



**Universidad César Vallejo**

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

**Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del  
agua de la comunidad de Totorilla - Ayacucho**

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

**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

Perez Navarrete, Briam Mariñu ([orcid.org/0000-0002-3960-670X](https://orcid.org/0000-0002-3960-670X))

**ASESOR:**

Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor ([orcid.org/0000-0001-8951-2499](https://orcid.org/0000-0001-8951-2499))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

La presente investigación está dedicada en primer lugar a Dios por la paciencia, sabiduría que me brindó para obtener los resultados.

De igual manera, al doctor Carlos Carrasco Badajoz por la labor loable que realizó en compartir todos sus conocimientos en la presente Investigación.

A mis padres Prof. Marino Pérez Prado y Prof. Vilma Navarrete Silvera, a mi novia Ps. Beatriz Mirna Sánchez Bueno, a mi hermana Milagros Anthoné Pérez Navarrete que gracias a ellos puedo seguir adelante en cada paso que doy en la búsqueda de mis sueños.

Briam

## **Agradecimiento**

Mi sincero agradecimiento a la Universidad César Vallejo por la formación brindada durante los cinco años de mi permanencia como estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental; de la misma manera a los docentes por las enseñanzas y consejos brindados en todo momento.

A La comunidad de Totorilla del distrito de Jesús Nazareno- Ayacucho por permitirme realizar el muestreo.

Por otra parte, a la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga por las facilidades brindadas en el uso de los laboratorios.

Al doctor Rubén Víctor Munive Cerrón por el apoyo constante y los consejos para el buen desarrollo del proyecto de investigación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MUNIVE CERRON RUBEN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la comunidad de Totorilla - Ayacucho", cuyo autor es PEREZ NAVARRETE BRIAM MARIÑU, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, 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 Completa 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.

LIMA, 01 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
RUBEN VICTOR MUNIVE CERRON <b>DNI:</b> 19889810 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8951-2499	Firmado electrónicamente por: RMUNIVEC el 19-12- 2022 15:08:00

Código documento Trilce: TRI - 0465408





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, PEREZ NAVARRETE BRIAM MARIÑU estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la comunidad de Totorilla - Ayacucho", 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
BRIAM MARIÑU PEREZ NAVARRETE DNI: 72947724 ORCID: 0000-0002-3960-670X	Firmado electrónicamente por: BPEREZN el 01-12- 2022 23:45:38

Código documento Trilce: TRI - 0465410



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III.METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	20
3.2. Operacionalización de variables.....	21
3.3. Población, muestra y muestreo.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimiento.....	24
3.6. Método de análisis de datos.....	25
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIONES.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Subcategoría A, Agua superficial para la producción de agua potable	14
<b>Tabla 2.</b> Límites máximos permisibles “Parámetros de calidad percibida”	15
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de Aluminosilicatos	16
<b>Tabla 4.</b> Métodos de activación de la arcilla Adsorbente	17
<b>Tabla 5.</b> Composición de ladrillo	21
<b>Tabla 6.</b> Obtención del recurso Hídrico	25
<b>Tabla 7.</b> Resultados iniciales del análisis fisicoquímico del agua	27
<b>Tabla 8.</b> Resultados finales del análisis fisicoquímico del agua	28
<b>Tabla 9.</b> Concentración inicial de dureza total, cálcica y magnésica	28
<b>Tabla 10.</b> Consolidado final de la dureza total, cálcica y magnésica registrados en el proceso experimental	29
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de remoción de dureza total, cálcica y magnésica en función de los datos iniciales	30
<b>Tabla 12.</b> Pruebas de normalidad estadística	31
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Levene y prueba t para comparar los tratamientos (ladrillo industrial y ladrillo artesanal) según los porcentajes de remoción	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Etapas del ciclo hidrológico	13
<b>Figura 2:</b> Partes del experimento	25



## RESUMEN

El objetivo principal es evaluar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del agua y cómo influye sobre su calidad fisicoquímica. Metodología: Enfoque cuantitativo, diseño experimental, la muestra que se utilizó es de 1 kg de ladrillo artesanal e industrial provenientes de residuos de construcción estandarizados en rango de partículas de 1.0 mm. Los resultados iniciales de la dureza fueron de 356 mg/L DT, 228 mg/L DCa y 128 mg/L DMg, las concentraciones finales en la remoción de la dureza de agua; en el caso del ladrillo artesanal se logró una reducción superior al 80%, para el ladrillo industrial la remoción fue superior al 75%; el análisis fisicoquímico inicial fue 7.73 pH, 0.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) y 0.45 mg/L (SDT), los resultados del análisis fisicoquímico final para el tratamiento industrial fueron 8.29 pH, 1.63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) y 0.91 mg/L (SDT), de la misma manera, el ladrillo artesanal los resultados fueron 8.15 pH, 1.71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) y 1.56 mg/L (SDT). Concluyendo que los aluminosilicatos activados (industrial, artesanal) influyen en la remoción de la dureza presente en el agua de manantial de la comunidad de Totorilla- Ayacucho.

Palabras clave: Aluminosilicatos activados, remoción, dureza, fisicoquímica, adsorción, magnésica, cálcica.

## ABSTRACT

The main objective is to evaluate the effect of activated aluminosilicates in the removal of water hardness and how it influences its physicochemical quality. Methodology: Quantitative approach, experimental design, the sample that was used is 1 kg of artisanal and industrial bricks from construction waste standardized in a particle range of 1.0 mm. The initial results of the hardness were 356 mg/L DT, 228 mg/L DCa and 128 mg/L DMg, the final concentrations in the removal of water hardness; in the case of artisan brick, a reduction of more than 80% was achieved, for industrial brick the removal was greater than 75%; the initial physicochemical analysis was 7.73 pH, 0.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) and 0.45 mg/L (SDT), the results of the final physicochemical analysis for industrial treatment were 8.29 pH, 1.63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) and 0.91 mg/L (SDT), in the same way, the handmade brick the results were 8.15 pH, 1.71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (C.E) and 1.56 mg/L (SDT). Concluding that the activated aluminosilicates (industrial, artisanal) influence the removal of the hardness present in the spring water of the Totorilla-Ayacucho community.

Keywords: Activated aluminosilicates, removal, hardness, physicochemistry, adsorption, magnesium, calcium.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento exponencial de la población y desde inicios de la revolución industrial, la producción y el consumismo se convirtieron en los principales factores para el cambio climático, que afecta negativamente los ecosistemas, principalmente los acuáticos (Gastañaga, 2018). En ese marco, el recurso hídrico es la base fundamental dentro de todas las actividades antrópicas y naturales, básicamente es el epicentro para el desarrollo tanto sostenible, económico y social. Li, Y. et al., (2022) los impactos en el agua por contaminantes generados en distintas actividades, es la preocupación de muchos países a nivel mundial por las consecuencias negativas que conllevan su déficit uso.

El ciclo hidrológico es el proceso continuo y complejo en la cual el recurso circula dentro de los compartimientos de la hidrósfera satisfaciendo todas las necesidades básicas, se estima que a nivel mundial la disponibilidad del agua depende únicamente del almacenamiento, el manejo y la distribución del recurso, UNESCO (2019) en la actualidad se estima que el 3% de población mundial sufren por la falta del recurso aunque solo se puede disponer del 2.5 % para consumo humano este debe recibir una adecuada gestión hídrica por ser un medio receptor de impactos significativos en toda sus etapas de discurrimiento y almacenamiento.

Por tal motivo, el agua debe cumplir con ciertos estándares de calidad conocidas como (ECAs) si bien es cierto tanto en países desarrollados y en vías de desarrollo los problemas sobre la calidad se asocian a los cambios en su estructura física y química por el aumento de contaminantes y la propagación muchas especies (ONU, 2018). El estado en su lucha para que las poblaciones rurales y las urbanas puedan acceder a estos servicios básicos invierten millones de soles en proyectos de saneamiento básico, pero lamentablemente este recurso no cumple con los estándares de calidad y salubridad adecuada propiciando o impactando en la salud de los habitantes. Las captaciones del recurso hídrico en zonas alejadas provienen de fuentes naturales que en su trayecto arrastran soluciones de sales y minerales determinando su calidad fisicoquímica (Reyes,2019).

Entre los componentes que generan la dureza del agua están los iones de magnesio y calcio principales elementos químicos que se encuentran en ríos, aguas

subterráneas y depósitos naturales, generando problemas tanto económicos en la red de alcantarillado y a la salud renal de la población Vaillant (2019). Este problema de la dureza llega a causar serios problemas en la salud humana ya que, debido al estar expuesto a altas concentraciones de calcio y magnesio puede generar afecciones renales y a las vías urinarias. Los límites máximos permisibles para que una persona pueda estar expuesta a la dureza del agua es de un máximo de 500 mg/ L. (OMS,2022).

A nivel mundial, el cambio climático está provocando que el recurso hídrico tenga mayor atención incluso mayor que el petróleo por ser esencial dentro de todas las actividades humanas (industria pesquera, minería, alimentos, agricultura, etc.). Fernández (2019) dentro de los criterios para una calidad buena del agua se tiene en cuenta tanto en la producción, el uso y la disposición final pese que muchas investigaciones revelan que en las distintas actividades antrópicas generan vertidos con altas concentraciones de elementos tóxicos que necesitan un tratamiento adecuado para su reutilización.

En la gran mayoría de países europeos consumen agua con altas concentraciones de sales de calcio y magnesio por ser extraídos únicamente en mayor proporción de fuentes subterráneas y menores proporciones de manantiales (EEA, 2018). En una proyección hacia el año 2030 el agua tendrá mayor demanda por el crecimiento exponencial de la población que superará en un 40 % a diferencia de la actualidad por ese motivo, deben cumplir parámetros que sean aptos para consumo humano sin afectar a la salud y que cumpla con los enfoques de conservación y que la calidad no se vea comprometida (FAO, 2017).

A nivel nacional, nuestro país cuenta con una de las mayores reservas a nivel mundial sobre la disponibilidad del recurso hídrico, está considerado entre los 10 países a nivel mundial con mayores depósitos de agua dulce y entre los 3 primeros de la región, pero estos datos no reflejan la realidad actual que vive el Perú puesto que, las grandes metrópolis están asentadas en zonas con menor disponibilidad del recurso en un 1.8 % y zonas alejadas con menor población disponen del 98 % de este recurso (INEI, 2018).

Como menciona el INEI (2018) en la encuesta realizada en todos los hogares a nivel nacional se estima que el 3.7 millones de habitantes no acceden al servicio de

agua potable de las cuales en Lima cerca de 350 mil habitantes solo se abastecen por medio de las cisternas que en su mayoría no tienen control de calidad fisicoquímica. En esa búsqueda de este recurso primordial muchas de las poblaciones optan por consumir aguas de ríos, lagos, lagunas, depósitos naturales, fuentes subterráneas (pozo) que en su mayoría contienen minerales que son la base para la dureza hídrica, esta problemática nacional genera impactos negativos a la salud y económicamente. Carmona (2018) indica que la calidad del agua de la población de San Juan de Lurigancho no cumple con los estándares de calidad por la cual no puede ser consumido por la acumulación de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) lo que provocó que el agua presente dureza y dañe el sistema de red tuberías de la zona.

A nivel local, en el departamento de Ayacucho el 70 % de la población cuenta con el servicio de agua potable en casa, pero solo un promedio de 28% de la población consume agua con los respectivos estándares de calidad del recurso (INEI, 2020). En ese marco, distintas poblaciones dentro de la región se encuentran consumiendo aguas insalubres sin control alguno de las autoridades competentes provocando afecciones en muchas comunidades. Defensoría del Pueblo (2019) la comunidad Ayacuchana de Asquipata a unas 7 horas de la ciudad de Ayacucho se abastecen de agua de pozo, provenientes de fuentes de ríos, lagunas que son entubados y distribuidos a los diferentes domicilios sin un previo tratamiento impactando al ambiente y los pobladores.

El problema de esta investigación radica que el agua al ser un recurso de mucha importancia para los distintos aspectos ambientales, deben estar normadas a los estándares de calidad y límites máximos permisibles, en ese aspecto aprovechar el agua con altas concentraciones de iones de magnesio y calcio principales precursores de la dureza de este recurso perjudican a los distintos sistemas ambientales, por todo lo expuesto el tratamiento aplicado pretende reutilizar los residuos de dos tipos de aluminosilicatos ( ladrillos) de origen industrial y artesanal en la adsorción (remoción) de la dureza del recurso hídrico en condiciones controladas dentro de la región de Ayacucho.

La presente investigación pretende resolver el siguiente **problema general**, ¿Cuál es el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del

agua y cómo influye sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022?, como problemas específicos ¿Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de calcio del agua?, ¿Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de magnesio del agua?, ¿Determinar la influencia de los aluminosilicatos activados sobre la calidad fisicoquímica del agua?

Por otra parte, la **Justificación teórica**, la presente investigación se justifica en la concepción de nuevos conocimientos en la aplicación de los aluminosilicatos activados como una opción en el tratamiento de la dureza del agua y su remoción de los principales compuestos como el calcio y magnesio. La **Justificación práctica** se va en relación de búsqueda del cumplimiento de la ley general del ambiente la cual busca la mejora de los servicios ecosistémicos para dar soluciones en la recuperación de áreas contaminadas natural y antropogénicamente, mediante la aplicación de técnicas de recuperación, por lo tanto, proporciona la base del conocimiento para que sea implementado en ecosistemas acuáticos impactados por altas concentraciones de elementos tóxicos en efecto se propone la solución aplicando los aluminosilicatos para remover la dureza del agua y así contribuir con una mejor calidad del recurso hídrico. De la misma manera la **Justificación social** de la presente investigación busca el aporte de tecnologías nuevas como los aluminosilicatos en la remoción de la dureza del agua de modo que, beneficiará principalmente a zonas rurales que consumen agua de elevada dureza con un buen servicio del recurso hídrico aptas para el consumo, de la misma manera contribuirá con la reutilización de ladrillos de construcción puesto que, al no tener una adecuada disposición final genera impactos negativos. Finalmente, la **Justificación metodológica**, la presente se justifica en la trascendencia de contribuir científicamente mediante análisis, evaluaciones y comparación de los aluminosilicatos de origen industrial y artesanal de manera que la investigación no sea una sencilla constatación de la remoción de la dureza del agua, sino de elegir la mejor alternativa entre los dos aluminosilicatos como alternativa para su replicación en futuras investigaciones.

Por ello, el presente estudio tiene como **objetivo general**: Evaluar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del agua y cómo influye sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022, Así mismo, como **objetivos**

**específicos** tenemos: Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de calcio del agua, Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de magnesio del agua, Determinar la influencia de los aluminosilicatos activados sobre la calidad fisicoquímica del agua.

En la investigación se plantearon las siguientes hipótesis como **Hipótesis general**: H1: Los aluminosilicatos activados remueven significativamente la dureza del agua, así como influyen sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022, H2: Los aluminosilicatos activados no remueven significativamente la dureza del agua, así como no influyen sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022. Así mismo, como **Hipótesis específicas** H1: Los aluminosilicatos activados logran remover significativamente el calcio del agua, H2: Los aluminosilicatos activados no logran remover significativamente el calcio del agua. H1: Los aluminosilicatos activados logran remover significativamente el magnesio del agua, H2: Los aluminosilicatos activados no logran remover significativamente el magnesio del agua. H1: los aluminosilicatos activados influyen significativamente sobre la calidad fisicoquímica del agua, H2: los aluminosilicatos activados no influyen significativamente sobre la calidad fisicoquímica del agua.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, haremos mención de trabajos previos los cuales generan una gran aportación al desarrollo del estudio, iniciando por los **antecedentes** mencionados para el ámbito internacional.

