

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Remoción de arsénico de las aguas del Rio Tablachaca**

**utilizando un**

**biofiltro de arcilla y concha de abanico**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

Suxe Milian, Ever Rait

**Asesor**

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Perú

2020

PALABRA CLAVE:

Tema	Remoción de Arsénico
Especialidad	Hidráulica

KEYWORDS:

Theme	Removal of arsenic
Specialty	Hydraulics

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería civil
Línea de investigación	Hidráulica
Área	Ingeniería y tecnología
Sub área	Ingeniería civil

## RESUMEN

El propósito de este proyecto de investigación es determinar la cantidad de remoción de arsénico en el Rio Tablachaca en el tramo Tablachaca-chuquicara utilizando un biofiltro compuesto de arcilla y conchas de abanico. La cantidad de arsénico mostrado en el primer patrón muestra resultados de 0.219 mg/l que sobrepasa los parámetros de los Estándares De Calidad del Agua 0.010mg/l (ECA) y Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Utilizando pruebas de análisis térmico diferencial, la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) determinó la activación de arcilla natural y de las conchas de abanico, luego el polvo activado se determinó su composición química por fluorescencia rayos X en la universidad nacional de ingeniería (UNI)Lima, que tienen propiedades químicas fundamentales como el calcio. Para realizar el biofiltro se agregó el compuesto que se obtiene mezclando homogéneamente el polvo de arcilla y conchas de abanico para poder remover el arsénico, se realizó ensayos con diferentes dosis de 3 y 4gramos por litro.

Pruebas de laboratorio de contenido de arsénico en agua realizadas Laboratorio de pruebas físico-químicos, biológicos e industriales (COLECBI) en la ciudad de nuevo Chimbote. Se determinó la remoción con el compuesto de arcilla y conchas de abanico con la proporción 1:1 para 3gr/l y más efectividad para la dosificación de 1:2 para dosis de 4 gr/l que redujo el arsénico en un total de más del 97.05%.

**Palabras clave:** arcilla, conchas de abanico, remoción de arsénico.

## **ABSTRACT**

This research project was carried out with the purpose of determining the removal of arsenic in the waters of the Tablachaca River in the Tablachaca-Chuquicara section using a biofilter composed of clay and fan shells. The amount of arsenic shown in the first pattern shows results of 0.219 mg / l that exceeds the parameters of the Water Quality Standards 0.010mg / l (ECA) and National Water Authority (ANA). Using tests of Differential Thermal Analysis, the activation of natural clay and fan shells at the National University of Trujillo (UNT) was determined, then the activated powder was determined its chemical composition by X-ray fluorescence at the National Engineering University (UNI) Lima, which have fundamental chemical properties such as calcium. To make the biofilter, the compound that is obtained by homogeneously mixing the clay powder and fan shells was added to remove the arsenic, tests were carried out with different doses of 3 and 4 grams per liter.

Laboratory tests for arsenic content in water conducted in the corporation of clinical, biological and industrial testing laboratories (COLECBI) in the city of new Chimbote. The removal with the clay compound and scallops was determined with the proportion 1: 1 for 3gr / l and more effectiveness for the dosage of 1: 2 for doses of 4 gr / l that reduced arsenic in a total of more than 97.05%.

Keywords: clay, fan shells, arsenic removal.

## INDICE

Resumen .....	i
I) Introducción.....	1
II). Metodología.....	41
III). Resultados.....	54
IV). Análisis y discusión.....	65
V). Conclusiones .....	69
VI). Recomendaciones .....	67
VII). Agradecimiento.....	72
VIII). Referencias bibliográficas.....	73
IX). Anexos.....	78

## **I. INTRODUCCION**

La contaminación del agua superficial causada por actividades humanas es un problema común y perjudicial para todo el mundo. Debido al descarte de relaves mineros, la contaminación de los ríos Tablachaca y Santa ha aumentado significativamente, fuentes contaminantes de saneamiento, que atraviesa las concesiones mineras de: Activos compañía minera Alianza S. A. pasivo ambiental relavera 1, 2 y 3. Relavera minera compañía Tunsgteno Malaga, Pallasca - Ancash.

Este afluente, junto con el Río Tablachaca, es el principal contaminante del río Santa y la principal fuente de contaminación para metales pesados como el cadmio, el manganeso, el hierro, el cobre, el plomo, el antimonio y el arsénico, que es perjudicial para las personas que los rodean porque el agua es utilizada para regar cultivos, ganado y para el consumo humano. Actualmente, existen muchas técnicas para eliminar metales pesados utilizando adsorbentes convencionales y no convencionales. El uso de adsorbentes convencionales es muy común y costoso, por lo que el uso de adsorbentes no convencionales ha tenido lugar para aprovechar sus ventajas. Usar y evitar la contaminación.

La bentonita es un buen adsorbente natural, sobre este adsorbente hay mucha referencia en la remoción de diferentes metales. Las conchas de abanico están compuestas mayormente por calcio que hace que por medio de adsorción junto con la arcilla logre remover arsénico.

## **Antecedentes:**

### **Nivel internacional:**

❖ Según (Franco, 2015) realizó la investigación: Remoción de arsénico en agua mediante proceso de coagulación con arcilla para la retención de Metales Pesados, arsénico en aguas contaminadas en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

El propósito de este estudio es realizar pruebas de laboratorio basadas en el proceso de coagulación-floculación para evaluar la eficiencia de eliminar el arsénico en el agua potable humana. En este caso, buscamos determinar y evaluar los principales factores que controlan la eliminación de arsénico en el agua. En las pruebas realizadas, la dosis de coagulante fue de 5 a 500 mg / L, la dosis de partículas sólidas fue de 0 a 6000 mg / L, y la concentración inicial de arsénico fue de 0.5 a 5 mg / L. La combinación con estas variables se ha llevado a cabo en más de 100 experimentos. El porcentaje de reparación de arsénico obtenido varía de 0 a 95%.

El nivel de dicha investigación fue experimental, en el cual se concluye lo siguiente:

En la solución de oxidación, la tasa de eliminación es la más alta cuando el pH está entre 3 y 5. La mineralogía sólida y el tipo floculante tienen poco efecto sobre la eliminación de la coagulación-floculación. Los resultados obtenidos están relacionados con la eliminación de As en plantas de purificación de agua y la implementación de métodos de eliminación hechos a sí mismos.

### **Nivel nacional**

❖ (Gamarra Melendres & Portal Pretel, 2018) En la presente investigación de “Evaluación En La Fabricación De Bionanofiltros A Base De Concha-Arcilla-Almidón, Para La Purificación De Aguas Superficiales Del Rio Tablachaca” se evaluó la producción de bionanofiltros a base de concha-almidón-arcilla, utilizados para purificar el agua superficial del río Tablachaca, basado en el tipo y proporción de arcilla, sobre el porcentaje de remoción de arsénico, aluminio y bacterias.

Los resultados obtenidos nos indican que el mayor porcentaje de eliminación de arsénico y aluminio, se logran cuando el bionanofiltro es elaborado con la arcilla blanca y con una proporción en peso de 2:1:1, con un tiempo de contacto de 60 minutos con el agua tratada, siendo 98% el porcentaje de eliminación de arsénico y 92% de porcentaje de eliminación de aluminio.

