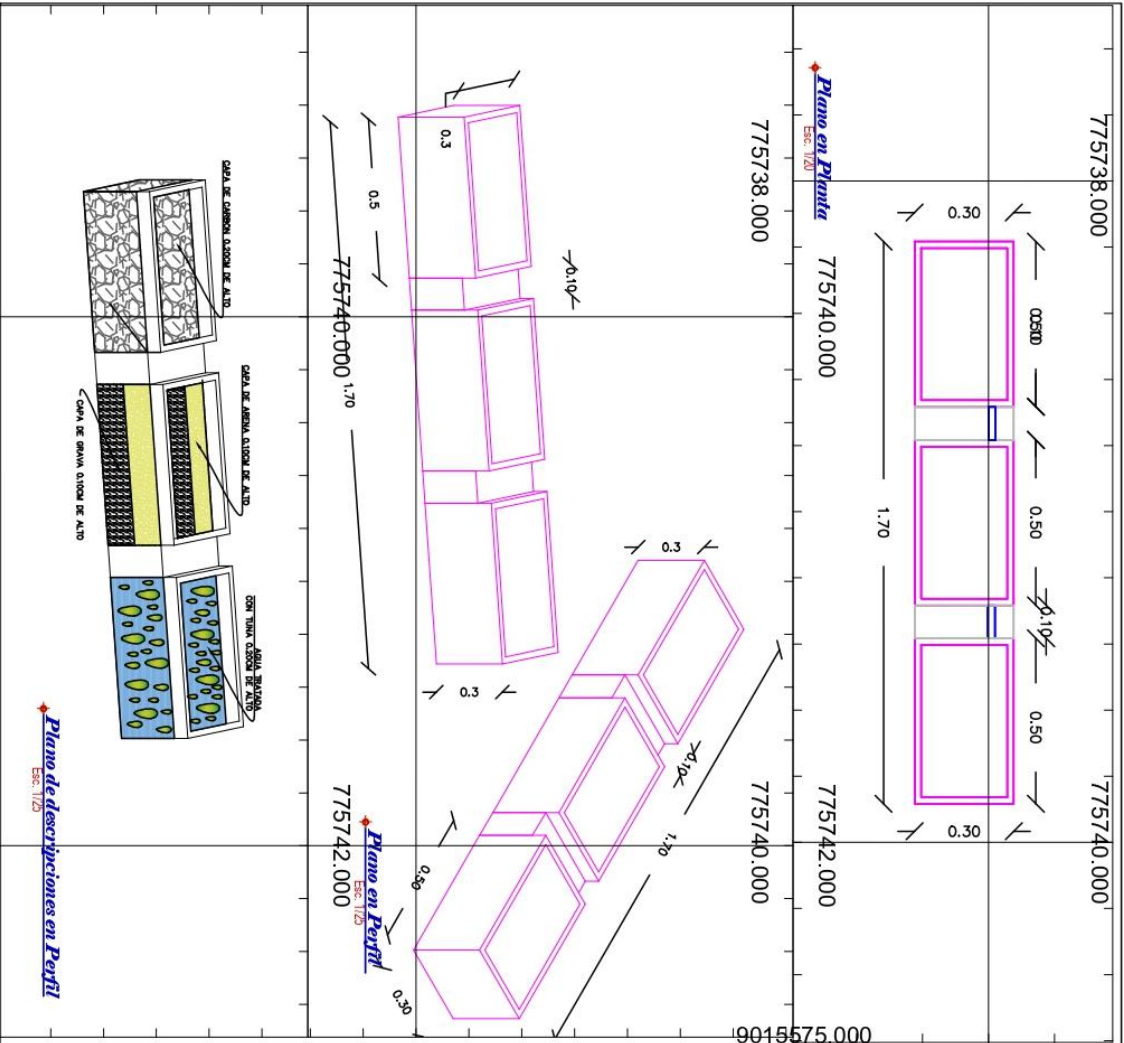
www.minsa.gob.pe

ANEXO N° 4

PLANO DE UBICACION

ANEXO N° 5

PROTOTIPO



LEYENDA DE PROCESO

	PRIMER FILTRO DE CERAMICA
	SEGUNDO PROCESO DE CERAMICA Y ARENA
	UBICACION DE FILTRO ARTESANAL
	HOJA DE TUBIA
	OCASO
	SISTEMA DE FILTRO ARTESANAL EN PERIL
	SISTEMA DE FILTRO ARTESANAL EN PLANTA
	TERCER PROCESO ASIA Y HOJA DE TUBIA

CUADRO DE COORDENADAS UTM EN WGS84

VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	30.17	87°40'55"	775726.4337	901557.61042
P2	P2 - P3	9.85	90°12'2"	775756.5375	901557.41399
P3	P3 - P4	29.80	80°14'56"	775757.1995	901558.37626
P4	P4 - P1	9.89	91°53'56"	775727.4748	901558.92259

Area: 292.86 m²
 Area: 0.029277 ha
 Perimetro: 79.50 ml

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

INSTITUTO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA Y TECNOLOGIA

PROYECTO: PLAN DE MANEJO PARA LA VERIFICACION DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: OCTUBRE 2023

PPUF