Prato et al., (2021) en su estudio sobre la “Adsorción del agua dura empleando dos tipos de rocas volcánicas”. En la cual el estudio se desarrolló sobre medios naturales y compuestos alcalino que generan cargas negativas en la superficie del lecho fijo, determinando las composiciones de pH, porosidad, estructura química, de las rocas ígneas. Los resultados a partir de la remoción o adsorción de los elementos que generan la dureza del agua dependen de la cantidad o contenido de óxidos de hierro, arcilla, feldespatos, titanio y el aluminio en la cual la roca del volcán de Tungurahua redujo de 400 mg/L a 240 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  presentando una eficiencia del 66.5%, en cambio la roca del volcán Reventador redujo de 400 mg/L a 172 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  con una eficiencia del 42.5%. Concluyendo que la biosorción es una metodología innovadora para tratamientos de dureza del agua por ser económicamente sustentable en comunidades de escasos recursos.

Acosta (2014) en su estudio sobre las técnicas factibles para la adsorción del flúor en soluciones acuosas, mediante el proceso de remoción y el empleo de adsorbentes óxidos de  $\text{Mg}^{++}$  y zeolitas activadas (modificadas). Concluyendo que en la investigación que la adsorción y activación de zeolitas activadas (modificadas) con óxidos de  $\text{Mg}^{++}$  no muestran eficiencia en tratamientos en agua para consumo humano ya que, los análisis finales demuestran que las concentraciones están por encima de los LMP de agua superficial. Los bajos niveles de adsorción están relacionados a la cualidad de remoción.

Tejada, C. et al., (2015) el artículo de investigación busco la validar los métodos para la adsorción de metales pesados en recursos de fuentes residuales mediante el empleo de adsorbentes de naturaleza biológica. Los resultados indican la temperatura es muy importante en el proceso de la adsorción por los cambios físicos que generan en la textura del material adsorbente, asimismo el pH influye en la eficiencia de la remoción logrando mejores resultados en concentraciones básicas de pH superior a 4.5 y en medios ácidos entre 1.5 y 4 y, por último, el tamaño de las partículas es un factor clave para la adsorción lo que relaciona a la porosidad y los



sitos específicos. Llegando a la conclusión, los adsorbentes naturales de origen inorgánico representan mejores cualidades en la remoción.

Rosales, C. (2014) en su estudio evaluó la eficacia de la roca volcánica de tezontle como un elemento natural para la remoción del cromo (VI) mediante la utilización de discos cerrados en la cual tiene 2 proceso de entrada y salida en tiempos de 24 horas para alcanzar una remoción óptima en el tratamiento. Evidenciando que el proceso se condiciona por el efecto del pH. Llegando a resultados finales que el espectroscopio UV- Viss detecto una disminución del cromo (VI), esto determina que este tratamiento es el adecuado para remoción del cromo (VI).

Luján (2015) en objetivo de su estudio fue de modificar químicamente las telas de algodón para una remoción selectiva de compuestos en la dureza del recurso hídrico. Logrando llegar a la conclusión que modificar con ácido cítrico las telas de algodón lo cual genera una capacidad mayor en la adsorción para la eliminación de la dureza del agua de pozo en un 98% en un tiempo de 1 hora, finalmente se sugiere que la utilización de telas de algodón modificadas con el ácido cítrico es una técnica muy competitiva para reducir la dureza del agua.

Manrique et al., (2015) en su trabajo de investigación determinó la destreza de la adsorción en la remoción de iones inorgánicos presentes en aguas residuales. Se logró obtener una eficiencia en la remoción iones de magnesio, calcio y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a nivel del laboratorio mediante la sinterización de la Zeolita. Llegando a la conclusión que la remoción de estos elementos se da por el proceso de intercambio catiónico al mismo tiempo por el proceso de adsorciones coloidales, generando la disminución progresiva de todos los compuestos que favorecen a la dureza del agua.

Illana (2014) es su trabajo de investigación, determinó la capacidad de remoción de compuestos como el fosfato en adsorbentes naturales, determinando tanto la capacidad y la selección de un medio acuoso completo. Llegando a la conclusión, que los sólidos disueltos totales suspendidos no afectan al tratamiento, de la misma manera, la capacidad del intercambiador iónico no altera la composición de compuestos aniónicos en las muestras, en definitiva tanto la capacidad de remoción

es directamente proporcional al tiempo de contacto entre el contaminante, pero se debe tener en cuenta el análisis fisicoquímico del agua puesto que, existe mejor resultados en concentraciones muy moderadas en condiciones controladas.

Wahab, M et al., (2015) mencionan en su estudio sintetizaron zeolitas tanto de caolinita natural egipcia hidratada y mediante la activación térmica para determinar la adsorción de  $\text{Cu}^{2+}$  disuelto en agua. Llegando a obtener resultados de la zeolita activada térmicamente (Deshidratada) una eficiencia en la adsorción del 94 % después de 48 horas de estar en contacto, por el contrario, la zeolita hidratada el porcentaje de remoción fue 75% después de 48 horas. Concluyendo que la zeolita deshidratada, los parámetros de remoción fueron el intercambio catiónico y las isothermas seguidas por la zeolita en la remoción del cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) se explican por medio de la utilización de modelos de Freundlich y Langmuir.

Allahdina et al., (2013) en su investigación basado en el rendimiento buscó la adsorción del hierro II de aguas subterráneas mediante la utilización de los ladrillos previamente activados con HCl en tres fases de tamizado, lixiviación y precipitación, utilizaron la lejía convencional entre 6% y 14% del peso del cloro sumergida en agua. Llegando a la conclusión que la remoción del Hierro II por los ladrillos que fueron modificados están sujetas a nivel del caudal y la profundidad del lecho, los resultados de los análisis en laboratorio (EDS / ESEN) y (SPX) mostró la importancia de la ferrihidrita con el principal factor para la adsorción. De igual forma, los análisis SPX denotaron que los ladrillos previamente modificados adsorben notablemente y esta relación a la cantidad de los óxidos de hierro que se impregnan en los ladrillos.

Carreño (2015) en su Investigación determinó las técnicas apropiadas y económicas en la remoción de los metales pesados en aguas contaminadas para el cual se buscó los diferentes tratamientos para la remoción usando los métodos de materiales como la zeolita o también conocidos como aluminosilicatos y biorremediación biológica con el empleo de algas y plantas acuáticas (buchón de agua). Teniendo resultados positivos para ambos tratamientos en primer lugar el tratamiento con Zeolitas removió por encima de 85% distintos metales pesados como el zinc, plomo y cadmio estas mediante diseños de reactores de contacto directo con las zeolitas. Concluyendo que los tratamientos entre las zeolitas y seguido de las plantas acuáticas es un método sencillo y económico en temas de viabilidad

obteniendo resultados eficientes en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados.

Carmalin, S. y Lima, E, (2017) en su investigación sobre la eliminación de contaminantes emergentes del medio ambiente por adsorción. La técnica empleada de la adsorción en contaminantes emergentes mediante el tratamiento terciario en dosis de xerogeles adsorbentes en una disolución de 1 litro mediante probetas en el laboratorio. Llegando a los resultados que una los métodos de Langmuir, Freundlich la remoción fue de 183.5 mg/g por la superficie de carbono.

Con respecto a los **antecedentes** del ámbito nacional tenemos:

Junco (2019) en su estudio determinó sobre cómo influyen los aluminosilicatos activados en la adsorción de iones calcio y iones magnesio que se encuentran en la napa freática realizado a nivel laboratorio. Llegando a los resultados en la cual dentro de los análisis iniciales se obtuvieron datos de la concentración del magnesio total en valores de 246.5 mg/L y magnesio disuelto en 148.85 mg/L, para el calcio total en 417.12 mg/L y calcio disuelto en 321.9 mg/L, obteniendo concentraciones finales de la reducción de magnesio total fueron de 13.66 mg/L y el magnesio disuelto fue 0.2818 mg/L, en el caso de la reducción del calcio total fue de 54.34 mg/L y calcio disuelto 1.277 mg/L. Llegando a la conclusión de la investigación que los aluminosilicatos tienen una alta influencia directa en la remoción de las concentraciones de magnesio y calcio que se encuentran en depósitos de agua subterránea manteniendo una eficiencia de reducción por encima del 85%.

Bazán y Rojas (2018) en su estudio de la eficiencia en la remoción de metales pesados aplicando *juncus arcticus* y *urtica dioica* en relaves mineros, nos muestra mediante las pruebas realizadas provenientes del relave minero a nivel laboratorio que inicialmente el cobre (Cu) con valores de 500 mg/kg , Hierro (Fe) con valores de 19700 mg/kg, Zinc (Zn) con valores de 200 mg/kg, plomo (Pb) con valores de 142 mg/kg, Arsénico (As) con valores de 433,09 mg/kg y por último, el Cadmio (Cd) con valores de 11,43 mg/kg por otro lado luego del tratamiento realizado con la especie de Urtica los resultados fueron respectivamente de 96,4 mg/kg de Plomo (Pb), 290 mg/kg de Arsénico (As) y 3,35 mg/kg de Cadmio en comparación de la especie de Juncus los resultados fueron 105 mg/kg de Plomo (Pb), 315 mg/kg de Arsénico (As) y 3.7 mg/kg de Cadmio (Cd). Llegando a la conclusión que la eficiencia en la

remoción del Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Arsénico (As) en la especie de *Urtica* fue 33 %, 11% y 8 % y para la especie de *Juncus* 36%, 17% y 14% respectivamente en ambas especies.

Huallpa, H. (2017) en su investigación aplicó tratamientos químicos en la dureza del agua, analizando las propiedades químicas del agua entre ellas DBO, DQO, C.E, dureza cálcica, bicarbonatos y organismos vivos, para tener datos iniciales. La metodología fue en dosis de 0.11 gramos, 0.22 gramos y 0.33 gramos en un volumen de 500 mililitros. Los resultados de la investigación determinaron una concentración alta de la dureza cálcica en 665,8 mg/L por ello utilizaron tres tratamientos químicos (cal, STP, cal sodada). En conclusión, el tratamiento químico de STP en dosis de 0.22 gramos presenta mejores resultados en la reducción de  $\text{CaCO}_3$ .

Quispe et al., (2022) en su artículo de investigación en el cual su objetivo fue de evaluar el tratamiento de ingeniería para la remoción y filtración del metal arsénico en agua subterránea aplicando zeolitas de origen natural. La metodología indica que se utilizaron zeolitas de origen natural de departamento de Puno exactamente ubicada en las localidades de Ocuwari y Atuncollo y también la zeolita de origen comercial, el proceso de filtración consiste en eliminación de impurezas, secado, triturado, tamizado y la cristalografía rayos X. Los resultados de la investigación de las muestras empleadas de Ocuwari y Atuncollo y las de origen comercial revelan que existe una mayor eficiencia en la remoción del Arsénico (As) en zeolitas de origen natural en una relación de Atuncollo de 0,04, Ocuwari de 0,07, la de origen comercial de 0.01, el mayor porcentaje de eliminación proviene de la zeolita de la localidad de Atuncollo. Llegando a las siguientes conclusiones que las zeolitas de origen natural que tienen mayor eficiencia son de la localidad de Atuncollo, Ocuwari y la comercial con 47,5 %, 23,3 y por último 5,48% respectivamente.

Fernández (2021) en su trabajo de investigación sobre la problemática del agua dura tanto en actividades humanas y el medio ambiente en ese sentido, buscó evaluar la eficiencia del *Eichhornia crassipes* para remover la dureza del agua en el Distrito de Reque, la metodología que utilizó fue de enfoque cuantitativo, corte cuasi experimental. Los resultados demostraron mediante análisis fisicoquímico del agua que el pH es de 6.97, Conductividad eléctrica de 00,8 (us/cm), análisis de dureza del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) fue de 404ppm, luego de ser aplicado la metodología

se obtuvieron resultados de pH en 7,25, la conductividad eléctrica es de 00,7 (ds/cm) y en análisis de dureza del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) fue de 300ppm. En conclusión, se removió la dureza en un porcentaje de 25,7% pero se debe resaltar que los niveles de porcentaje de hidrógeno (pH) aumentaron y la conductividad eléctrica se mantuvo constante.

Larico (2021) en su investigación presentada sobre la remoción de metales (As, Mn) y la dureza de un pozo en la provincia de Islay, generando agua de calidad que cumpla con los estándares de calidad aplicando la metodología de ósmosis inversa. Tiene un enfoque cuantitativo, el diseño es experimental en la cual la investigación fue de 20 tratamientos en tres etapas, primero se estudió la calidad del recurso, seguido de cuanto porcentaje eliminaron y finalmente la remoción de nivel de metales y dureza. Los resultados del pretratamiento evidenciaron una remoción de 94% del (As) un 82% (Mn) y 62% de la dureza del agua, luego de aplicar la ósmosis inversa (OI) en los tratamientos se obtuvieron concentraciones del metal As de 0.0003 mg/L, Mn de 0.0009 mg/L y para el agua dura osmotizada fue 40 mg/L.

Rojas (2019) en su investigación determinó la valorización del ladrillo a partir de actividades de construcción y demolición utilizado como un adsorbente del cromo localizado en aguas de residuo, el tipo de metodología aplicada fue de utilizar tamaños de distintos diámetros de partícula (0.5, 1,0 y 1,5)mm los cuales fueron sometidos a muestras de efluentes de curtiembre, utilizó probetas de 10 ml, agua residual de curtiembre de 6.5 ml y ladrillos en concentraciones de 8 gramos por cada distinta partícula, dividió el trabajo en 3 métodos (natural, térmico y químico). Los resultados obtenidos de acuerdo a la concentración inicial del cromo de 2,988 mg/L presente en el agua residual de curtiembre, para el método natural los resultados fueron de 0,1018 mg/L, 0,1845 mg/L y 0,3303 según el tamaño de partícula respectivamente de 0.5mm,1mm y 1.5mm, de acuerdo al método térmico los resultados fueron de 0,019 mg/L, 0,045 mg/L y 0,0645 mg/L según el tamaño de partícula respectivamente de 0.5mm,1mm y 1.5mm y por último el método químico 0,0678 mg/L, 0,1575 mg/L y 0,2455 mg/L según el tamaño de partícula respectivamente de 0.5mm,1mm y 1.5mm, La conclusión de la investigación para valorizar el ladrillo las técnicas apropiadas tanto de coste y beneficio permite evaluar

y reconocer los impactos ambientales, de acuerdo al análisis ANOVA los métodos térmico y químico son más eficientes en la remoción.