❖ Benites, (2018) en su investigación “Multifunción de un compuesto de concha de banico- arcilla y almidón una función del grado de purificación natural del agua y su relación conformacional” se evaluó la fabricación de un compuesto para la remoción de turbiedad, E. coli// y arsénico de muestras reales de agua superficial en el Rio Santa, Cabana y Huandoval, dependiendo de su temperatura de activación y de la proporción de su conformación.

El presente trabajo tuvo los niveles de la tasa de eliminación de estos parámetros es superior al 98%. Para el compuesto 1:1:1 térmicamente activado se determinó la dosis óptima de operación. Un total de cuatro compuestos fueron termo formados y activados



1:1:1, 2:1:1, 3:1:1 y 3:2:1 y Se probaron en un conjunto de juegos de jarras en agua para determinar la función de eliminación de turbidez con la mayor función, que corresponde al compuesto. 3:2:1.

### **Nivel local**

❖ (Dominguez Villanueva, 2017) realizaron la investigación: “Remoción de Arsénico de las Aguas del Rio Tablachaca Utilizando el compuesto de Arcilla, Almidón y Fierro”.

Las muestras patrón tomadas del rio Tablachaca denominada(MP), antes de tratamiento se contenía arsénico disuelto en el agua en una cantidad de 0.1043 mgAs/l, superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Del Agua (ECA) (0.01mgAs/l).

Durante el desarrollo de este trabajo se realizó la cuantificación de arsénico, del río Tablachaca

El nivel de dicha investigación fue experimental, la cual se concluye las siguientes afirmaciones:

Mediante una comparación entre los resultados de muestra de agua con el compuesto arcilla, almidón y fierro(m<sup>3</sup>) con (Dos: A:2, A:1/2 y Fe:1) en esferas de 2 mm de diámetro remueve un 99.42 % de arsénico de las aguas superficiales del rio Tablachaca.

❖ (Zare A., 2018) Remoción de Arsénico de las aguas del río Santa usando arcilla Natural de del centro poblado de Otuzco Cajamarca.

El propósito del proyecto de investigación es determinar si la arcilla del distrito de Otuzco-Cajamarca remueve arsénico del agua a una distancia de 100 metros de la desembocadura de las aguas del río Santa al mar.

Es una investigación explicativa de un enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental. Los resultados mostraron que la concentración de arsénico en la muestra antes del tratamiento es 0.0878 mg/l. y al ser tratada se reduce al 0.079 mg/l.

## **Fundamento teórico**

### **Arsénico**

El arsénico es un metaloide tóxico que ahora es reconocido como un contaminante importante en el agua potable en muchos países. Los efectos del arsénico no son inmediatamente visibles como las personas pueden absorber cantidades significativas de arsénico sin complicaciones de salud inmediatas. El entorno natural y la unificación se comportan como un metaloide. Puede existir en formas orgánicas e inorgánicas (es decir, más tóxicos). Alrededor de un tercio del arsénico en la atmósfera se da en procesos naturales de alta temperatura., como las centrales eléctricas a carbón, la quema de la vegetación y la actividad volcánica. Resto proviene de actividades humanas. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de E, 2019)

Según ATSDR (2019) El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. El arsénico se clasifica químicamente como metaloide y tiene las características de elementos metálicos y no metálicos. Sin embargo, a menudo se le conoce como metal. El arsénico elemental (también conocido como arsénico metálico) es un material sólido de acero gris. Sin embargo, el arsénico a menudo se encuentra en el medio ambiente combinado con otros elementos como oxígeno, cloro y azufre. El arsénico combinado con estos elementos se llama arsénico inorgánico. El arsénico combinado con carbono e hidrógeno se llama arsénico orgánico.

Se encontró un actinomiceto reductor de arsénico específico en el área de desechos mineros. Las plantas de contenido en agua y las plantas muestran las concentraciones de elementos traza elevada.

Segun (Antonio, 2010), Se requieren tratamientos para eliminar el arsénico y proporcionar agua tratada para el consumo. Algunos sistemas de filtración rentables se han desarrollado en el pasado, pero el problema principal es que las condiciones socioeconómicas de la población efectuada no permiten el uso de estos filtros con facilidad en los países en desarrollo. Existe la necesidad de proporcionar la técnica de bajo costo para la eliminación de arsénico de manera que se proporciona agua potable en el extremo del consumidor.

Según (Cheremisinoff, 2002) Existen diferentes formas de arsénico, y parte del arsénico se transfiere de un medio a otro en el medio ambiente, lo que puede hacer que cambie su forma. El viento o el agua pueden mover el arsénico en rocas erosionadas o en el suelo. Muchos compuestos orgánicos se fijan en el suelo y solo se mueven un poco cuando el agua se filtra en el suelo. Cuando los procesos industriales o la actividad volcánica liberan arsénico a la atmósfera, el arsénico se combinará con las partículas transportadas por el viento y caerá al suelo.

Los microbios en el suelo y los sedimentos también liberan sustancias que contienen arsénico a la atmósfera. Posteriormente se convirtieron en otros compuestos de arsénico, que se volverían a unir al suelo. El contenido de arsénico en el medio ambiente es variable. En el aire, las áreas remotas o rurales tienen los niveles más bajos, las áreas urbanas tienen los niveles más altos y las áreas cercanas a las fuentes industriales tienen los niveles más altos.

### **Enfermedades causadas por el arsénico**

Según (Ramirez Mestanza, 2017) Por lo tanto, la prevención es la única arma contra esta plaga, que afecta a muchos países. Las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo mental son causados por el arsénico llegó a la conclusión de que el arsénico es carcinógeno Grupo A, conocida para desencadenar la piel, la vejiga y los cánceres de pulmón y por lo tanto se ha convertido en una metáfora de veneno. As (III) es más tóxicos y más difíciles de eliminar con los métodos de tratamiento físico-químicas aplicadas convencionalmente que como (V).

“Se ha descubierto que la concentración de arsénico en muchos países (incluidos Grecia, Serbia y Montenegro) es de 15 a 20 veces mayor que la concentración más alta aceptable para el agua potable "declaró Branislav Petrusovski, (director del proyecto en el Instituto UNESCO-IHE 2010), De acuerdo con las regulaciones de la Organización Mundial de la Salud, estos valores máximos aceptables son 0.01 mg por litro de agua. Agregó: "Por ejemplo, en Bangladesh, la concentración de arsénico en el agua subterránea es de 1.8 miligramos por litro". Según la Organización Mundial de la Salud, 30 millones de personas en el país están afectadas por el arsénico. mujer extiende sus manos heridas debido a la contaminación del agua con Arsénico. (Ver figura 1)



*Figura 1:* Gamma/Hachette Filipacchi/Lathigra F.S.P.

Cuadro de enfermedades:

Enfermedades	síntomas producido por el arsénico
ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES	Entre 1 y 12 horas después del contacto: respiración en la boca (olor a ajo), queilitis ardiente, náuseas y vómitos, dolor abdominal superior (generalmente cólico), "intestino grueso" (heces), hemorrágico o "Diarrea "similar al cólera"; elevación de las transaminasas hepáticas en la sangre
ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES	Hipotensión arterial y shock, secundaria a vasodilatación y disminución de la función miocárdica; edema pulmonar agudo; arritmia; miocardiopatía congestiva.
CANCER	Puede provocar cáncer de piel, de vejiga, riñones, pulmón
ENFERMEDADES HEMATOLOGICOS	Provoca anemia, leucopenia

Fuente: UNESCO 2005.