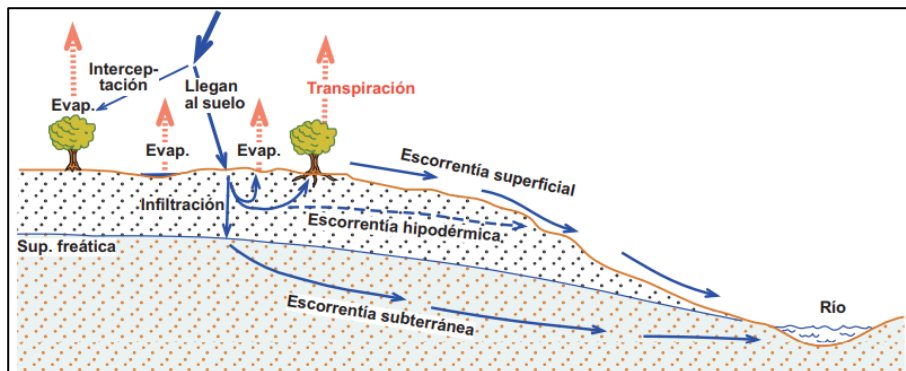
Rojas, Y. y Zarate, C. (2015). El objetivo del estudio evaluó el pH y el tiempo en el contacto de adsorción entre la arcilla montmorillonita y el cromo (VI) para los cuales se realizó el estudio de análisis fisicoquímico de las arcillas del yacimiento Doña Herminia S.A.C. La metodología utilizada en la investigación trabajó con una concentración de 17 gr de adsorbente natural en 50 ml de disolución, determinando el pH eficiente en el procedimiento es de 2 por la atracción entre el adsorbato y los sitios activos, la eficiencia de la remoción incremento con un tiempo de 24h, logrando remover en un 95.21 % de la concentración inicial de 20 mg/L a 0.958 mg/L.

Canessa, et al., (2011) en su artículo evaluaron mediante el ladrillo particulado la adsorción del plomo II (Pb) las cuales proceden de soluciones de nitrato (1 gramo/Litro de agua), los resultados presentaron evidenciaron que el tamaño de partícula de 4 mm en métodos activados “termo ácido” y sin activar del ladrillo artesanal de la zona de Palian en Huancayo. Los valores de acuerdo a la capacidad de adsorción del ladrillo fue 0.72 Kg de H<sub>2</sub>O/ 1 Kg de ladrillo por el contrario el método activado empleó HCl<sub>2</sub>N por 6 horas a temperaturas de 60°C. Se infiere que en medios de pH básicos existe una alta remoción “adsorción” de la misma manera el experimento realizado está ajustado al propuesto por la isoterma de Freundlich que indica que altas temperaturas existe valores altos de adsorción mediante una apropiada activación.

En lo respecta a las teorías relacionadas a la investigación es fundamental mencionar al componente principal de estudio, El agua o recurso hídrico es un medio natural finito en la cual se viene desarrollando las diferentes actividades dentro del ciclo biogeoquímico puesto que, son de suma importancia para un buen funcionamiento de la vida. Este recurso está formado dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H<sub>2</sub>O), esta molécula tetraédrica forma un enlace covalente entre la compartición de los electrones (e-) que no están apareados (Merino y Noriega, 2021).

Por otro lado, Sierra (2011) el recurso hídrico circula de forma natural y continua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera (atmósfera, ríos, océanos, lagos,

napa freática y glaciares). Este proceso es conocido como el ciclo hidrológico en la cual este recurso experimenta cambios de estados de materia desde la precipitación, condensación, sedimentación, escorrentía, sublimación, infiltración y por último la evaporación, estas dependen por distintos factores como temperatura, clima, la cobertura vegetal y aspectos ambientales (Junco, 2019).



**Figura 1: Etapas del ciclo hidrológico**

**Fuente: Sánchez, 2022**

Así mismo, la disponibilidad del recurso hídrico es de suma importancia para los ecosistemas Funcagua (2020) indica que el volumen total del agua en el mundo que es aproximadamente 1,385 millones de  $\text{km}^3$  de los cuales el 97,5% equivale a aguas oceánicas y el 2,5% es agua dulce cabe resaltar, que total de agua dulce sólo el 70% no es para consumo antrópico, el 29% se encuentran en depósitos subterráneos y menos del 1% son accesibles para el consumo humano. El Perú, tiene una reserva de agua de 1.758172 MM de  $\text{m}^3$  dentro de ellas las zonas de mayor concentración de la población (costa) sólo dispone de un 2.2% del recurso hídrico, mientras que el 97,8% del recurso se disponen en zonas de menores concentraciones de población (ANA, 2011). Esta problemática mundial para el acceso al recurso hídrico genera que gran parte de la población consuma este recurso sin el tratamiento adecuado lo cual, es un riesgo latente para contraer diversas afecciones a la salud en distintas partes del planeta (Adimalla, N. y Qian, H.2019).

Por efecto, es importante mencionar sobre la calidad del agua, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2022) mediante la elaboración de directrices que cumplan con la calidad del recurso estas guías establecen y recomiendan metas tanto en la salud humana y el ambiente, estos parámetros fisicoquímicos y biológicos

al ser evaluados deben estar en óptimas condiciones para cumplir las normativas ambientales. Por esta razón, las Normativas son un grupo de objetivos, criterios y principios para el cuidado y manejo del ambiente, tanto en la calidad del agua, calidad del aire y suelos.

De acuerdo a los estándares de calidad ambiental (ECA) sobre el agua, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, establece las concentraciones de sustancias, elementos, parámetros fisicoquímicos en cuerpos receptores que no representen un peligro al ambiente ni a la salud humana.

A continuación, en la tabla 1, se muestran los estándares (parámetros) de mayor relevancia para la investigación en relación al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM:

**Tabla 1.** Subcategoría A, Agua superficial para la producción de agua potable

<b>Parámetros</b>	<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección</b>	<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional</b>	<b>Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Fisicoquímicos</b>				
Dureza Total	500	-	-	mg/L
pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0	Unidades pH
Cloruros	250	250	250	mg/L
C.E	1500	1600	-	µS/cm
Turbidez	5	100	-	UNT
<b>Inorgánicos</b>				
Aluminio	0.9	5	5	mg/L
Cadmio	0.003	0.005	0.01	mg/L
Arsénico	0.01	0.01	0.15	mg/L
Hierro	0.03	1	5	mg/L
Boro	2.4	2.4	2.4	mg/L
Cromo total	0.05	0.05	0.05	mg/L
Plomo	0.01	0.05	0.05	mg/L
Zinc	3	5	5	mg/L



Níquel	0.07	-	-	mg/L
Mercurio	0.001	0.002	0.002	mg/L
Cobre	2	2	2	mg/L

Fuente: Modificada del D.S 004-2017-MINAM

De igual forma, el decreto supremo N°003-2010-MINAM establece que los Límites máximos permisibles en las concentraciones de sustancias, elementos nocivos medidos desde la fuente de emisión, efluentes o vertidos en general cuyo objetivo es la protección de los sistemas naturales.

A continuación, en la tabla 2, muestra los LMP de agua para consumo humano de mayor relevancia para la investigación:

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles “Parámetros de calidad percibida”

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Lmp agua</b>
pH	Unidades de pH	6,5 a 8,5
Turbiedad	UNT	5
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5

Fuente: Modificada del Decreto Supremo N° 031-2010

Dentro de los fundamentos teóricos para la investigación los Aluminosilicatos están compuestos por minerales formados por óxidos de aluminio y silicio, entre ellos se encuentran las cloritas, feldespato, zeolitas naturales dentro su composición estas también pueden presentar calcio, aluminio y magnesio (UGRJ, 2019). Se encuentran de forma natural o pueden ser sintéticas, principalmente en lugares con formaciones arcillosas, que es la materia prima para distintos materiales.

Los aluminosilicatos se clasifican en tectosilicatos que son grupos de silicio que son enlazados para formar redes tridimensionales (SiO<sub>2</sub>) y así incorporar cationes que compensen la carga (Gil, 2022).

**Tabla 3.** Clasificación de Aluminosilicatos

Tectosilicatos	
Filosilicatos	Zeolitas faujasitas

Fuente: UGRJ, 2019

Dentro la gran variedad de aluminosilicatos se encuentran las zeolitas que tienen la propiedad en el control de contaminantes presentes en el agua. Gallo y Vásquez (2021) mencionan que las zeolitas poseen propiedades muy variadas que pueden ser utilizadas en tratamientos de aguas, regulación de olores, adsorciones de gas, catálisis. Dentro las zeolitas más solicitadas a nivel mundial son la modernita, analcima, estilbita entre las más desconocidas están la barrerita, ofretita (Yuna,2016). Además, dentro de las características que presentan las zeolitas está la hidratación y deshidratación, pero cabe resaltar, que son consideradas valiosas por la habilidad de intercambio catiónico y el diámetro de los poros (Delkash et.al.,2015).

Están caracterizados por presentar vacíos de forma regular denominados jaulas o vías con grandes dimensiones libres entre 0.3 y 1.0 nm, con capacidad de adsorción y la difusión de moléculas (Perego et al., 2013). Al mismo tiempo, el tamaño de porosidad es un indicador muy importante dentro la remoción de elementos tóxicos por lo que, las zeolitas con mayor eficiencia son las que tienen mayor tamaño de porosidad (Delkash et.al.,2015). Igualmente, las zeolitas presentan cualidades de resistencia, altas temperaturas de abrasión, estabilidad química, intercambio iónico (Abukhadra, M y Shaban, M, 2019).

Por otra parte, La activación de los aluminosilicatos es una alternativa para modificar las características fisicoquímicas de la arcilla en relación a la capacidad de adsorción de las zeolitas ya que, estas pueden realizarse mediante tensioactivos con cadenas largas, cambiando las cargas externas de negativo a positivo demostrando eficacia en la adsorción de arsénico, cromo, yoduro y sulfatos (Jiménez y Medina, 2017). De igual manera, también se utiliza la magnetita como un material que provee propiedades oxidantes aumentando su capacidad de adsorción de compuestos insolubles como el petróleo (Hesas et.al.,2019).

De acuerdo, a los tipos de activación para incidir en la capacidad de remoción de los adsorbentes en sistemas acuáticos con elevadas concentraciones de metales tóxicos son; activación química y térmica (Allahdin, 2014). Estos procesos optimizan las características propias de las arcillas en la adsorción, las cuales dependen de los diferentes métodos de activación (Largo y Villamarin, 2013). A continuación, se detalla en la tabla N° 4.

**Tabla 4.** *Métodos de activación de la arcilla Adsorbente*

<b>Métodos</b>	<b>Definición</b>
Mecánica	Parámetro físico para estandarizar por medio de la molienda los materiales que serán activados, presentan cambio estructural.
Térmica	Es el aumento de la reactividad del compuesto por el incremento de la temperatura, logrando cambios en la estructura del adsorbente, liberando sitios activos en relación a su porosidad.
Química	La adición de ácidos aumenta la superficie del adsorbente, influye en la porosidad, así como, en el medio hidrófobo, generalmente se emplea usualmente el ácido clorhídrico (HCl) en diferentes dosis.

Fuente: (Largo y Villamarin, 2013).

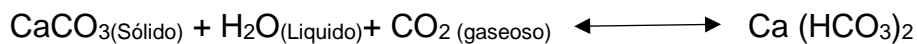
Dentro de los problemas que aqueja el agua y representa un desafío mundial es la dureza, este término utilizado popularmente viene de tiempos atrás en las que se evidenciaba problemas al lavar puesto que, muchos jabones no producían espuma generando dificultades en los hogares en efecto, se determinó la dureza de este recurso dependía de la producción de espuma en los jabones (Reyes,2019). De la misma manera, el problema económico se evidencio en la reducción de la eficiencia de limpieza generando mayor consumo de productos de limpieza, detergentes, asimismo, se relaciona al deterioro de maquinarias, calderas, y básicamente en tuberías de agua potable. (Fadya, M et al.,2021).

Los problemas a la salud humana que traen a la exposición o consumo del agua con elevada dureza se relacionan con trastornos a nivel cardiovascular, litiasis renal, infecciones urinarias, aprosencefalia y cáncer (Park, J et al., 2007). Estas

afecciones se agudizan particularmente en el riñón por estar vulnerable a la exposición de compuestos tóxicos entre ellos el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) conduciendo a la nefrotoxicidad por metales. (Xu, X et al., 2018).

Por otra parte, la dureza del agua está expresada primordialmente a la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en este recurso, los niveles altos de estos minerales son los principales factores para la dureza por lo que, es directamente proporcional entre las sales de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y la dureza (Guillen y Cañazaca,2020). La solidez de dureza (Fijo o temporal), depende de aniones que son los principales responsables del agua dura (García, 2017).

Dentro de los tipos de la dureza se encuentran la dureza temporal que puede ser removida mediante la ebullición y precipitación a diferencia de la dureza permanente que no puede ser eliminada mediante la ebullición del recurso hídrico (BBZIX,2021), es preciso mencionar que la dureza temporal se elimina mediante la aplicación del Hidróxido de Calcio.



Con respecto a la remoción de la dureza del agua, los distintos tratamientos que se utilizan en la eliminación de compuestos alcalinotérreos con altos niveles de iones de calcio y magnesio, con el objetivo de ablandar este recurso se encuentran los procesos de precipitación, filtración, reducción electrolítica, capacidad de intercambio iónico y entre ellas la más viable y económica está la adsorción (Meza y Mallaupoma, 2018). Sin embargo, Aragaw, T y Ayalew, A (2019) mencionan que la adsorción y el intercambio iónico son técnicas, alternativas que son muy prometedoras para la remoción por la utilización de materiales naturales de fácil acceso y bajo costo, como el caso de adsorbentes arcillosos como las zeolitas.

En efecto, la adsorción es la capacidad que tienen los sólidos en la remoción de sustancias, elementos contenidos en una solución por medio de algunas fuerzas electrostáticas adhiriéndose en la paredes o capa superficial de estos materiales. Lujan (2015) este proceso utilizado en la descontaminación del agua con presencia de compuestos tóxicos (orgánicos y químicos) representa una alternativa para la remoción de metales pesados por medio de la transferencia de masa donde el

adsorbato (estado gaseoso o líquido) se acumula en el adsorbente (estado sólido). Dentro de las consideraciones para una buena remoción se debe tener en cuenta el porcentaje de hidrógeno (pH), el tamaño de las partículas y el contacto entre el adsorbato y adsorbente (Rojas, 2019).

En cuanto a los tipos de adsorción y los distintos modelos matemáticos Rojas (2019) clasifica en cinco tipos de modelos que se mencionan a continuación: El tipo I de adsorción es hidrofóbica que se basa en la formación de una monocapa que es propia de isoterma de Langmuir, seguido del tipo II de adsorción forma una multicapa por aumento de presiones entre moléculas, luego el tipo III de adsorción forma multicapas en la que las constantes de equilibrio se basa en un nivel de monocapa y por el tipo IV y V de adsorción forma multicapas porosas.

En cuanto a, la adsorción física conocida también como fisisorción, se dan básicamente cuando existe interacción entre el adsorbato y la capa superficial del adsorbente por fuerzas de estabilización de la molécula, la temperatura disminuye de acuerdo al inicio de la adsorción entre las zeolitas de mayor utilización están carbón activado, aluminosilicatos por la porosidad que presentan (Biblioteca de Ingeniería, 2019). Por el contrario, la adsorción química es la reacción entre los compuestos adsorbidos a nivel de la capa superficial, el cloruro de calcio es la más utilizada para esta reacción, formando monocapas (Biblioteca de Ingeniería, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación basada en la aplicación de Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua tiene el enfoque cuantitativo puesto que, analizará datos mediante la aplicación de cuestionarios, entrevistas, técnicas estadísticas para generar resultados medibles (Galarza, 2018). Las investigaciones de corte cuantitativo buscan o apelan en una relación causal de las variables, donde se pueda identificar las características generales del fenómeno. El tipo de investigación es aplicada ya que, esta investigación tiene la orientación en buscar nuevos conocimientos lo cual permitirá dar solución a distintos problemas prácticos (Lozada, 2017) las investigaciones aplicadas tienden a generar conocimientos mediante métodos directos a distintos fenómenos sociales, relacionado a las investigaciones básicas entre la teoría y el producto.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación es de diseño experimental Galarza (2018) refiere que una investigación experimental, la variable independiente genera un impacto en la variable dependiente ya sea en control o en la manipulación de estas, con el fin de comprobar las hipótesis, determinar el comportamiento del fenómeno para posteriormente determinar la causa y efecto. Dentro del diseño experimental la investigación es de corte experimental puro donde se manipulan por conveniencia las variables para un control correspondiente (Hernández y Sampieri, 2014). Se utilizan, para dar a conocer el efecto de una causa que es manipulado

Grupo:  inicial     Tratamiento     Final

### 3.2 Variables y operacionalización

**Variable independiente (X):** Aluminosilicatos activados

**Definición Conceptual:** Los Aluminosilicatos están compuestos por minerales formados por óxidos de aluminio y silicio, entre ellos se encuentran las cloritas, feldespato, zeolitas naturales dentro su composición estas también pueden presentar calcio, aluminio y magnesio (UGRJ, 2019).