### **Sustancias que contaminan con arsénico**

Según Alvarado et al., (2008) la presencia de arsénico en el medio ambiente está relacionada no sólo con depósitos volcánicos, fuentes geotérmicas y las rocas sedimentarias, sino también para varias actividades antropogénicas incluyendo la fabricación de plaguicidas, la producción de conservantes de la madera, industria del vidrio, la producción de semiconductores y la pigmentación.

Según OMS (2005) La presencia de arsénico en el medio ambiente es causada por fenómenos naturales y ciertas actividades humanas (minería, fundición de minerales, centrales eléctricas de carbón), y no existe tratamiento para la intoxicación por arsénico en el agua potable.

### **Contaminación por arsénico en américa latina**

En Argentina, Chile, México, El Salvador, Nicaragua, Perú y Bolivia, al menos cuatro millones de personas han estado bebiendo agua con altos niveles de arsénico durante mucho tiempo, lo que es perjudicial para la salud. En algunos casos, la concentración de arsénico en el agua, especialmente el agua subterránea, es tan alta como 1 mg / L. (Chávez, 2009, págs. 20-26)

En América Latina, aproximadamente 4.8 millones de residentes están expuestos al arsénico del agua potable. Por lo tanto, su salud se ve afectada, y en países como México y Argentina, lo consideran un problema de salud pública. El grupo con mayor riesgo son los trabajadores de la industria minera de metales. La población más afectada es la población de las zonas rurales, porque consume agua sin ningún tratamiento y no conoce los riesgos a los que se enfrenta.

### **Contaminación por arsénico a nivel nacional:**

En varias áreas del Perú, el agua potable muestra una gran contaminación por arsénico, que excede el límite de arsénico de la Organización Mundial de la Salud, representa una amenaza para la salud pública y requiere más investigación y acción.

Un equipo de la Organización Mundial de la Salud realizó un estudio en Perú para estudiar el consumo de agua de arsénico inorgánico, ya que se estima que está cerca de

1,6 millones de personas. Investigaron muestras de agua de 151 fuentes de agua (superficiales y subterráneas) en 12 distritos.

Con respecto al río Rimac, dijo: "Una encuesta realizada en 2014 mostró que el contenido de arsénico cerca de los relaves mineros en la cuenca superior del río Rimac era tan alto como 31 mg / L". (George M. & Sima L., 2014).

### **Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para el agua.**

Para la implementación del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM En la especificación actual, se ha considerado la siguiente precisión de la categoría de los ECA para Agua:

El artículo 22, párrafo 2, de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a un entorno equilibrado y apropiado para desarrollar su propia vida; de conformidad con lo dispuesto en el artículo 3 de la Ley N ° 28611 de la Ley General del Medio Ambiente, esta ley se denominará en lo sucesivo.

El estado, a través de sus entidades e instituciones correspondientes, diseña e implementa las regulaciones necesarias para garantizar el ejercicio efectivo de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades prescritas por la ley; define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) Como medida para determinar el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos existentes en el estado de los receptores en el aire, el agua o el suelo, no existe una amenaza importante para la salud humana o el medio ambiente.



Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable: Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional: Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente. (MINAM, 2017).

**Tabla 1**  
*Tabla de parámetros normativos.*

		<b>Agua superficiales destinadas a la producción de agua potable</b>		
<b>PARAMETRO</b>	<b>UND</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Solidos disueltos totales	Mg/l	1000	1000	1500
Sulfatos	Mg/l	250	500	**
Temperatura	°C	>3	>3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGANICO</b>				
Aluminio	Mg/L	09	5	5
Antimonio	Mg/l	0.02	0.02	**

---

Arsénico	Mg/l	0.01	0.01	0.015
----------	------	------	------	-------

---

Fuente: MINAM (2017).

## **La adsorción**

La adsorción es un fenómeno de superficie que se puede definir como el enriquecimiento de uno o más componentes en el área (interfaz o capa de interfaz) entre las dos fases. En este artículo, una de las fases debe ser un sólido, un adsorbente, y la fase móvil es un fluido, que puede ser un gas o un líquido. Los compuestos en la superficie se llaman adsorbatos, y las sustancias en la fase líquida que pueden adsorberse son adsorbibles. Si el adsorbato es un gas, puede ser un compuesto puro o una mezcla. Si la fase líquida es líquida, puede ser un componente puro, una mezcla o solución de líquidos miscibles. Si la fase móvil no es un componente puro, se producirá competencia entre diferentes sustancias durante el proceso de adsorción.

En algunos sistemas, el proceso de adsorción se acompaña de absorción, que ocurre cuando las moléculas adsorbibles atraviesan la capa superficial del adsorbente y penetran en el sólido. Si el proceso de absorción va acompañado de una reacción química, se llama absorción química. A veces es difícil distinguir entre adsorción y absorción. Entonces es conveniente usar el término más amplio de adsorción que contiene ambos fenómenos.

La adsorción causada por la influencia de la fuerza de van der Waals es de naturaleza física. Debido a que estas fuerzas no son fuertes, la adsorción se invierte fácilmente. En algunos sistemas, la fuerza adicional une las moléculas adsorbidas a la superficie sólida,

que son de naturaleza química e implican el intercambio o distribución de electrones, o moléculas que pueden formar átomos o radicales libres (Ovin, 2003).

Según (Mengual Cuquerella, 2010) Contrariamente a la absorción, este es un proceso en el cual los átomos, iones o moléculas quedan atrapados en la superficie del material. Este es un fenómeno volumétrico, es decir, el proceso consiste en eliminar contaminantes solubles (adsorbatos) del recipiente. Eliminar. Agua generada por contacto con superficies sólidas (adsorbentes). El proceso inverso de adsorción se llama desorción. Aunque las existencias que actualmente representan casi el 80% del mercado de valores son las dos últimas existencias: carbón activado y zeolita.

### **Naturaleza de los adsorbentes**

El adsorbente se proporciona en forma de partículas irregulares o estructura porosa. El tamaño pequeño refleja la necesidad de llenar la mayor cantidad de superficie posible en un volumen pequeño mientras minimiza la caída de presión del flujo a través del filtro. Para que el adsorbente sea efectivo, debe cumplir con las siguientes características:

- Debe tener un área superficial interna muy grande.
- El área que pasa a través de los poros debe ser fácilmente accesible para permitir que las moléculas se fijen por adsorción. También es una ventaja si los poros son lo suficientemente pequeños como para retener moléculas que no queremos adsorber.
- El adsorbente debe tener la capacidad de ser fácilmente regenerado.
- El adsorbente debe tener una larga vida útil.

•El adsorbente debe tener resistencia mecánica para soportar la presión, el funcionamiento y la vibración de cualquier uso industrial (Barrientos J., 2015).

### **Tipos de adsorción**

Como intercambiador de cationes, la arcilla puede controlar eficazmente los iones de la solución. Su efectividad depende del deseo de lograr el equilibrio entre los iones en la solución y sus posiciones intercambiables. Sin embargo, cuando el mecanismo de adsorción está más allá del alcance del intercambio catiónico, la arcilla es más útil para controlar los contaminantes catiónicos (Méndez, J, Ramirez, C, Gutierrez, A, & Garcia, F, 2009).

- **Adsorción por intercambio.** Debido a la atracción electrostática en la posición cargada de la superficie, los iones de la sustancia se concentran en la superficie.
- **Adsorción física.** Esto es causado por la fuerza de van der Waals. Las moléculas adsorbidas no se fijan en posiciones específicas en la superficie, sino que se mueven libremente en la interfaz.
- **Adsorción química.** El adsorbato forma un enlace fuerte en el centro activo del adsorbente.

Según (Rocha E., 2010)La absorción es diferente de la adsorción porque la absorción implica la formación de una sustancia que inicialmente ingresa al interior del material

absorbente en un estado suspendido. Por ejemplo: agua en una esponja. La diferencia en la adsorción es que la sustancia eliminada se adhiere a la superficie del material de adsorción física o químicamente sin penetrar su estructura física. Se cree que la adsorción implica una atracción de tipo dipolo / dipolo entre las moléculas de la sustancia adsorbida y la superficie de la sustancia adsorbida, la fuerza de Londres o la fuerza de van der Waals. La alta eficiencia de eliminar o adsorber compuestos se debe al hecho de que el carbón activado tiene una gran área o superficie utilizable para que las moléculas de la sustancia adsorbida puedan interactuar.

Según Universidad de Cartagena (2014) Intercambio de iones: el proceso de intercambiar algunos iones no deseados con otros iones unidos a las partículas de resina; por lo general, los iones de hidrógeno en la resina se intercambian por cationes, y los iones de hidróxido en la resina se intercambian por aniones. Los iones hidrógeno e hidroxilo se combinan, formando agua pura (Quiñonez Bolaños, Tejada, C, & Ruiz V., 2014).

### **Adsorción y absorción**

- Cuando la sustancia se adhiere a la superficie, se llama adsorción, en cuyo caso la sustancia se adhiere a la superficie interna del carbón activado.
- Cuando una sustancia es absorbida por otro medio, esto se llama absorción. Cuando un gas es atraído hacia una solución, se llama absorción.

### **Bio adsorción**

Según (Baylon Coritoma,, Roa Castro, & Macedo Prada, 2018)El prefijo "biológico" indica la participación de entidades biológicas, como componentes o productos derivados

de organismos vivos. La biosorción se puede definir simplemente como la eliminación de sustancias de la solución por materiales biológicos. El proceso de biosorción incluye una fase sólida (bioadsorbente) y una fase líquida (disolvente, generalmente agua), que contiene sustancias disueltas para ser adsorbidas. Dado que el adsorbente tiene una alta afinidad por la sustancia a adsorber, este último es adsorbido por el sólido y conectado por diferentes mecanismos.

Debido a su costo inicial, flexibilidad y simplicidad de diseño, facilidad de operación e insensibilidad a los contaminantes tóxicos, la adsorción es mejor que otros métodos de reutilización del agua. No produce sustancias nocivas.

Algunas ventajas de la bio adsorción son:

- ✓ Los materiales son residuos o sub productos y de bajo o casi sin ningún costo.
- ✓ No hay necesidad de medios de crecimiento costosos de los materiales.
- ✓ El proceso es independiente de las limitaciones biológicas de las células vivas.
- ✓ No requiere condiciones asépticas
- ✓ El proceso es reversible y el reciclaje del material es muy posible

***Las desventajas son:***

- ✓ Las características de los bio adsorbentes no pueden ser biológicamente controladas una vez que son inactivados.
- ✓ Como la saturación ocurre en la biomasa, se requiere un ciclo de adsorción-desorción.

Según (Sala L., Gonzales, J, & Nelli, S., 2010) La bioadsorción es más efectiva que los procesos de eliminación de metales pesados (como precipitación química, ósmosis inversa, intercambio iónico) en aguas residuales, porque es muy costosa para la industria.

Según (Sala L., Gonzales, J, & Nelli, S., 2010)La biosorción es un término que describe un método para eliminar metales pesados mediante la combinación pasiva de no biomasa en solución acuosa. El mecanismo de eliminación no está controlado por el metabolismo. El término bioacumulación se refiere al proceso activo de eliminación de metales a través de la actividad metabólica de los organismos vivos. Debido a la necesidad de eliminar metales pesados de las aguas residuales industriales, como los metales pesados de la minería y galvanoplastia, o de recuperar metales preciosos de soluciones en procesos industriales, se ha fortalecido la investigación sobre el mecanismo del proceso de biosorción.

Según (Pinzon & Villamizar, 2009)La biosorción es un proceso de adsorción que implica la absorción de varias sustancias químicas por la biomasa (viva o muerta) a través de mecanismos físicos y químicos como la adsorción o el intercambio iónico.

### **Arcilla**

La arcilla es un aluminosilicato con una estructura en capas. Se originan a partir de la alteración y / o fragmentación del silicato, que sufre hidrólisis durante el proceso geológico desarrollado a alta temperatura y presión.

En los últimos 30 años, se han desarrollado varios adsorbentes novedosos y entre éstos destacan los siguientes: alúmina activada, nanotubos de carbono, materiales

nanoestructurados, residuos agrícolas naturales y modificados, arcillas y surfactante catiónico (Alvarez M., 2018).

Bailey en (1980) restringió la definición de arcilla a filosilicatos (del griego “phylon”: hoja, y del latín “silic”: pedernal) de grano fino (Velde, Meunier, 2008). Guggenheim y Martin (1995) consideraron que las arcillas son todos los componentes minerales de grano fino que le da plasticidad luego de hidratación a las rocas o materiales que se endurecen luego de secarse o ser quemados. De acuerdo a esa definición, la propiedad de grano fino es la condición dominante. Eso significa que los componentes minerales envueltos pueden ser cualquier otra especie mineral diferente a filosilicatos.

### **Características físico-químicas de la partícula de arcilla**

La superficie de cada partícula de arcilla está cargada negativamente, y su resistencia depende de sus características y tamaño mineralógicos. (Leoni A., 2015)

### **Estructuras comunes de los filosilicatos**

Minerales de arcillas, filosilicatos, están compuestos de una combinación de dos tipos de estructuras laminares que son coordinaciones de aniones de oxígenos y varios cationes. Dos tipos de láminas son conocidas siguiendo el número de aniones coordinados, uno de coordinación 6 (tetraédrica) y el otro de coordinación 8 (octaédrica) (Velde B. & Munier A., 2008).

- A) La lámina tetraédrica. La lámina tetraédrica de filosilicato está compuesta de tetraedro de  $SiO_4^{4-}$  o  $AlO_4^{5-}$  que están conectados compartiendo 3 o 4 vértices (Velde B. & Munier A., 2008) (Ver Figura 2).



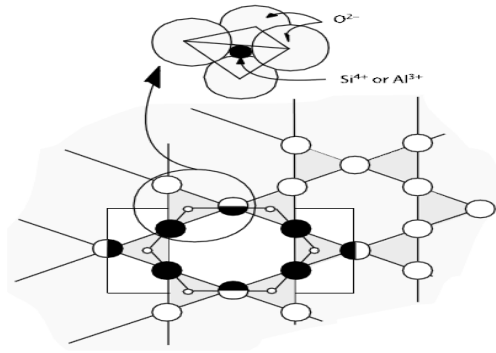


Figura 2: La estructura de la lámina tetraédrica exhibe cavidades hexagonales (Velde, Meunier. 2008).