**Definición Operacional:** Los aluminosilicatos son compuestos naturales con concentraciones de arcillas, las cuales son utilizados para distintos tratamientos de remoción, entre las que se encuentran la dureza del agua.

**Indicador:** Artesanal, Industrial

**Escala de Medición:** Nominal.

**Tabla 5.** *Composición de ladrillo*

Tipo de ladrillo	Proceso	Compuestos
Artesanal	Manual	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arcilla</li><li>• Tierra</li><li>• Arena</li><li>• Agua</li><li>• Paja</li><li>• Aserrín</li><li>• Caolín</li><li>• Fedelpastos</li></ul>
Industrial		<ul style="list-style-type: none"><li>• Arcilla Uniforme</li><li>• Caolín</li><li>• Feldespatos</li><li>• Dióxido de silicio</li><li>• Aluminia</li><li>• Óxido de Hierro</li></ul>

	Estandarizado (Maquinarias automatizadas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Caliza</li> </ul>
--	---	--

Fuente: Elaboración propia

**Variable dependiente (Y):** Remoción de la dureza del agua

**Definición Conceptual:** Con respecto a la remoción de la dureza del agua, los distintos tratamientos que se utilizan en la eliminación de compuestos alcalinotérreos con altos niveles de iones de calcio y magnesio con el objetivo de ablandar este recurso se encuentran los procesos de precipitación, filtración, reducción electrolítica, capacidad de intercambio iónico y entre ellas la más viable y económica está la adsorción (Meza y Mallaupoma, 2018).

**Definición Operacional:** El tratamiento fisicoquímico en la remoción de la dureza del agua se desarrolla por medio de la bioacumulación o adherencia en la superficie del adsorbente, las cuales determinarán las concentraciones iniciales y finales postratamiento.

**Indicador:** pH, Conductividad eléctrica, Dureza Total, Cloruros, Metales totales, turbidez, Concentración inicial del calcio, Concentración final del calcio, Concentración inicial del magnesio, Concentración final del magnesio.

**Escala:** Razón

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

La población abarcó al grupo de aluminosilicatos provenientes de ladrillos artesanales de residuos de material de construcción del distrito de Pacaycasa, exactamente del Valle de Compañía, sector de mayor producción artesanal de ladrillos de acuerdo al Ministerio de la Producción



en Ayacucho de la misma manera, también se utilizó aluminosilicatos (ladrillos) provenientes de materiales de construcción y demoliciones de la industria Lark.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra de la investigación en lo que respecta a la obtención del adsorbente (ladrillos) generado por las distintas actividades de construcción y demolición, se utilizó 1 kg de ladrillo tanto artesanal e industrial obteniendo submuestras de rangos de partículas de 1.0 mm.

### **3.3.3 Muestreo**

La técnica para el muestreo es aleatorio simple por la razón que todos los individuos de la población tienen las mismas probabilidades de ser seleccionados (Otzen y Manterola, 2017), lo cual significa la elección de una submuestra “x” tienen la probabilidad de ser escogidos de toda la muestra.

## **3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnica**

Este proyecto de investigación se realizó mediante la técnica de observación científica, fundamental para el proceso de las herramientas utilizadas Campos (2012) esta técnica es la más lógica y sistemática en la cual se pretende conocer de forma objetiva la realidad y poder analizarla y explicarla dentro de la visión científica. Se trata de un método directo en la cual mediante una previsualización y una información previa del lugar de estudio permitirá que se realice un mejor control con respecto a la elaboración de los datos obtenidos, ya que se nos facilitará manipular las variables dentro del tratamiento.

### **3.4.2 Instrumentos**

El instrumento que se utilizó primeramente fue un guion de observación, libreta de campo, ficha de registros de datos cuyo propósito es de recoger toda la información para lograr los objetivos, las mismas

que responden a los indicadores establecidos dentro de la matriz de operacionalización.

### **3.4.3 Procedimientos**

El proceso para el desarrollo del procedimiento de la investigación, se dividió en 6 Etapas para los cuales se explican a continuación: **En la Etapa 1:** Obtención de Aluminosilicatos, la ubicación y recojo de las muestras se describen a continuación en esta etapa: a) Las muestras Artesanales se obtuvo de residuos de materiales de construcción “escombreras” provenientes en general de la zona del Valle de Compañía, distrito de Pacaycasa lugar donde se concentra la mayor producción artesanal de ladrillos dentro de la región de Ayacucho, de las cuales se tomó una muestra para la investigación, b) Las muestras de origen Industrial (Lark) se obtuvo de un conglomerado de materiales de construcción y demolición dentro del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray- Ayacucho.

**En la Etapa 2:** Activación de los aluminosilicatos (ladrillo), el proceso se dividió en tres (2) fases: A) Método mecánico, se trituró las muestras de los ladrillos (artesanal e industrial) luego se procedió a separar en submuestras utilizando tamiz de 1.0 mm; B) Método térmico, se separaron las submuestras de ladrillo por cada crisol en 80 gramos, posteriormente fueron llevadas al horno por un promedio de 3 horas a una temperatura de 105 grados (°C).

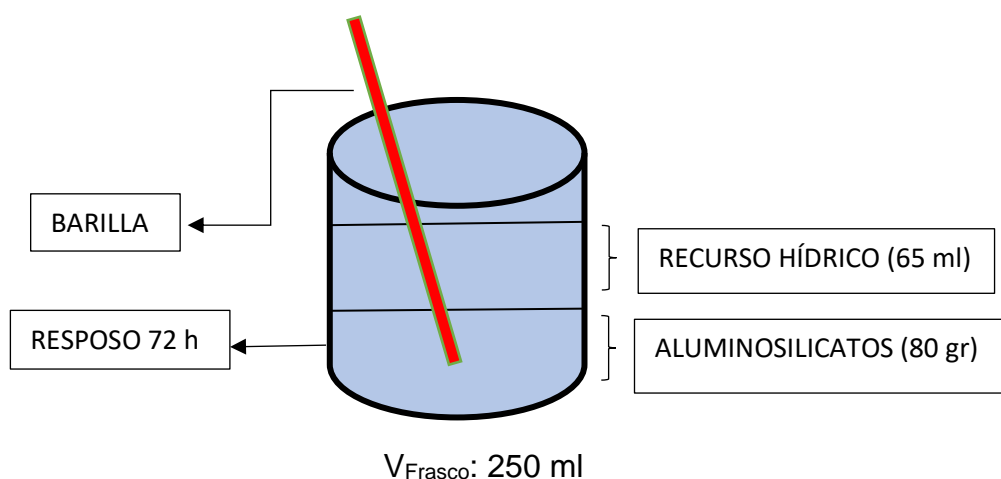
**En la Etapa 3:** Obtención del agua, de acuerdo a fuentes sobre el recurso hídrico y en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de las aguas superficiales, se delimitó trabajar con 1 litro del agua de manantial de Comunidad de Totorilla ubicada en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

**Tabla 6.** Obtención del recurso Hídrico

Día	10/10/22
Hora	12:00 (pm)
Lugar	Comunidad de Totorilla
Tipo	Agua de Manantial
Coordenadas	13°14'16.10"S, 74°20'65.11"W
Temperatura	22 °C

Fuente: Elaboración propia.

**En la Etapa 4:** Etapa del experimento, en envases de plástico de 250 ml se añadió 100 ml de la muestra de agua de manantial luego, se le adicionó 80 gramos de las submuestras de ladrillos artesanal e industrial todos en un rango amplio de 1.0 mm después, se agitó las submuestras alrededor de 10 minutos y por último se dejó reposar por 72 horas.



**Figura 2:** Partes del experimento

Fuente: Elaboración propia.

**En la Etapa 5:** Determinación de características fisicoquímicas de los tratamientos realizados donde las muestras se enviaron a los laboratorios de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) para los análisis correspondientes.

**En la Etapa 6:** Análisis e interpretación de los datos obtenidos en el proceso experimental mediante los programas (EXCEL, SPSS).

#### **3.4.4 Método de análisis de datos**

El método de análisis de los datos obtenidos en el proceso experimental y colectados en una ficha de registros, se construirá una matriz de datos en el software Microsoft Excel que fue exportado a el software estadístico InfoStat. Se obtuvo resúmenes de los datos a manera de tablas y figuras, Con la finalidad de determinar posibles diferencias entre los tratamientos mediante análisis de varianza.

#### **3.4.5 Aspectos éticos**

Según el código de ética de la Universidad César Vallejo, referente a la investigación, se desarrolla cumpliendo los criterios adecuados basados en la Resolución del Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV; considerando el capítulo 3, para desarrollar este proyecto de investigación, menciona cuales son las etapas y pasos para la publicación de la investigación. Además, se determinó la línea de investigación basada en la RCU N°200-2018/UCV y se tomó en consideración de la RR N°0089-2019-UCV donde explica aspectos generales que se debe considerar en la redacción de la investigación. Se respeta la propiedad intelectual y la autoría de la información bibliográfica, citando correctamente a los autores a través del ISO 690, con la referencia de sus datos de publicación que nos darán una información veraz y confiable. Finalmente, el proyecto de investigación se sube al Turnitin para verificar el índice de similitud del proyecto de investigación con otras ya publicadas, constatando que es una investigación propia del autor. En el presente trabajo de investigación el investigador respetará el estatus de propiedad intelectual por parte de todas las partes mencionadas, a su vez los datos obtenidos fueron analizados en laboratorios de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), colocados en fichas de registro de datos validados con asesores metodológicos.

#### IV. RESULTADOS

##### 5.1 Resultados de los análisis

Las muestras recolectadas de agua fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), con datos iniciales al procedimiento. El pH, conductividad eléctrica, Sólidos Disueltos Totales se midió con el equipo potenciómetro (Hanna): código 01.4.2. IN1.

**Tabla 7.** Resultados iniciales del análisis fisicoquímico del agua

<i>Análisis</i>	<i>Resultados iniciales</i>	<i>Unidad de medida</i>
<i>pH</i>	7.73	Mol/L
<i>Conductividad eléctrica (C.E)</i>	0.98	$\mu\text{S/cm}$
<i>Sólidos Disueltos Totales (SDT)</i>	0.45	mg/L

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, La concentración inicial del pH fue de 7.3 moderadamente alcalina de la misma manera la conductividad eléctrica es de 0.98  $\mu\text{S/cm}$  y por último el análisis de SDT fueron de 0.45 mg/L.

Los resultados finales del análisis fisicoquímico de la muestra de agua después de ser sometidas a los procedimientos experimentales de los 2 tipos de ladrillos (Artesanal e Industrial) para los cuales se trabajó con 3 repeticiones cada una, en el caso del ladrillo industrial el código trabajado (I) y para el ladrillo artesanal el código que se trabajó (A) (*ver tabla 7*).

**Tabla 8.** Resultados finales del análisis fisicoquímico del agua

Tratamientos		Resultados finales		
Código	Rango de partícula (mm)	pH	C.E (μS/cm)	SDT (mg/L)
I-1	1.0	8.25	1.66	0.95
I-1	1.0	8.22	1.61	0.88
I-1	1.0	8.41	1.64	0.89
Promedio	1.0	8.29	1.63	0.91
A-1	1.0	8.21	1.72	1.59
A-1	1.0	8.22	1.69	1.52
A-1	1.0	8.03	1.73	1.56
Promedio	1.0	8.15	1.71	1.56

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, se observa que en el tratamiento industrial con partículas de 1.0 mm el promedio de los resultados finales para el análisis fisicoquímico del agua fueron 8.29, 1.63 μS/cm y 0.91 mg/L para los análisis de pH, C.E y SDT respectivamente propiamente para el tratamiento artesanal A-1, A-1 y A-1 con partículas de 1.0 mm el promedio de los resultados finales fueron 8.15, 1.71 μS/cm y 1.56 mg/L para los análisis pH, C.E y SDT respectivamente.

**Tabla 9.** Concentración inicial de dureza total, cálcica y magnésica

Concentración inicial	Resultado (mg/L)
Dureza total	356
Dureza cálcica	228
Dureza magnésica	128
Ca ++	91,2
Mg ++	30,72

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se observa que los resultados iniciales del análisis del agua de manantial tienen una dureza total de 356 mg/L seguido, de la dureza cálcica de 228 mg/L, asimismo, la dureza magnésica de 128 mg/L seguido del Ca++ de 91, 2 mg/L y por último el Mg++ de 30,72 mg/L. Se

trabajó bajo un método estandarizado, así también la técnica apropiada y un límite de detección ideal para obtener una mayor certeza frente al empleo de un equipo debidamente calibrado y propio de un laboratorio, todos los valores se encuentran por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (D.S. 004-2017- MINAM) de dureza del agua (500 mg/l).

**Tabla 10.** Consolidado final de la dureza total, cálcica y magnésica registrados en el proceso experimental

Tratamientos	Rango de partícula (mm)	Repeticiones	Dureza total (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	Dureza cálcica (mg/l de Ca)	Dureza magnésica (mg/l de Mg)	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	Mg <sup>++</sup> (mg/L)
Ladrillo industrial	1.0	I-1	78	54	24	21.6	5.76
Ladrillo industrial	1.0	I-1	82	58	24	23.2	5.76
Ladrillo industrial	1.0	I-1	84	62	22	24.8	5.28
Promedio	1.0	I-1	81.3	58	23.3	23.2	5.6
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	64	42	22	16.8	5.28
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	58	38	20	15.2	4.8
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	60	40	20	16	4.8
Promedio	1.0	A-1	60.6	40	20.6	16	4.96

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10, se evidencia que los valores de concentración final de acuerdo al tipo de ladrillo industrial y artesanal las cuales se interpretará brevemente, el tratamiento con el ladrillo industrial (I-1) tiene un promedio final de concentración de 81.3 mg/L de dureza total, seguido del promedio final de concentración de 58 mg/L de dureza cálcica asimismo la dureza magnésica tiene un promedio final de 23.3 mg/L por otro lado, el promedio final del Ca<sup>++</sup> es 23.2 mg/L y el promedio final de la concentración de Mg<sup>++</sup> es 5.6 mg/L. Al mismo tiempo, el tratamiento artesanal (A-1) el promedio final de la concentración de dureza total es 60.6 mg/L seguido de un promedio final de concentración de dureza cálcica es 40 mg/L, asimismo, la dureza

magnésica tiene promedio final de 20.6 mg/L seguido del Ca<sup>++</sup> con promedio de concentración final de 16 mg/L y, por último, el Mg<sup>++</sup> con promedio de concentración final de 4.96 mg/L.