B) la lámina octaédrica. De acuerdo a sus radios iónicos, los cationes  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  muestra *coordinación 6* cuando se adhiere a aniones  $O^{2-}$  u  $OH^-$ . Por lo tanto, la estructura está compuesta por un octaedro cuyo centro está ocupado por cationes. Los octaedros están unidos compartiendo sus 6 vértices (ver figura 3) (Velde B. & Munier A., 2008).

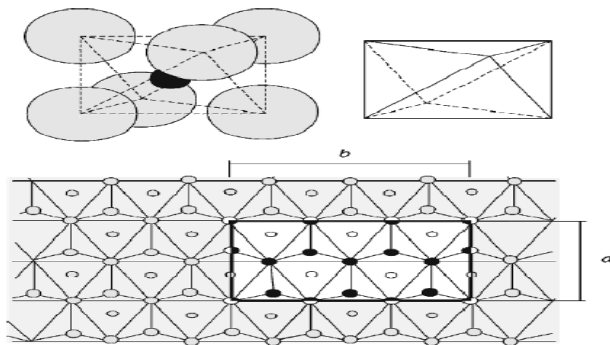


Figura 3: La estructura de la lámina octaédrica: (Velde, Meunier, 2008).

C) la unión de las láminas tetraédricas y octaédricas. Las dimensiones  $a$  y  $b$  de las láminas tetraédricas y octaédricas difieren significativamente. Por ello, la unión entre ellas a través de los oxígenos apicales de los tetraedros no va a suceder sin deformaciones necesarias para acomodar las dimensiones de los cationes (Velde B. & Munier A., 2008).

## LOS TIPOS DE DOS LÁMINAS (1:1 Y 2:1).

La estructura cristalina de los filosilicatos está basada en dos tipos de láminas: 1:1 en el cual una lámina tetraédrica está unida a una octaédrica (Figura 1.6.a); 2:1 en el cual una lámina octaédrica esta entre dos laminas tetraédricas. (ver figura 4. a,b) (Velde B. & Munier A., 2008).

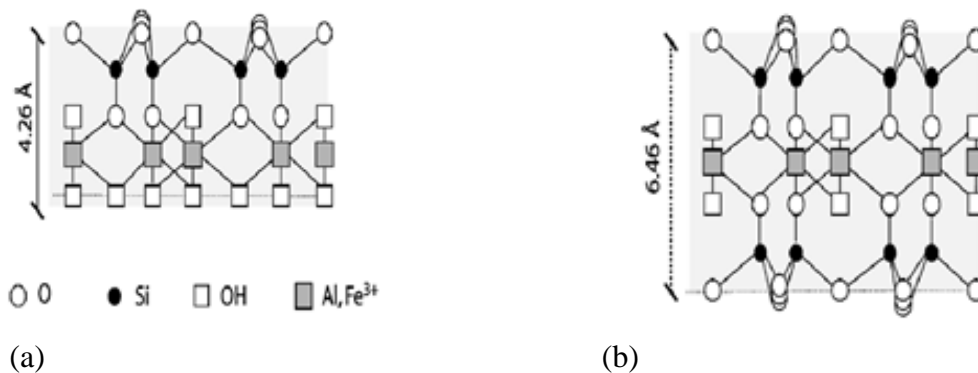


Figura 4: Los dos tipos de estructuras cristalinas de filosilicatos; a) lamina 1:1; b) lamina 2:1; (Velde, Meunier, 2008).

### Montmorillonita (bentonita)

La montmorillonita pertenece al grupo de montmorillonita, que se compone de 2 tetraedros y 1 capa octaédrica en estructura, formando una estructura tipo sándwich, a saber, tetraedro-octaedro-tetraedro (Figura 2). A través de esta característica, se puede decir que son 2: 1 tipo de montmorillonita. La capa tetraédrica está formada por oxígeno coordinado con  $\text{Si}^{4+}$ , aunque en algunos casos  $\text{Al}^{3+}$  reemplazará a  $\text{Si}^{4+}$ . El tetraedro conecta sus bases y comparte los vértices ocupados por su oxígeno base, formando así un anillo simétrico pseudo hexagonal que se extiende a lo largo de toda la lámina para formar una red bidimensional (Guerra Alarcon & Hiyagon Arroyo, 2012)

En la montmorillonita, debido al diferente radio iónico de los átomos, la sustitución de cationes determinará el tamaño de la celda unitaria. Puede haber dos tipos de reemplazo:

a) En la capa tetraédrica, con normalidad de  $\text{Si}^{+4}$  por un catión trivalente ( $\text{Al}^{3+}$  o minoritariamente  $\text{Fe}^{3+}$ ).

b) En la capa octaédrica, con normalidad de un catión trivalente ( $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ ) por uno divalente ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Ambos tipos de sustituciones tienden a generar cargas negativas excesivas en la superficie. Para compensar la carga negativa excesiva entre las placas, se crea un espacio entre capas, que está ocupado por cationes alcalinos y / o alcalinotérreos.

. Los cationes más usados son  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Tabla 2**  
*Tabla de la composición química de la arcilla*

Composición:	Porcentaje	Peso Molecular
		549.07 g
Sodio	0.84% Na	1.13% $\text{Na}_2\text{O}$
Calcio	0.73% Ca	1.02% $\text{CaO}$
Aluminio	9.83% Al	18.57 % $\text{Al}_2\text{O}_3$
Silicio	20.46% Si	43.77% $\text{SiO}_2$
Hidrogeno	4.04% H	36.09% $\text{H}_2\text{O}$
Oxigeno	64.11% o	
	100.00%	100.58% =Total de óxidos

Fuente: Guerra, (2012).

## **Propiedades fisicoquímicas de la arcilla**

### **superficie específica**

El área superficial específica o el área superficial de arcilla se define como el área de la superficie externa de las partículas constituyentes por unidad de masa más el área de la superficie interna (si está presente) en  $m^2 / g$ .

La montmorillonita tiene una superficie específica alta, lo cual es muy importante para ciertos usos industriales donde la interacción sólido-líquido depende directamente de esta propiedad. La superficie específica de la montmorillonita es de 80 a 300 metros cuadrados por gramo (Guerra Alarcon & Hiyagon Arroyo, 2012).

### **Capacidad de intercambio catiónico.**

Es la propiedad básica de la arcilla, especialmente la montmorillonita (que pertenece a la esmecitas). Para otros iones presentes en la solución alrededor de la solución acuosa, pueden cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie externa del cristal, el espacio entre capas u otro espacio interno de la estructura. Esto significa que pueden capturar ciertos cationes ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) y aniones ( $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , etc.)

La capacidad de intercambio de cationes (CIC) se puede definir como la suma de todos los cationes intercambiados que un mineral puede absorber a un pH específico. El valor CIC de la montmorillonita está entre 80-200meq / 100g. (Guerra Alarcon & Hiyagon Arroyo, 2012)

**Tabla 3:**  
*ejemplos de capacidad de intercambio catiónico.*

Material	CEC(meq/100g)
Arcillas	
Calonita	3-15
Illita	15-40
Montmorilonita	80-100

Fuente:SMART. Fertilización inteligente, 2014

### **Hidratación e hinchamiento de la arcilla**

Una de las características más singulares de las arcillas, especialmente la montmorillonita, es su capacidad de hincharse en agua para formar sustancias gelatinosas. La absorción de agua en el espacio entre capas hace que la lámina se separe, causando hinchazón. Este fenómeno ocurre debido a la hidratación del espacio entre capas y depende de la naturaleza del catión entre capas y la carga de la lámina.

A medida que se inserta la capa de agua y aumenta la distancia entre las láminas, la fuerza principal es la repulsión electrostática entre las láminas, lo que lleva al hecho de que el proceso de hinchamiento puede separar completamente algunas láminas entre sí. Cuando el catión entre capas es Na, la montmorillonita tiene una gran capacidad de hinchamiento (Badillo, 2018)

## **Concha de abanico**

Concha de Abanico es uno de los muchos productos acuícolas en China, que se caracteriza por 2 moluscos de concha filtrados (es decir, dos placas). Su especie se llama *Argopecten Purpuratos* y habita en zonas costeras a una profundidad de entre 5 y 30 metros y una temperatura que oscila entre 23 ° y 28 ° C.

Lo interesante de esta especie es que se caracteriza por el desove durante todo el año, que se intensifica a medida que aumenta la temperatura del mar. En la actualidad, el área principal de cultivo de este producto se encuentra en la costa de Samanco-Ancash. (JC Marquez, Z 2017).

## **Clasificación biológica**

- Reino: Animal
- Phillum: Mollusca
- Clase: Bivalvia
- Familia: Pectinidae
- Género: *Argopecten*
- Especie: *Argopecten purpuratos*. (Linnaeus, 1758)

## **Nombre científico**

- *Argopecten purpuratos* (Linnaeus, 1758)

## Composiciones de la concha de abanico

La valva de molusco es un órgano mineral compuesto, donde el mineral dominante es aragonito o calcita, está íntimamente asociados a una matriz orgánica, que representa sólo el 0.1 – 5% de peso en valva. Esta matriz representa la fusión de proteínas, glicoproteínas, quitina y los ácidos polisacáridos, secretados por la calcificación de los tejidos durante el esqueleto génesis.

El tamaño de las partículas de este material observado bajo un microscopio electrónico está en el rango de 20 nm a 30  $\mu$ m. Cuando el material es sometido a temperaturas mayores a 800 °C, un análisis por rayos X, revela que estas partículas son una mezcla de carbonato de calcio, hidróxido de calcio e óxido de calcio, que se disuelven en agua en aproximadamente 0,1% en peso (Gamarra Melendres & Portal Pretel, 2018).

## Propiedades

### a) químicas

#### Tabla N° 4

*Composición química de la ceniza de la concha de abanico.*

Composición Química	Resultados (%)	Método utilizado
Oxido de Calcio (CaO)	97.743	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X.
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	0.820	
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.740	

---

Oxido de Estroncio (SrO)	0.359
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.234
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.095
Materia Orgánica	0.010

---

Fuente: (Julian Benites, 2018).

Las hojuelas de concha de abanico contienen óxido de calcio alto, calcinada a 900° C de temperatura por dos horas tiene un 97.74% de pureza. (Julian Benites, 2018) Es por ello que es factible utilizarlo en pequeñas dosis en la fabricación del biofiltro con arcilla.

#### **b) Físicas**

*Según* (Julian Benites, 2018) las propiedades físicas son:

- Color: Decoloración, usualmente marrón rojizo, banda concéntrica oscura, área negra; interior blanco.

Textura: Muy sólido, grueso y esférico, con un contorno redondo y folíolos simétricos, formados por nervaduras gruesas que sobresalen radiales.



**Tabla N° 5**

*Componentes Físicos de la concha de abanico.*

<b>Componentes Físicos</b>	
<b>Macroelemento</b>	<b>Promedio (%)</b>
Valva	67.2
Carne Cocida	17.8
Parte Comestible	14.8

Fuente: Vicerrectorado de Investigación. (2016). Resistencia de una pasta concha.

### **Rio Tablachaca**

El río Tablachaca es llamado río Chuquicara por los lugareños, porque aquí, este río es el estuario que conduce al río Santa, también conocido como el río Negro, que es su color característico. Este río. La tasa de flujo promedio anual en el área del río Tablachaca es de 142.9 metros cúbicos por segundo.

### **Ubicación**

Se encuentra en la parte norte de la cuenca del río Santa. Su cuenca cubre el territorio de las provincias de Pallasca y Santiago de Chuco. Su altitud oscila entre los 4250 msnm y los 510 msnm. La tasa de flujo promedio anual es de 22.05 metros cúbicos por segundo

(tratamiento y remoción de sólidos suspendidos y metales en la cuenca del río boca (Salvá Berenz, 2012).(ver figura 5 y 6).



Figura 5: Ubicación de la Cuenca del Río Tablachaca.

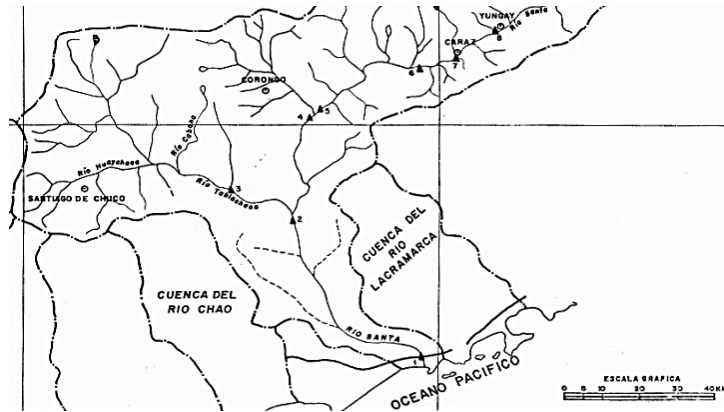


Figura 6: Ubicación de la Cuenca del Río Tablachaca.

### Fuentes Contaminantes:

Para esta sub cuenca del Río Santa que es el Río Tablachaca proviene en las empresas mineras en gran parte alta como son Cia minera Santa Rosa (COMARSA) lo cual registra un vertimiento autorizado a este cuerpo de agua lo cual se debe investigar si este hallazgo

de metales pesados en el agua se debe a la formación natural de la zona o la actividad minera.

Otra empresa minera es Misquichilca S.A. la cual tiene vertimiento a la quebrada Pedernal que da al Rio Chacomás y en consecuencia al Rio Tablachaca.

Empresa Minera Tungsteno Malaga. Que está ubicada en Pamapas provincia de Pallasca.

### **Justificación de la investigación.**

Esta investigación se realiza con la finalidad ambiental y económica del proyecto de Remoción de Arsénico en las aguas del rio Tablachaca usa un material biofiltro compuesto por Arcilla y concha de abanico.

La contaminación del agua por metales pesados tóxicos es un problema ambiental importante en Río Tablachaca y en su desembocadura en el Rio Santa para centro poblado de Chuquicara y suchiman. El Arsénico constituye un grupo serio de peligrosos metales pesados y los cuales son de gran interés.

Presento un compuesto que prevé una eficiencia en la remoción del Arsénico, por lo cual esta propuesta de investigación plantea que sea de manera experimental.