**Tabla 11.** *Porcentaje de remoción de dureza total, cálcica y magnésica en función de los datos iniciales*

Tratamientos	Rango de partícula (mm)	Repeticiones	Remoción dureza total (%)	Remoción dureza cálcica (%)	Remoción dureza magnésica (%)	Remoción Ca <sup>++</sup> (%)	Remoción Mg <sup>++</sup> (%)
Ladrillo industrial	1.0	I-1	78,15	76,62	80,95	76,32	81.25
Ladrillo industrial	1.0	I-1	77,03	74,89	80,95	74,56	81.25
Ladrillo industrial	1.0	I-1	76,47	73,16	82,54	72.81	82.81
Promedio	1.0	I-1	77.22	74.89	81.5	74.56	81.7
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	81,87	80,78	83,64	81.58	82.81
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	83,57	82,61	85,13	83.3	84.38
Ladrillo artesanal	1.0	A-1	83,00	81,69	85,13	82.46	84.38
Promedio	1.0	A-1	82.8	81.6	84.6	82.5	83.9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11, se observa que el porcentaje de remoción de la dureza total, cálcica y magnésica de acuerdo al tipo de ladrillo industrial y artesanal, los resultados obtenidos para el ladrillo industrial (I-1) el promedio de porcentaje de remoción para la dureza total es 77.22 % seguido de un 74.89% para la remoción de dureza cálcica de la misma manera, un 81.5% para la remoción de la dureza magnésica asimismo la remoción del Ca<sup>++</sup> fue de 74.56% y por último la remoción del Mg<sup>++</sup> fue



de 81.7%. En cuanto al ladrillo artesanal (A-1) los resultados del promedio de porcentaje de remoción para la dureza total es 82.8 % seguido de un 81.6% para la remoción de dureza cálcica de la misma manera, un 84.6% para la remoción de la dureza magnésica asimismo la remoción del Ca++ fue de 82.5% y por último la remoción del Mg++ fue de 83.9%.

### Análisis estadístico:

**Tabla 12.** Pruebas de normalidad estadística

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción dureza total (%)	0,222	6	0,200*	0,864	6	0,204
Remoción dureza cálcica (%)	0,237	6	0,200*	0,905	6	0,404
Remoción dureza magnésica (%)	0,199	6	0,200*	0,866	6	0,212
Remoción Ca++ (%)	0,284	6	0,141	0,754	6	0,022
Remoción Mg++ (%)	0,202	6	0,200*	0,853	6	0,167

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, al tener un nivel crítico del 95% y el nivel de significancia de 0.05 evidenciando una normalidad o dispersión, demostrando lo siguiente:

Ho: Los datos tienen distribución normal

Hi: Los datos no tienen distribución normal

La prueba de Kolmogórov-Smirnov, los datos tienen distribución normal, razón por el cual se justifica el uso de la prueba T para comparar los dos tipos de ladrillo. De la misma manera la prueba Shapiro-Wilk, los

datos tienen distribución normal, con excepción de remoción de Ca, sin embargo, se aceptará la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Por lo que se refiere a, las pruebas de correlación paramétrica; la prueba T comparó las medias de las muestras seleccionada, presentada a continuación en la tabla 13.

**Tabla 13.** Prueba de Levene y prueba t para comparar los tratamientos (ladrillo industrial y ladrillo artesanal) según los porcentajes de remoción

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
Remoción dureza total (%)	Se asumen varianzas iguales	0,000	0,983	-7,964	4	0,001	-5,60	0,70	-7,55	-3,65
	No se asumen varianzas iguales			-7,964	3,999	0,001	-5,60	0,70	-7,55	-3,65
Remoción dureza cálcica (%)	Se asumen varianzas iguales	0,695	0,451	-6,015	4	0,004	-6,80	1,13	-9,94	-3,66
	No se asumen varianzas iguales			-6,015	3,037	0,009	-6,80	1,13	-10,38	-3,23
Remoción dureza magnésica (%)	Se asumen varianzas iguales	0,034	0,863	-4,349	4	0,012	-3,15	0,73	-5,17	-1,14
	No se asumen varianzas iguales			-4,349	3,983	0,012	-3,15	0,73	-5,17	-1,14
Remoción Ca++ (%)	Se asumen varianzas iguales	0,695	0,451	-6,015	4	0,004	-6,80	1,13	-9,94	-3,66
	No se asumen varianzas iguales			-6,015	3,037	0,009	-6,80	1,13	-10,38	-3,23
Remoción Mg++ (%)	Se asumen varianzas iguales	0,034	0,863	-4,349	4	0,012	-3,15	0,73	-5,17	-1,14
	No se asumen varianzas iguales			-4,349	3,983	0,012	-3,15	0,73	-5,17	-1,14

Fuente: Elaboración propia (SPSS).

En la tabla 13, se puede observar que en la prueba t para la igualdad de medias indica que, en la remoción de la dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, calcio y magnesio es estadísticamente significativo por tal motivo, se asume que el ladrillo industrial es diferente al ladrillo artesanal.

## V. DISCUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se utilizó el rango del tamaño de partículas de 1.0 (mm) para el proceso de remoción de la dureza del agua en un total de 72 horas, cabe destacar que las muestras de aluminosilicatos fueron activadas previamente antes de realizar el experimento en periodo de tiempo de 3 horas y temperatura de 105 grados, comprendiendo en un total de 6 muestras en 2 grupos (artesanal e industrial), con el propósito de una remoción eficiente de los compuestos precursores de la dureza (calcio y magnesio).

Por lo tanto, la activación de los ladrillos es un factor muy importante para la remoción de la dureza del agua ello se relaciona con Acosta (2014) la activación es un proceso adecuado para generar un escenario óptimo en la disponibilidad de aumentar los sitios activos del adsorbente, es decir, aumenta la capacidad de adsorción entre el adsorbente y el adsorbato. Este contexto concuerda con el aumento de la porosidad y los sitios activos lo mencionado anteriormente concuerda con, Allahdina, et al., (2013) la cualidad que posee el ladrillo ya modificado para una buena adsorción (remoción) esta relacionado al área específica que tiene de la misma manera, Rojas (2019) menciona que el método de activación del ladrillo genera un escenario eficiente de remoción puesto que, al estar en contacto con altas temperaturas aumenta el área específica del material. Asimismo, Fonseca et al., (2012) indican que mediante la activación propicia tres escenarios; primero es la deshidratación, segundo es la descomposición y la tercera es la deshidroxilación que en conjunto se asocia a una alta capacidad de adsorción (remoción) de la dureza del recurso hídrico. Los autores Veliz y Gutarra (2011) consideran que el material primordial para la adsorción es la arcilla que pertenece al grupo de la esmectitas y vermiculita favoreciendo a la facultad de adsorción de metales pesados.

Es preciso mencionar que para próximas investigaciones complementarias al presente estudio se debe tomar en consideración

diferentes métodos innovadores en la activación por las distintas características que tienen los metales pesados.

En lo que respecta al empleo del tamaño de las partículas de 1.0 (mm) proporcionadas en la presente se ajusta con Tejada, C. et al., (2015), Junco, (2019), Canessa et al., (2011) ellos mencionan que trabajar con partículas pequeñas incrementan la capacidad de remoción y adsorción de los contaminantes en el agua, siendo esta directamente proporcional la cantidad del adsorbente y la remoción del contaminante. Igualmente, Rojas (2019) que estas partículas pequeñas liberan sitios activos del adsorbente tienden a tener una mejor disposición y vínculo entre el contaminante y el adsorbente. De igual forma, Rojas y Zarate (2015) y Rosales (2014), una partícula pequeña tiene un área interna mayor por las cantidades de poros y unidades.

Por otro lado, el tiempo de adsorción entre el adsorbente y el adsorbato en la presente investigación se determinó trabajar con un tiempo de 72 horas logrando una remoción eficiente ello concuerda Misihairabgwi et al., (2014) mencionan que el tiempo de contacto es un parámetro de suma importancia dentro del proceso de adsorción puesto que, depende del equilibrio en la adsorción, lo mencionada se relaciona con Illana (2014) la remoción en eficiente en mayor tiempo de contacto.

En lo que respecta a la determinación del efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción del calcio del agua. De acuerdo a los factores preestablecidos del adsorbente, se demostró que los aluminosilicatos removieron la concentración de calcio del agua, siendo el aluminosilicato de origen artesanal con mayor eficiencia puesto que, la concentración inicial fue 228 mg/L de dureza cálcica y 91.2 mg/L calcio disuelto, logrando una remoción a valores finales de 40 mg/L y 16mg/L en un tiempo de adsorción de 72 horas respectivamente, a comparación del aluminosilicato industrial la remoción final fue 58 mg/L de dureza cálcica y 23.2 mg/L de calcio disuelto en un tiempo de adsorción de 72 horas.

Asimismo, Junco (2019) menciona que en su trabajo de adsorción del calcio total y calcio disuelto mediante la aplicación de aluminosilicatos activados de origen artesanal. Se puede apreciar que los resultados de la investigación antes del tratamiento fue 417.12 mg/L de calcio total y 321.9 mg/L de calcio disuelto y los resultados finales de la concentración del calcio total fue 54.34 mg/L y en disolución fue de 1.277 mg/L con una eficiencia superior al 85 %. Por otro lado, Fernández (2021) en su trabajo sobre la fitorremediación del agua dura mediante la aplicación de *Eichhornia crassipes* en un periodo de 18 días obteniendo un valor inicial antes de la intervención de la planta de 284 mg/L CaCO<sub>3</sub>, luego del tratamiento de 18 días los valores finales fueron de 220 mg/L CaCO<sub>3</sub>, presentando una remoción leve. Por otra parte, Lujan (2015) en su estudio del ablandamiento del recurso hídrico mediante adsorbentes modificados el proceso de precipitación química tiene una reducción de la dureza total del 98% en comparación de la utilización de telas modificadas con una remoción del 88%.

Esta comparación demostró, que el ladrillo artesanal y el ladrillo industrial activados respectivamente presentan una remoción eficiente de las concentraciones de calcio, siendo estas de accesibles, económico y presentar una alta cualidad de adsorción, lo mencionado anteriormente está relacionado con lo dicho por Tejada, C. et al., (2015) la utilización de biomasa inorgánica en remediación de contaminantes en el agua se ha convertido en la solución de remover compuestos tóxicos, por su fácil manejo, costo bajo y pueden ser activados para incrementar la capacidad de adsorción. Está remoción se debe a las características fisicoquímicas que presenta la arcilla natural, ello concuerda con Prato et al., (2021) la remoción de dureza depende de los compuestos químicos que se encuentran como el óxido de hierro, arcilla, feldespato, caolín y aluminio, así como también el tipo de activación recibida para los aluminosilicatos.

En lo que respecta a la determinación del efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción del magnesio del agua. Se determinó que los aluminosilicatos removieron la dureza del agua, siendo el aluminosilicato de origen artesanal que obtuvo mejores resultados, se muestra que el análisis inicial sin tratamiento fue 128 mg/L de dureza magnésica y 30.72 mg/L de

magnesio disuelto. Luego del tratamiento, la remoción final fue 20.6 mg/L de dureza magnésica y 4.96 mg/L magnesio disuelto en un tiempo de adsorción de 72 horas, a comparación del aluminosilicato industrial la remoción final fue 23.3 mg/L de dureza magnésica y 5.6 mg/L de magnesio disuelto en un tiempo de adsorción de 72 horas.

Comparando la investigación con el trabajo de Junco (2019) sobre la adsorción del magnesio total y disuelto luego de la aplicación de los aluminosilicatos activados. Se logra evidenciar que la investigación tuvo una concentración inicial 246 mg/L de magnesio total y 148.9 mg/L en disolución y los resultados finales fueron 13.66 mg/L magnesio total y 0.2818 mg/L en disolución con una eficiencia superior al 90 %. De la misma manera, Huallpa (2017) en su estudio del tratamiento químico STP en la remoción de la dureza del agua subterránea en diferentes dosificaciones (0,11, 0.22 y 0.33) gr en un periodo de tiempo de 40 minutos, determinando que el análisis inicial de la dureza magnésica fue de 89.7 mg/L, logrando una remoción final en la dosificación de 0.33 gr de STP en disolución de 500 mililitros y una eficiencia de 58%. Por otro lado, Fernández (2021) en su trabajo sobre la fitorremediación del agua dura mediante la aplicación de *Eichhornia crassipes* en un periodo de 18 días obteniendo un valor inicial antes de la intervención de la planta de 120 mg/L CaCO<sub>3</sub>, posterior a los 18 días de tratamiento la remoción fue de 81 mg/L CaCO<sub>3</sub>, presentado una remoción leve.

Finalmente, con respecto a la influencia de los aluminosilicatos activados sobre la calidad fisicoquímica del agua, en la presente se determinó que los análisis iniciales fueron de 7.73 pH, 0.98 us/cm y 0.45 mg/L, luego de aplicar el aluminosilicato artesanal los resultados fueron de 8.15 pH, 1.71 μS/cm (C.E) y 1.56 mg/L (SDT), con respecto, al aluminosilicato industrial los resultados fueron 8.29 pH, 1.63 μS/cm (C.E) y 0.91 mg/L (SDT). Este aumento del pH en el tratamiento se debe en gran medida a la carga superficial que presenta el ladrillo por los diferentes compuestos como óxidos de hierro que tienen afinidad para la remoción de especies catiónicas (Carmalin, S. y Lima, E.,2016). En comparación con lo propuesto por Cannesa et al. (2011) mencionando que el pH es un factor condicionante en el proceso de remoción, ya que en medios básicos existe mayores valores



de adsorción. Lo propuesto anteriormente no concuerda con Rojas y Zarate (2015) ya que, mencionan que en medios ácidos la cualidad que tienen los aluminosilicatos es alta para una remoción adecuada.

## VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó que el efecto de los aluminosilicatos activados para el tratamiento de la dureza del agua influye directamente en la remoción mediante la activación térmica y el rango de partículas de 1.0 mm, en el caso del ladrillo artesanal la remoción de la dureza total fue en 60.6 mg/L con un porcentaje en la remoción de 82.81% en comparación con el ladrillo industrial la remoción de la dureza total fue en 81.3 mg/L con un porcentaje en la remoción de 77.22%.
- Los análisis determinaron que el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción del calcio del agua mediante la activación térmica y el rango de partículas de 1.0 mm, para el caso del tratamiento artesanal la reducción de la dureza cálcica fue superior al 81.6 % por otro lado, el tratamiento industrial la reducción de la dureza cálcica fue superior 74.56 %.
- Se determinó que el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de magnesio del agua mediante la activación térmica y el rango de partículas de 1.0 mm, para el tratamiento artesanal la reducción de la dureza magnésica fue superior al 89.3 %, en relación con el tratamiento industrial la reducción de la dureza magnésica fue superior al 81.5 %.
- Los aluminosilicatos activados influyen en la calidad fisicoquímica del agua de la comunidad de Totorilla, los análisis iniciales fueron 7.73, 0.98  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 0.45 mg/L de acuerdo a los análisis de pH, C.E y SDT respectivamente, como resultado los análisis finales para el tratamiento industrial fueron de 8.29, 1.63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 0.91 mg/L de acuerdo a los análisis de pH, C.E y SDT respectivamente en cambio para el tratamiento artesanal los análisis finales fueron de 8.15, 1.71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 1.56 mg/L de acuerdo a los análisis de pH, C.E y SDT respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para estudios futuros realizar un análisis de la composición química del ladrillo.
- Emplear lozas de cerámica para futuras investigaciones y comparar con los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Considerar la utilización de partículas menores a 0.5 mm.
- Considerar la temperatura, el tiempo de remoción óptimo y la concentración adecuada del material adsorbente (ladrillo).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUKHADRA, M. y SHABAN, M. Adsorption Removal of Safranin Dye Contaminants from Water Using Various Types of Natural Zeolite. *Silicon* 11, 1635–1647 (2019). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12633-018-9980-3>.
- ACOSTA, K. Adsorción de flúor en zeolitas modificadas con óxidos de magnesio. Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2014.
- ADIMALLA, N. y QIAN, M. Groundwater chemistry integrating the pollution index of groundwater and evaluation of potential human health risk: A case study from hard rock terrain of south India, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 206, 2020, 111217. ISSN 0147-6513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111217>.
- AGENCIA EUROPEA DEL MEDIO AMBIENTE. Consumo de agua en Europa: grandes problemas de índole cuantitativa y cualitativa. Publicado en [En Línea]. 12 octubre 2018 pp 6. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2018-el-agua-es-vida/articulos/consumo-de-agua-en-europa>.
- ALLAHDINA, O “*et al*”. Performance of FeOOH-brick based composite for Fe (II) removal from water in fixed bed column and mechanistic aspects. Francia: Elsevier, 2013, Vol. 91. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/276119307\\_Performance\\_of\\_FeOOH-brick\\_based\\_composite\\_for\\_FeII\\_removal\\_from\\_water\\_in\\_fixed\\_bed\\_column\\_and\\_mechanistic\\_aspects](https://www.researchgate.net/publication/276119307_Performance_of_FeOOH-brick_based_composite_for_FeII_removal_from_water_in_fixed_bed_column_and_mechanistic_aspects).
- ALLAHDIN, O. Elimination (par adsorption sur la brique activée) de polluants métalliques dans les eaux de la République Centrafricaine et les pays en voie de développement (Tesis). Francia: s.n., 2014.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Política y estrategia Nacional de los Recursos Hídricos. Lima: ANA 2014.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Disponibilidad del recurso Hídrico en el Perú, Lima s/n. (2011). Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/ana/noticias/139864-autoridad-nacional-del-agua-el-peru-cuenta-con-gran-disponibilidad-de-recursos-hidricos>
- ARAGAW, T. y AYALEW, A. Removal of water hardness using zeolite synthesized from Ethiopian kaolin by hydrothermal method. *Water Practice and Technology* 1 March 2019; 14 (1): 145–159. Disponible en: Doi: <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.116>.

- BAZAN, Tatiana y ROJAS, Deisy. Remoción de metales pesados con *juncus arcticus* y *urtica dioica* en un relave minero, distrito Huamachuco - la libertad. Tesis (Para optar el título profesional de Ingeniera Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33249>
- BIBLIOTECA DE INGENIERÍA. [En línea] [Citado el: 01 de octubre de 2022.] Disponible en: <http://bibing.us.es>
- CANESSA, J., ROJAS, A. y GRANZA, F. Adsorción de Pb (II) de soluciones acuosas por medio de ladrillo particulado. Huancayo: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química, 2011
- CARMALIN, S., Lima, E. Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 150, 2018, Pages 1-17, ISSN 0147-6513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.026>.
- CAMPOS, G. La observación, un método para el estudio de la realidad. Universidad La Salle Pachuca. Xihmai, ISSN-e 1870-6703, Vol. 7, N.º. 13, (2012), p. 45-60.
- CARMONA, K. Determinación de plomo y dureza cálcica en agua de consumo humano de Caja de Agua – San Juan de Lurigancho. Febrero – marzo 2018 [Tesis, Universidad Privada Norbert Wiener]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1657>
- CARREÑO. Tratamientos de aguas industriales con metales pesados a través de zeolitas y sistemas de biorremediación. revisión del estado de la cuestión *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* Volumen 15 N.º 1 pp. 70-78, Julio, 2015 [ Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/307555736\\_Tratamientos\\_de\\_aguas\\_industriales\\_con\\_metales\\_pesados\\_a\\_traves\\_de\\_zeolitas\\_y\\_sistemas\\_de\\_biorremediacion\\_Revision\\_del\\_estado\\_de\\_la\\_cuestion](https://www.researchgate.net/publication/307555736_Tratamientos_de_aguas_industriales_con_metales_pesados_a_traves_de_zeolitas_y_sistemas_de_biorremediacion_Revision_del_estado_de_la_cuestion)
- DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Reporte sobre las comunidades campesinas ayacuchanas (2019).
- DE LA TORRE, E., QUISHPE, Á. y GUEVARA, A. Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química, adsorción con carbón activado y rizofiltración. 1, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2010, Vol. 31.
- DOMÉNECH, X. Química ambiental. Madrid: Miraguano S.A. Editores, 2017
- DELKASH, M. “*et al*”. Using zeolitic adsorbents to cleanup special wastewater streams: A review. *Microporous and Mesoporous Materials* 2015, pp 224-241. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.04.039>

- FERNÁNDEZ, C. El agua: un recurso esencial. *Química Viva* (2012). [En línea]. 2012, 11(3), 147-170 [fecha de Consulta 13 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- FONSECA, D. “*et al*”. Aplicaciones de los minerales arcillosos de Cayo Guan, Cuba, como adsorbentes de metales pesados y materia prima cerámica. 5, Madrid: Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2012, Vol. 51. 21730431.
- FUNCAGUA. Disponibilidad del agua en el planeta. 1° Edición (2020). Disponible en: <https://funcagua.org.gt/agua-en-el-planeta/>
- FADYA, M. “*et al*”. Hydrothermal synthesis and mechanically activated zeolite material for utilizing the removal of Ca/Mg from aqueous and raw groundwater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 9, Issue 5, 2021, 105834. ISSN 2213-3437, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105834>.
- GALARZA R. ALCANCES DE UNA INVESTIGACIÓN The scope of an investigation. *Rev. CienciAmérica*. [online]. 2018. Vol. 9, n.3. ISSN 1390-9592, ISSN-L 1390-681X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- GALLO, A. VÁZQUEZ, G. Uso de zeolitas para el control de fuentes no puntuales de contaminación del agua (2021): revisión. *Ingeniería Del Agua*, 25(4), 241–255. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/ia.2021.15897>
- GASTAÑAGA. Agua, saneamiento y salud. *Rev. Perú Med Exp Salud Publica* [internet]. 3 de julio de 2018 [citado 13 de octubre de 2022];35(2):181-2. Disponible en: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3732>
- GIL (2022). Atlas de mineralogía óptica. Universidad del País Vasco, Facultad de ciencia y tecnología. Departamento de Geología [en Línea]. Disponible en: <https://www.ehu.es/mineralogiaoptica/tectosilicatos.html>
- GUILLEN, M. CAÑAZACA, M. Remoción de dureza del agua mediante resinas catiónicas para el uso industrial y consumo humano. Una revisión. Juliaca: Universidad Peruana Unión (2020). Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3322>
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA-LUCIO, M. Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- HIDROBO, A., RETUERT, J. y ARAYA, P. Aluminosilicatos mesoporosos catalíticamente activos obtenidos usando el biopolímero quitosano como agente formador de poros. Chile: Universidad de Chile, 2014.

- HUALLPA, H. Tratamiento químico en la reducción de la dureza de las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017. Tesis (para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental). Lima, pp. 45-57.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA: Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2018) encontrado en [Internet]. Lima: [citado el 16 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_y\\_saneamiento.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf).
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico (2020) [ citado el 15 de agosto de 2022] Disponible en: [https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_junio\\_2020.pdf](https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio_2020.pdf).
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA. Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2018, Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)
- JIMÉNEZ, M. MEDINA, D. Use of surfactant-modified zeolites and clays for the removal of heavy metals from water. *Water*, 9(4), 235 (2017). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w9040235>
- JUNCO. Adsorción de calcio y magnesio en agua subterránea por aluminosilicatos activados a nivel de laboratorio de la Universidad Continental. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2018. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6945/4/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Junco\\_Tapahuasco\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6945/4/IV_FIN_107_TE_Junco_Tapahuasco_2019.pdf)
- LARGO, D. y VILLAMARIN, K. Caracterización y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.
- LARICO, María. Remoción de arsénico, manganeso y dureza a partir de agua de pozo del distrito de Cocachacra-Islay para obtención de agua potable mediante ósmosis inversa. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniera Química). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín (2021). Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13016>
- Li, Y. “et al”. Self-templating construction of flower-like mesoporous magnesium silicate composites from sepiolite for high-efficiency adsorption of aflatoxin B1, *Separation and Purification Technology*, Volume 291, 2022, 120953. ISSN 1383-5866. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120953>.

- LOZADA J. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica (2017). Vol. 3 Núm. 1 Pág. 47-50.
- LUJAN, Ana. Ablandamiento de agua con adsorbentes modificados químicamente. Tesis (Magister en ciencias con especialidad en procesos sustentables). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2015. 27 pp. Disponible en: [eprints.uanl.mx/16482/1/1080289795.pdf](https://eprints.uanl.mx/16482/1/1080289795.pdf)
- MANRIQUE, L. et al. Estudio preliminar de la capacidad de remoción de iones orgánicos de una zeolita sintética tipo faujasita. 2, Salamanca: Universidad Militar Nueva Granada, 2015, Vol. 11. 1900-4699.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Perú. Decreto supremo 004- 2017. Estándares de calidad ambiental.
- MISIHAIABGWI J. “*et al*”. Adsorption of heavy metals by agroforestry waste derived activated carbons applied to aqueous solutions. Academic journals. 14: 1579-1587, (2014).
- MERINO y NORIEGA. El agua volúmenes y composición. Aspectos generales. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda 1° Edición (2021). Disponible en: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-experimental-francisco-de-miranda/medicina/el-agua-volumenes-y-composicion-aspectos-generales/22255272>.
- MEZA y MALLAUPOMA. Adsorción de iones Cu (II) desde soluciones acuosas utilizando nanoarcillas. Tesis para optar el título de ingeniería química. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú (2018). Disponible en: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3775/Meza a%20RamosMallaupoma%20Mu%c3%b1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3775/Meza%20RamosMallaupoma%20Mu%c3%b1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- ONU. Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. Nueva York, Naciones Unidas. Disponible en: [www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6\\_SR2018\\_web\\_v5.pdf](http://www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6_SR2018_web_v5.pdf)
- ORGANISMO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y AGRICULTURA. [En línea] FAO, 22 de marzo de 2017. [Citado el: 03 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/853653/icode/>.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Agua para consumo humano, directrices para la calidad del agua de consumo humano (2019). [En línea]. Encontrado en: [www.https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water).
- OTZEN y MANTEROLA. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol., 35(1):227-232, 2017



- PARK, J. "et al". Removal of hardness ions from tap water using electromembrane processes, *Desalination*, Volume 202, Issues 1–3, 2007, Pages 1-8. ISSN 0011-9164, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.12.031>.
- Perego, C. "et al". Zeolites and related mesoporous materials for multi-talented environmental solutions, *Microporous and Mesoporous Materials*, Volume 166, 2013, p. 37-49. ISSN 1387-1811, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.04.048>.
- PRATO et al. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) and water duckweed. (*Lemna* Spp.) to reduce the hardness of irrigation water (2020): s.n. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1136/2749>
- QUISPE, Ismael "et al". Ingeniería de tratamiento para la filtración y remoción del arsénico en las aguas subterráneas mediante zeolitas naturales [en línea]. Junio 07 de 2022, N° 33. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2022.v27n33.03>  
ISSN: 1812-6049
- REYES. Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la salud de los pobladores del caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario. Universidad Nacional de San Martín. Facultad de ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria: Moyobamba (2019). Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3379/SANITARIA%20-%20Waldir%20Reyes%20Tineo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ROJAS, L. Valorización del ladrillo generado en actividades de construcción y demolición aplicado como absorbente potencial de cromo presente en aguas residuales en la provincia de Huancayo. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo: Universidad Continental (2019). Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7137/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Rojas\\_Condena\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7137/3/IV_FIN_107_TE_Rojas_Condena_2019.pdf).
- ROJAS, Y. y ZÁRATE, C. Efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
- ROSALES, C. Estudio de la remoción de Cr (VI) presente en soluciones acuosas empleando en silicato natural y modificado. 2014: Universidad Autónoma del Estado de México, 2014.
- SÁNCHEZ, F. J. *Hidrología Superficial y Subterránea*. 2ª ed. Kindle Direct Publishing., 440 pp (2022).

- SIERRA. Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. 1° Edición. Ediciones de la U, conocimiento a su alcance (2019).  
ISBN: 978-958-8692-07-7
- TEJADA-TOVAR, C., VILLABONA-ORTIZ, Á. y GARCÉS-JARABA, L. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. 34, Colombia: Tecno Lógicas, 2015, Vol. 18. 0123-7799.
- UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: No dejar a nadie atrás. París 07 SP, Francia (2019).
- UNIÓN GANADERA REGIONAL. Uso de aluminosilicatos para reducir los efectos tóxicos de las micotoxinas. Jalisco: JOOMIA, 2019.
- VAILLANT, N. y RIBEAUX, G. Monografía Agua, dureza y magnetismo. Universidad Tecnológica de la Habana, Centro de Investigaciones Hidráulicas, Facultad de Ingeniería Civil (2019): Cuba pp.32. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/337113835\\_Monografia\\_Agua\\_durezy\\_magnetismo\\_MsC\\_Ing\\_Nuria\\_de\\_los\\_Angeles\\_Vaillant\\_Lopez](https://www.researchgate.net/publication/337113835_Monografia_Agua_durezy_magnetismo_MsC_Ing_Nuria_de_los_Angeles_Vaillant_Lopez).
- VELIZ, K. y GUTARRA, A. Modificación de arcillas tipo esmectitas para la adsorción de colorante físico. Universidad Nacional de Ingeniería: Lima, 2011. Disponible en:  
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2347864>
- WAHAB, M “*et al*”. Synthesis of Na-a zeolites from natural and thermally activated Egyptian kaolinite: characterization and competitive adsorption of copper ions from aqueous solutions. International Journal of Bioassays, 4, 4423-4430. 2015. Disponible en: DOI: [10.21746/IJBIO.2015.10.0018](https://doi.org/10.21746/IJBIO.2015.10.0018)
- XU, X “*et al*”. Contaminación ambiental y enfermedades renales. *Nat Rev Nephrol*, p.313–324 (2018).  
Disponible: <https://doi.org/10.1038/nrneph.2018.11>.
- YUNA, Z. Review of the natural, modified, and synthetic zeolites for heavy metals removal from wastewater. Environmental Engineering Science, 33(7), 443-454 (2016). Disponible en:  
<https://doi.org/10.1089/ees.2015.0166>
- ZAMORA y VALDIZON. Evaluación preliminar de las características Físicoquímicas de las aguas subterráneas de la Cuenca 72 del municipio de San Juan del Sur en el mes de abril del año 2013. Managua (2014).