Las accesibilidades de estos materiales a utilizar no son muy difíciles ya que en la zona de Áncash se puede obtener los materiales de arcilla y concha de abanico.

### **A nivel Social:**

Como anteriormente se menciona en este Rio Tablachaca, existen estudios que comprueban la presencia de arsénico en el Rio Tablachaca por encima de los estándares

permitidos (ECA; 0.01), alrededor del cual existen centros poblados(Chuquicara y Suchiman) que obtienen el recurso del agua para consumo humano y regadío de los campos, que consumen el agua casi de manera directa solo realizan el almacenamiento de agua y dejan sedimentar la turbidez del agua; esto sumado a la falta de cobertura de agua potable en dichos lugares, constituye un enorme riesgo para la población no servida ya que esta hace uso de cualquier fuente de agua, sin que exista un control de los niveles de arsénico para autorizar su uso como potable.

Este estudio propone encontrar un método simple para eliminar el arsénico en el agua. Utilizando el biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico para probar la remoción de Arsénico en las aguas del Rio Tablachaca, con la opción de que opten por el uso de este biofiltro compuesto ya que es un método innovador, de muy bajo costo que beneficiara a los pueblos aledaños.

#### **A nivel Científico:**

Con el compuesto de Arcilla y concha de abanico utilizando el método de remoción por atracción de remover las partículas de arsénico el cual el compuesto aumentan considerablemente el valor de remover en las aguas del Rio Tablachaca.

### **Problema**

#### **Realidad problemática**

La cuenca hidrológica se ha convertido en la herramienta principal para que los humanos eliminen los desechos generados. El desarrollo económico descontrolado y el

crecimiento de la población han aumentado el impacto humano en la hidrosfera de una manera que supera con creces su capacidad de autopurificación, por lo que se ha perdido la calidad y cantidad de agua adecuada para el consumo humano. (Pastor C,2015).

El Río Tablachaca transporta arsénico, Tiene desembocadura al Rio santa en el centro poblado Chuquicara en donde la población que consume agua, está directamente expuesta a consumir cierta cantidad de arsénico al beber agua del Río Santa.

La participación de la dirección de gestión de la calidad de recurso hídricos (DGCRH), la autoridad nacional del agua (ANA) llevo a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del rio Santa y sus afluentes como el Rio Tablachaca, con la finalidad de evaluar su estado actual. Se registró que el agua del Rio Tablachaca está contaminada por metales pesados los cuales si incrementan debido a la presencia de pasivos mineros y ríos tributarios que confluyen en el Rio Santa modificando sus características.

Por eso se opta por este nuevo biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico para la remoción de arsénico en el agua que abastece de agua gran parte de la zona costera de Ancash a través del compuesto, de tal manera que reduzca los gastos y a la vez contribuir con el desarrollo sostenible en la elaboración e investigación de nuevos métodos naturales para solucionar esta situación problemática.

El motivo del interés por obtener soluciones de remoción de arsénico económicas, es por la falta de tratamiento de agua en la Galgada ya que de esta parte desecha arsénico en el Rio Tablachaca, estos pobladores consumen el agua directamente y no conocen el riesgo

de consumir dicha agua, Por lo tanto, esperamos fomentar nuevos descubrimientos y soluciones para mejorar la calidad del agua.

### **A nivel internacional**

Al analizar el consumo de agua en todo el mundo, debe hacerse potable y tratada para mejorar la calidad del agua.

, La contaminación del agua por arsénico es un fenómeno natural y representa una gran amenaza para la salud. En países como Argentina, la existencia de este elemento ha despertado un gran interés, también en Perú, Bolivia, Chile, Brasil, México, Tailandia, Bangladesh, China, India y Estados Unidos, en los cuales se ha dado severos casos de contaminación.

La ingesta a largo plazo de agua rica en arsénico es perjudicial para la salud. Además de varios tipos de cáncer, también se han encontrado lesiones cutáneas, pulmonares, nerviosas o vasculares en personas que beben agua potable contaminada con este elemento. Los parámetros de la Organización Mundial de la Salud indican que es seguro suministrar diez partes por billón (ppb) de arsénico en el suministro de agua. Sin embargo, casi 140 millones de personas usan más de este umbral, y 57 millones de personas usan más de 50 ppb (Murga, L.2018)

### **A nivel nacional**

Al analizar la problemática que existe en el tratamiento para la remoción de arsénico, observamos que existen muchas deficiencias debido a que existen empresas mineras y

terrenos con arsénico que fluyen hacia los Ríos; existe un solo lugar en Perú, específicamente en Arequipa, el cual se encarga de remover arsénico con elementos químicos.

En Perú, las descargas de aguas residuales de actividades industriales (especialmente actividades mineras) contienen metales pesados que contaminan los recursos hídricos, lo que no solo perjudica el consumo humano, sino que también afecta el riego y otros usos. La concentración de metales pesados en la solución de la actividad minera se deposita parcialmente como sedimento en el río y llega al suelo agrícola en el valle adyacente al río donde se produce  $Pb^{2+}$  iónico debido a la disolución del mineral. Y otros metales, pueden ser absorbidos por plantas o animales y llegar a los humanos a través de la cadena alimentaria.

La ingestión de arsénico puede interferir con el proceso de desarrollo y obstaculizar el funcionamiento saludable de la actividad cerebral y el desarrollo intelectual. Aunque el porcentaje de ingesta a través del agua potable es correcto, es importante mencionar que es un elemento tóxico bioacumulativo, y la exposición prolongada al mismo puede causar serios problemas de salud (Guerra Alarcon & Hiyagon Arroyo, 2012).

### **A nivel local**

Partimos nuestra investigación buscando innovar un nuevo conocimiento y dosis precisa, debido a que en nuestra región no se fomentan estos métodos, según estudios realizados en nuestra zona se comprueba que el Río Tablachca como el Río Santa y la mayoría de sus afluentes contienen arsénico en sus aguas, y la población la sigue consumiendo.

Por lo tanto, es importante estudiar métodos alternativos que usen tecnologías fáciles de usar y de bajo costo para reducir y / o retener metales pesados.

Para efecto se plantea el siguiente problema:

### ***Formulación Del Problema De Investigación***

En el presente trabajo está referido a una investigación del compuesto de arcilla y concha de abanico para determinar la remoción del Arsénico en las aguas del Rio Tablachaca.

***¿Cuál es el efecto del biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico en la remoción de Arsénico en las aguas del Rio Tablachaca ?***



## Conceptuación y Operacionalización de las variables

### Variable dependiente: Remoción de Arsénico

**Tabla 6**

*Operacionalización de la variable.*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Remoción de Arsénico	La remoción de arsénico se puede definir como la acción de eliminar este químico del agua para lograr ser adecuada para el consumo humano.  <i>(Reducción de Arsénico en agua- Prof.</i>	Es la eliminación de arsénico que al combinar adecuadamente el agua contaminada con arsénico con un biofiltro de arcilla y concha de abanico según el proceso de adsorción.	Coagulación  Floculación  Adsorción	Moldeo del biofiltro prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- a) **Coagulación:** este es un proceso de tratamiento que neutraliza la carga de sustancias coloidales disueltas o suspendidas mediante la adición de sustancias insolubles en el agua, formando partículas o grumos más grandes, que pueden eliminarse por sedimentación. O filtración (Francisca F. & Carro Pérez, 2014).
- b) **Floculación:** La floculación es un proceso después de la coagulación, que incluye la agitación de los grumos coagulados. La función de los grumos coagulados es crecer y aglomerar los flóculos recién formados, aumentando así el tamaño y el peso necesarios para una fácil sedimentación.
- c) **Adsorción:** La adsorción es el proceso de transferencia de masa, basado en la capacidad de ciertas sustancias para retener moléculas en su superficie de una manera más o menos reversible. (Francisca F. & Carro Pérez, 2014)

**Variable independiente: dosificación**

La finalidad de realizar ensayos de remoción de arsénico mediante un compuesto utilizando las dosis de 3 y 4gr/L de un compuesto de arcilla y concha de abanico.