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de operacionalización.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b>Aluminosilicatos activados</b>	los Aluminosilicatos están compuestos por minerales formados por óxidos de aluminio y silicio, entre ellos se encuentran las cloritas, feldespato, zeolitas naturales dentro su composición estas también pueden presentar calcio, aluminio y magnesio (UGRJ, 2019).	Los aluminosilicatos son compuestos naturales con concentraciones de arcillas, las cuales son utilizados para distintos tratamientos de remoción, entre las que se encuentran la dureza del agua.	Origen de la arcilla	Artesanal Industrial	Nominal Nominal
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> <b>Remoción de la dureza del agua</b>	Con respecto a la remoción de la dureza del agua, los distintos tratamientos que se utilizan en la eliminación de compuestos alcalinotérreos con altos niveles de iones de calcio y magnesio con el objetivo de ablandar este recurso se encuentran los procesos de precipitación, filtración, reducción electrolítica, capacidad de intercambio iónico y entre ellas la más viable y económica está la adsorción (Meza y Mallaupoma, 2018).	El tratamiento fisicoquímico en la remoción de la dureza del agua se desarrolla por medio de la bioacumulación o adherencia en la superficie del adsorbente, las cuales determinaran las concentraciones iniciales y finales postratamiento.	Características fisicoquímicas	pH Conductividad eléctrica Dureza Total SDT	Razón Razón Razón Razón
			Remoción de calcio	Concentración inicial del calcio. Concentración final del calcio.	Razón Razón
			Remoción de magnesio	Concentración inicial del magnesio. Concentración final del magnesio.	Razón Razón

**ANEXO 2: Matriz de consistencia**

Titulo	Formulación del problema	Objetivo general	Objetivo Específico	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Población y muestra	Tipo de investigación
Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla - Ayacucho	¿Cuál es el efecto de los Aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del agua y cómo influye sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022?	Evaluar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del agua y cómo influye sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022.	<p>Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de calcio del agua</p> <p>Determinar el efecto de los aluminosilicatos activados en la remoción de magnesio del agua,</p> <p>Determinar la influencia de los aluminosilicatos activados sobre la calidad fisicoquímica del agua.</p>	<p>H1: Los aluminosilicatos activados remueven significativamente la dureza del agua, así como influyen sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022.</p> <p>H2: Los aluminosilicatos activados no remueven significativamente la dureza del agua, así como no influyen sobre su calidad fisicoquímicas en Ayacucho, 2022.</p>	<p>Aluminosilicatos activados</p> <p>Remoción de la dureza del agua</p>	<p>Origen de la arcilla</p> <p>Características fisicoquímicas</p> <p>Remoción de calcio</p> <p>Remoción de magnesio</p>	<p>Artesanal Industrial</p> <p>pH</p> <p>Conductividad eléctrica</p> <p>Dureza Total SDT</p> <p>Concentración inicial del calcio.</p> <p>Concentración final del calcio.</p> <p>Concentración inicial del magnesio.</p> <p>Concentración final del magnesio.</p>	<p>Aluminosilicatos provenientes de ladrillos artesanales de residuos de material de construcción del distrito de Pacaycasa -Ayacucho de la misma manera, también se utilizó aluminosilicatos (ladrillos) provenientes de materiales de construcción y demoliciones de la industria Lark.</p> <p>La muestra se utilizó 1 kg de ladrillo tanto artesanal e industrial obteniendo submuestras de rangos de partículas de 1.0 mm</p>	Aplicada Experimental

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### ANEXO 3: Tratamiento de la dureza del agua (Antes y Después) de la remoción

<b>Título de Investigación</b>			<b>Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla - Ayacucho</b>			
<b>Nombre y apellido:</b>			Perez Navarrete, Briam Mariñu			
<b>Lugar</b>			Laboratorio UNSCH- AYACUCHO			
<b>Línea de investigación</b>			Calidad y Gestión de los recursos naturales			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Rango de Partículas (mm)</b>	<b>Dureza Total antes (mg/L)</b>	<b>Dureza Total después (mg/L)</b>	<b>Remoción de dureza Total (%)</b>	<b>Observaciones</b>
ARTESANAL	A-1	1.0	356	64	81,87	
ARTESANAL	A-1	1.0	356	58	83,57	
ARTESANAL	A-1	1.0	356	60	83,00	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	356	78	78,15	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	356	82	77,03	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	356	84	76,47	



Ing. Milton César Tullume Chavesta  
CIP: 64716

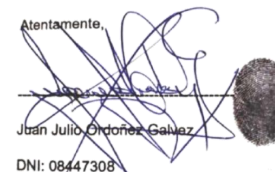


Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz  
CBP: 6893



MCs. Carolina Rayme Chalco  
CBP: 12384

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

**ANEXO 4: Tratamiento del Calcio (Antes y Después) de la remoción.**

<b>Título de Investigación</b>			<b>Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla - Ayacucho</b>			
<b>Nombre y apellido:</b>			Perez Navarrete, Briam Mariñu			
<b>Lugar</b>			Laboratorio UNSCH- AYACUCHO			
<b>Línea de investigación</b>			Calidad y Gestión de los recursos naturales			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Rango de Partículas (mm)</b>	<b>Dureza Cálctica antes (mg/L)</b>	<b>Dureza Cálctica después (mg/L)</b>	<b>Remoción de Dureza Cálctica (%)</b>	<b>Observaciones</b>
ARTESANAL	A-1	1.0	228	42	80,78	
ARTESANAL	A-1	1.0	228	38	82,61	
ARTESANAL	A-1	1.0	228	40	81,69	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	228	54	76,62	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	228	58	74,89	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	228	62	73,16	



Ing. Milton César Tullume Chavesta  
CIP: 64716



Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz  
CBP: 6893



MCs. Carolina Rayme Chalco  
CBP: 12384

Atentamente,



Juan Julio Ochoa Gálvez  
DNI: 08447308

**ANEXO 5: Tratamiento del Magnesio (Antes y Después) de la remoción.**

<b>Título de Investigación</b>			<b>Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla - Ayacucho</b>			
<b>Nombre y apellido:</b>			Perez Navarrete, Briam Mariñu			
<b>Lugar</b>			Laboratorio UNSCH- AYACUCHO			
<b>Línea de investigación</b>			Calidad y Gestión de los recursos naturales			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Rango de Partículas (mm)</b>	<b>Dureza Magnésica antes (mg/L)</b>	<b>Dureza Magnésica después (mg/L)</b>	<b>Remoción de Dureza Magnésica (%)</b>	<b>Observaciones</b>
ARTESANAL	A-1	1.0	128	22	82,54	
ARTESANAL	A-1	1.0	128	20	85,13	
ARTESANAL	A-1	1.0	128	20	85,13	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	128	24	80,95	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	128	24	80,95	
INDUSTRIAL	I-1	1.0	128	22	82,54	



Ing. Milton César Tullume Chavesta  
CIP: 64716

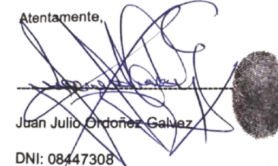


Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz  
CBP: 6893



MCs. Carolina Rayme Chalco  
CBP: 12384

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

**ANEXO 6: Características Físicoquímicas de la calidad del agua**

<b>Título de Investigación</b>			<b>Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla - Ayacucho</b>					
<b>Nombre y apellido:</b>			Perez Navarrete, Briam Mariñu					
<b>Lugar</b>			Laboratorio UNSCH- AYACUCHO					
<b>Línea de investigación</b>			Calidad y Gestión de los recursos naturales					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Tamaños de Partículas (mm)</b>	<b>pH (Antes)</b>	<b>PH (Después)</b>	<b>SDT (mg/L) (Antes)</b>	<b>SDT (mg/L) (Después)</b>	<b>C.E <math>\mu</math>S/cm (Antes)</b>	<b>C.E <math>\mu</math>S/cm (Después)</b>
ARTESANAL	A-1	1.0	7.73	8.21	0.45	1.59	0.98	1.72
ARTESANAL	A-1	1.0	7.73	8.22	0.45	1.52	0.98	1.69
ARTESANAL	A-1	1.0	7.73	8.03	0.45	1.56	0.98	1.73
INDUSTRIAL	I-1	1.0	7.73	8.25	0.45	0.95	0.98	1.66
INDUSTRIAL	I-1	1.0	7.73	8.22	0.45	0.88	0.98	1.61
INDUSTRIAL)	I-1	1.0	7.73	8.41	0.45	0.89	0.98	1.64



Ing. Milton César Tullume Chavesta  
CIP: 64716



Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz  
CBP: 6893



M.Cs. Carolina Rayme Chalco  
CBP: 12384

Atentamente,



Juan Julio Ondoñez Galvez  
DNI: 08447308



## ANEXO 7:

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: MILTON CÉSAR TULLUME CHAVESTA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV campus Lima Este.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Pérez Navarrete, Briam Mariñu

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

#### III. DE APLICABILIDAD|

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI
85%

Lima, 28 de Setiembre del 2022



Ing. Milton César Tullume Chavesta  
CIP: 64716

## ANEXO 8:

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: CARLOS E. CARRASCO BADAJOZ  
 1.7. Cargo e institución donde labora: Docente / UNSCH- AYACUCHO  
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Recursos Hidrobiológicos  
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas  
 1.10. Autor(A) de Instrumento: Pérez Navarrete, Briam Mariñu

#### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

#### VII. DE APLICABILIDAD|

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI
90%

Lima, 5 de octubre del 2022

Dr. Carlos E. Carrasco Badajoz

CBP: 6893

## ANEXO 9:

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### IX. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: RAYME CHALCO, CAROLINA  
 1.12. Cargo e institución donde labora: Docente / UNSCH  
 1.13. Especialidad o línea de investigación: Laboratorio de Biodiversidad  
 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas  
 1.15. Autor(A) de Instrumento: Pérez Navarrete, Briam Mariñu

#### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

#### XI. DE APLICABILIDAD|

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI
90%

Lima, 5 de octubre del 2022



MCs. Carolina Rayme Chalco

CBP: 12384

## ANEXO 10:

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez, Juan Julio  
 1.17. Cargo e institución donde labora: UCV  
 1.18. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental  
 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas  
 1.20. Autor(A) de Instrumento: Pérez Navarrete, Briam Mariño

#### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

#### XV. DE APLICABILIDAD|

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
85%

#### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Atentamente,

Lima, 5 de octubre del 2022

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

## ANEXO 11: Resultado del ensayo proporcionado por la UNSCH



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE  
HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**LABORATORIO DE BIODIVERSIDAD Y SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA**

### ***EL QUE SUSCRIBE,***

Certifica que las muestras de agua analizada en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, tiene las siguientes características:

**COLECTOR DE LA MUESTRA** : Briam Mariñu Perez Navarrete  
**TÍTULO DEL PROYECTO DE TESIS** : Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla – Ayacucho  
**UNIVERSIDAD DE ORIGEN** : Universidad César Vallejo  
**FECHA DE COLECCIÓN** : 17 de noviembre de 2022  
**FECHA DE ANÁLISIS** : 17 de noviembre de 2022  
**TIPO DE CUERPO DE AGUA** : Agua de manantial  
**NOMBRE DEL RECURSO HÍDRICO** : Totorá  
**DISTRITO** : Jesús Nazareno  
**PROVINCIA** : Huamanga  
**REGIÓN** : Ayacucho  
**COORDENADAS (UTM)** : 585950.82 m E, 8547195, 2619 msnm

CARACTERÍSTICA FÍSICOQUÍMICA	UNIDAD	CANTIDAD
pH		7.73
Conductividad eléctrica	mS/cm	0.98
Sólidos disueltos totales	ppm	0.45
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	356
Dureza Cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /L	228
Dureza Magnésica	mg CaCO <sub>3</sub> /L	128
Ca <sup>++</sup>	mg/L	91.2
Mg <sup>++</sup>	mg/L	30.72

Ayacucho, 21 de noviembre de 2022

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Lab. Biodiversidad y SIG  
  
Dr. Carlos Carrasco Rodríguez  
Responsable

## ANEXO 12: Resultado del ensayo proporcionado por la UNSCH



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**LABORATORIO DE BIODIVERSIDAD Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **EL QUE SUSCRIBE,**

Certifica que las muestras de agua analizada en el Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica (BioSIG) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga producto de la ejecución de la tesis titulada Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la Comunidad de Totorilla – Ayacucho presentado por Briam Mariñu Perez Navarrete, tiene las siguientes características:

**UNIVERSIDAD DE ORIGEN** : Universidad César Vallejo

**FECHA DEL EXPERIMENTO** : 18 de noviembre de 2022

**FECHA DE ANÁLISIS** : 18 de noviembre de 2022

CÓDIGO	Tratamientos		Resultados		
	Tipo de ladrillo	Tamaño de partícula (mm)	pH	C.E	SDT
I-1	Industrial	1.0	8.25	1.66	0.95
I-1	Industrial	1.0	8.22	1.61	0.88
I-1	Industrial	1.0	8.41	1.64	0.89
A-1	Artesanal	1.0	8.21	1.72	1.59
A-1	Artesanal	1.0	8.22	1.69	1.52
A-1	Artesanal	1.0	8.03	1.73	1.56

CÓDIGO	Tratamientos		Resultados				
	Tipo de ladrillo	Tamaño de partícula (mm)	DT (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	DCa (mg/l de Ca)	DMg (mg/l de Mg)	Ca++ (mg/L)	Mg++ (mg/L)
I-1	Industrial	1.0	78	54	24	21.6	5.76
I-1	Industrial	1.0	82	58	24	23.2	5.76
I-1	Industrial	1.0	84	62	22	24.8	5.28
A-1	Artesanal	1.0	64	42	22	16.8	5.28
A-1	Artesanal	1.0	58	38	20	15.2	4.8
A-1	Artesanal	1.0	60	40	20	16	4.8

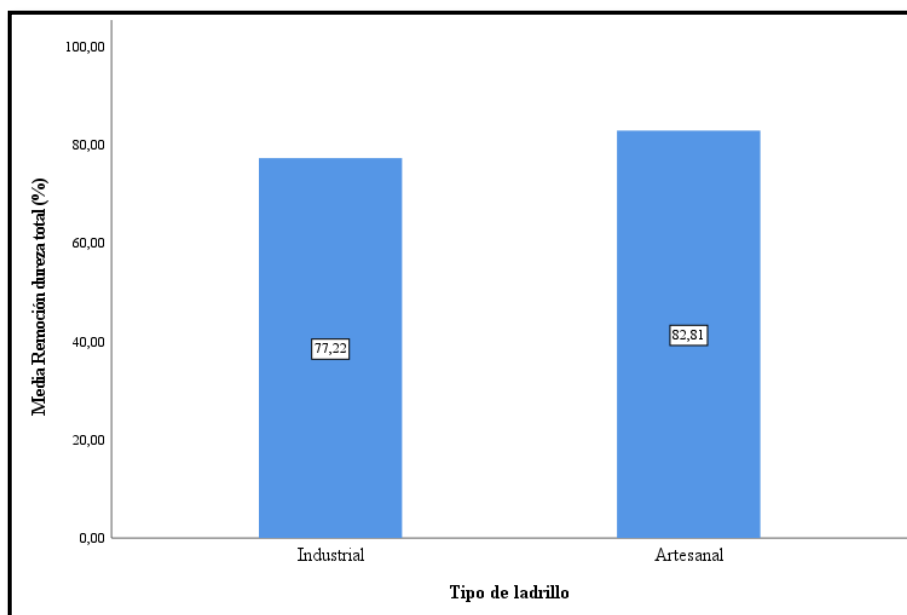
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Laboratorio de Biodiversidad y SIG  
  
Dr. Carlos Carrasco Rodríguez  
Responsable

Ayacucho, 21 de noviembre de 2022

**ANEXO 13: Estadísticos descriptivos del porcentaje de remoción**

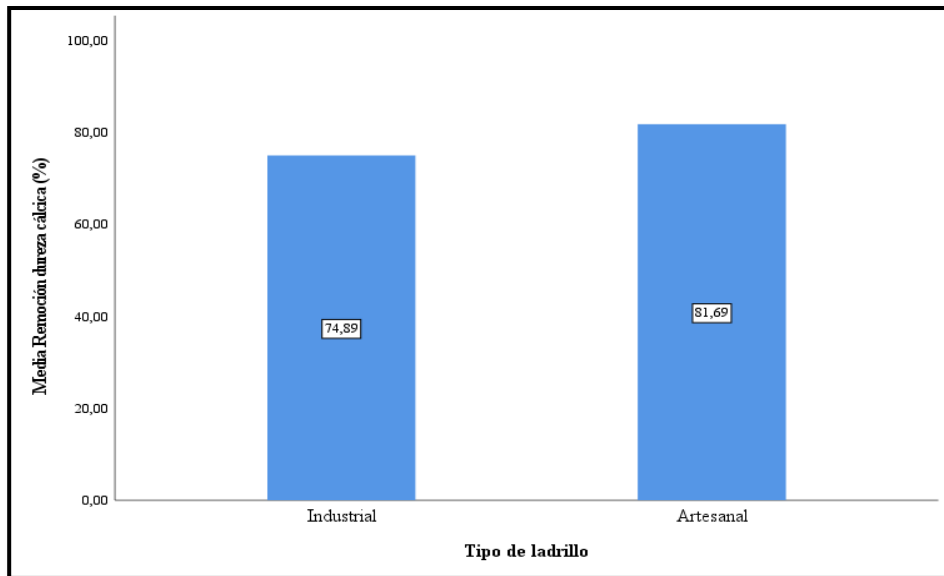
<b>Criterio</b>	<b>Tipo de ladrillo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
<i>Remoción Dureza total (%)</i>	Industrial	3	77.2	0.86	0.49
	Artesanal	3	82.8	0.87	0.49
<i>Remoción Dureza Cálcica (%)</i>	Industrial	3	74.89	1.73	0.99
	Artesanal	3	81.6	0.92	0.52
<i>Remoción Dureza Magnésica (%)</i>	Industrial	3	81.5	0.91	0.53
	Artesanal	3	84.6	0.85	0.49
<i>Remoción Ca ++ (%)</i>	Industrial	3	74.56	1.73	0.99
	Artesanal	3	82.5	0.92	0.53
<i>Remoción Mg ++ (%)</i>	Industrial	3	81.7	0.92	0.53
	Artesanal	3	83.9	0.85	0.46

Fuente: Elaboración propia



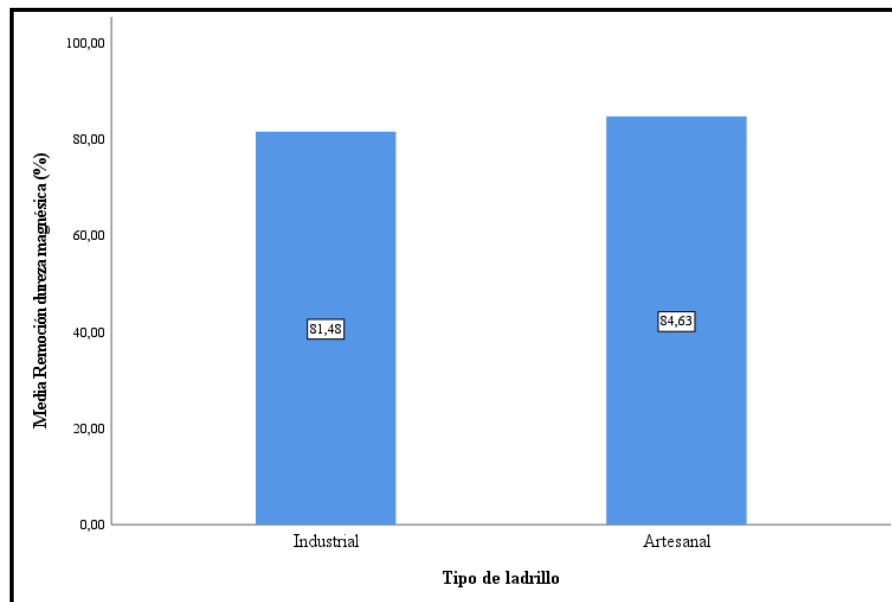
**Figura 2: Media remoción dureza total (%)**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 3:** *Media remoción dureza cálcica (%)*

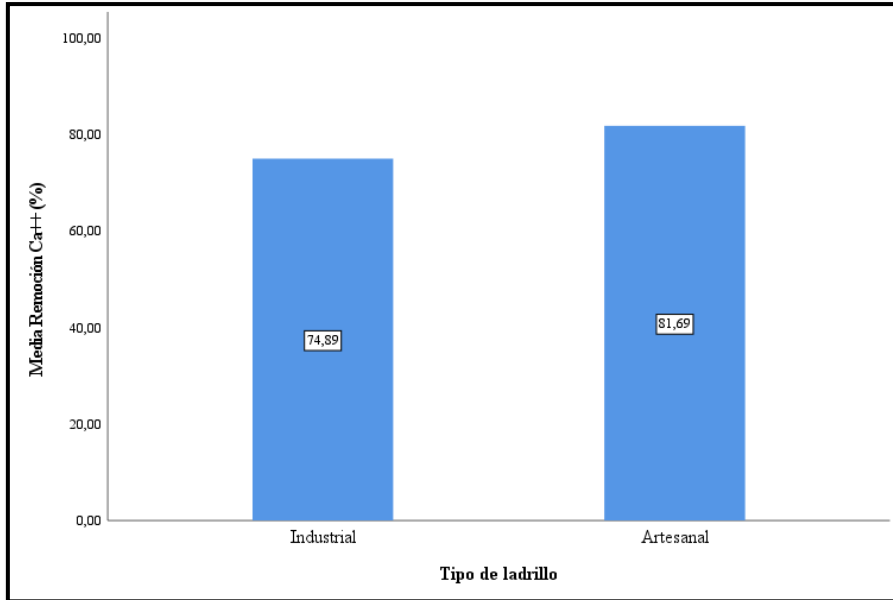
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4:** *Media remoción dureza magnésica (%)*

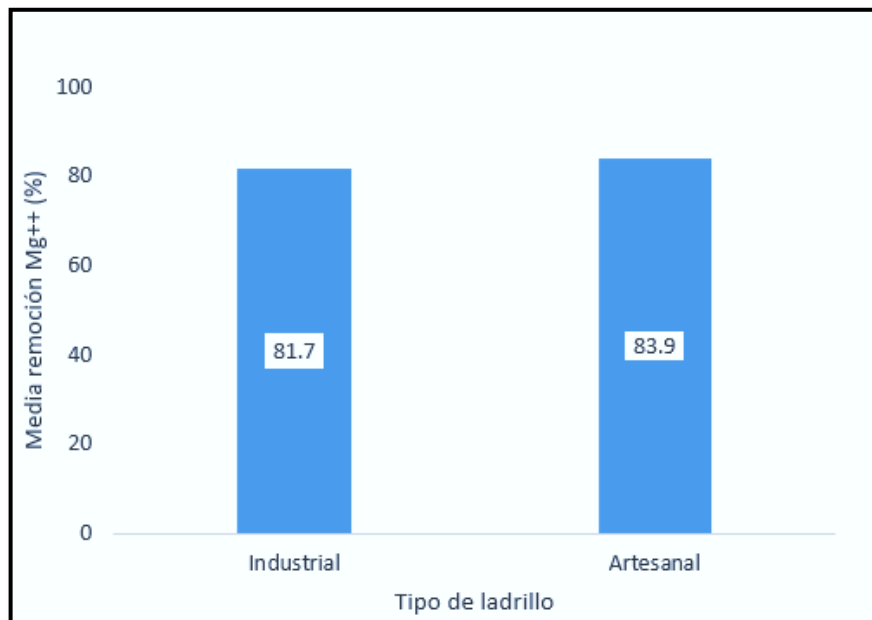
Fuente: Elaboración propia





**Figura 5:** *Media remoción Ca ++ (%)*

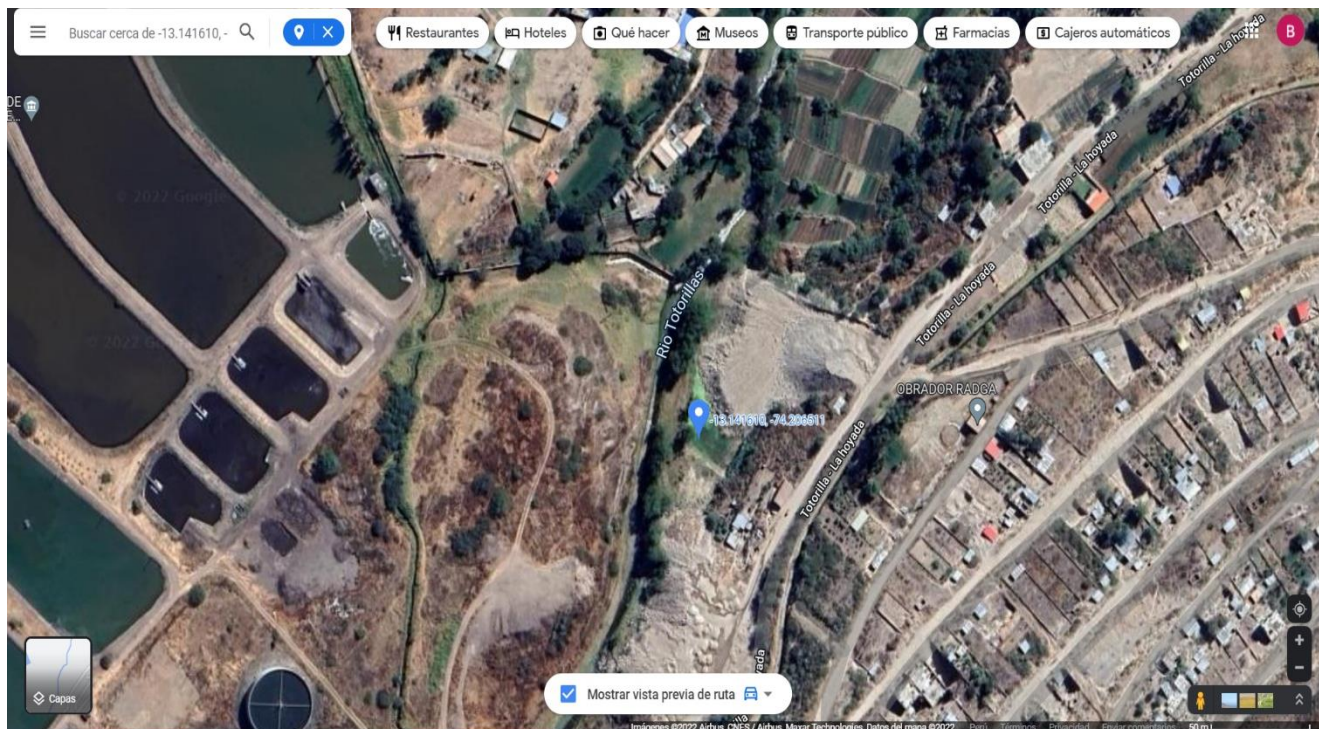
Fuente: Elaboración propia



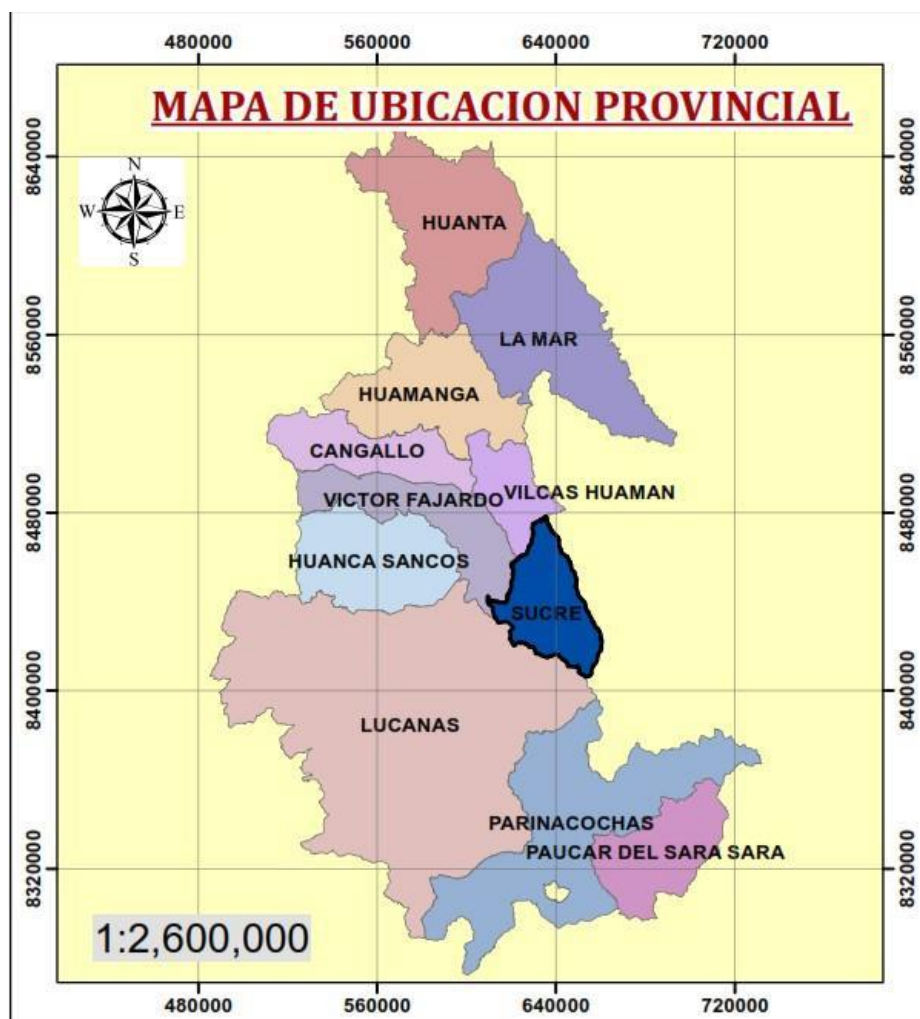
**Figura 6:** *Media remoción Mg ++ (%)*

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 14: Mapa del muestreo del recurso hídrico



**ANEXO 15:** *Mapa de ubicación de la provincia de Huamanga*



**ANEXO 16: Panel fotográfico**



**Fotografía 1:** Tamiz para estandarizar las submuestras.



**Fotografía 2:** submuestras (ladrillos) estandarizado de 1.0 mm





**Fotografía 3:** Submuestras estandarizadas.



**Fotografía 4:** submuestras (ladrillos) en proceso de Activación Térmica



**Fotografía 5:** Toma de muestra del agua de manantial comunidad de Totorayacucho



**Fotografía 6:** Identificación y etiquetado de las muestras recolectadas en campo.





**Fotografía 7:** Residuos conglomerados Distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray- Ayacucho.



**Fotografía 8:** Residuos confinados en el Valle de Pacaycasa- Ayacucho.



**Fotografía 9:** Ensayo del experimento en el laboratorio UNSCH



**Fotografía 10 y 11:** Submuestras activadas térmicamente para el proceso de remoción





**Fotografía 12:** Proceso de experimental para los análisis



**Fotografía 13 y 14:** Análisis del pH después del tratamiento



**Fotografía 15:** Filtrado de las submuestras para el análisis correspondiente.