**Tabla 7**  
*la variable independiente*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
Dosificac iones del compuesto arcilla y cáscara de plátano	Es un proceso de tratamiento por el cual las dosis necesarias para poder remover arsénico del agua con un biofiltro, lo que permite la captación de partículas para ser eliminadas por adsorción.	Para la obtención de una dimensión ideal de dosificación de gramos por litro de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico.	Dosificaciones del biofiltro	3 g/l
				4 g/l

Fuente: Elaboración propia.

**Dimensiones:**

La composición del agua: el agua es una molécula simple compuesta de átomos pequeños, dos hidrógenos y un oxígeno, conectados por 66 enlaces covalentes muy fuertes, lo que hace que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad de electrones, ya que el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos, atrae dos electrones unidos covalentemente, por lo que está alrededor del átomo de oxígeno se

concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva) (Guerra Alarcon & Hiyagon Arroyo, 2012)

### **Dosificaciones:**

Dosificación de 3 y 4 g/L de un compuesto de arcilla y concha de abanico:

Consiste en comparar la cantidad de arsénico contenido en el agua utilizando 3g/l de un compuesto de arcilla y concha de abanico.

Consiste en comparar la cantidad de arsénico contenido en el agua utilizando 4 g/l de un compuesto de arcilla y concha de abanico.

### **Hipótesis.**

Dando una combinación de arcilla y concha de abanico en dosis de 3 y 4 g/l, mediante un biofiltro removerá el arsénico del agua contaminada del Rio Tablachaca 4.

### **Objetivos**

#### **Objetivo General:**

Determinar la remoción de Arsénico en aguas del Rio Tablachaca 4, utilizando un biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico de 3 y 4 g/l.

#### **Objetivos Específicos:**

- Determinar la composición química del agua en el Rio Tablachaca.
- Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla y concha de abanico (ATD)
- Determinar la composición química de la arcilla mediante el análisis fluorescencia de rayos x (EFRX).

- Determinar el PH de arcilla y concha de abanico y del compuesto de arcilla y concha de abanico.
- Determinar la eficiencia y comparar el porcentaje remoción de Arsénico de las aguas del Rio Tablachaca después de aplicar el biofiltro y comparar los resultados mediante interpretación estadística.

## **II. METODOLOGIA**

### **Metodología de investigación**

Los métodos de investigación empleados son:

- ❖ **Método Experimental:** Se requiere descubrir nuevos conocimientos aplicamos los ensayos a las muestras, comparando los resultados de la cantidad de arsénico (muestra control) y utilizando el biofiltro de arcilla y concha de abanico (muestra experimental).
- ❖ **Método de Observación:** Se aplicó la observación científica porque se estuvo en contacto directo con las unidades de análisis controlando su comportamiento en función a las variables, el investigador mismo organizo y controlo el proceso correspondiente.
- ❖ **Método Descriptivo:** Porque en el proceso de investigación se determinó el arsénico en el agua del rio tablachaca.
- ❖ **Método Comparativo:** Porque este método esta referido a la remoción de arsénico antes y después de aplicar el biofiltro, ver resultados obtenidos al terminar las pruebas de laboratorio.

### **Tipo de investigación**

Aplicada, porque los resultados encontrados en el proceso de investigación, son utilizados en la solución de problemas relacionados al área de Hidráulica, generando otra

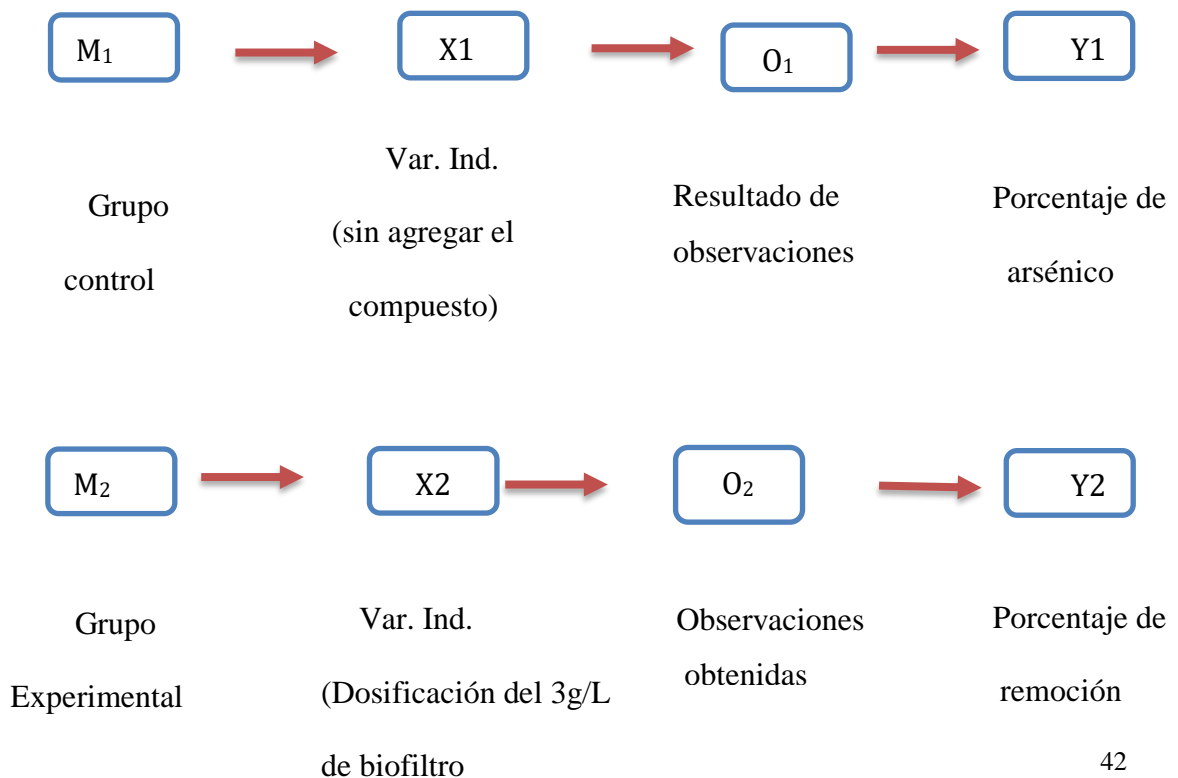
opción de descontaminar el agua, logrando de remover arsénico al utilizar un biofiltro de arcilla y conchas de abanico con 3 y 4g/L.

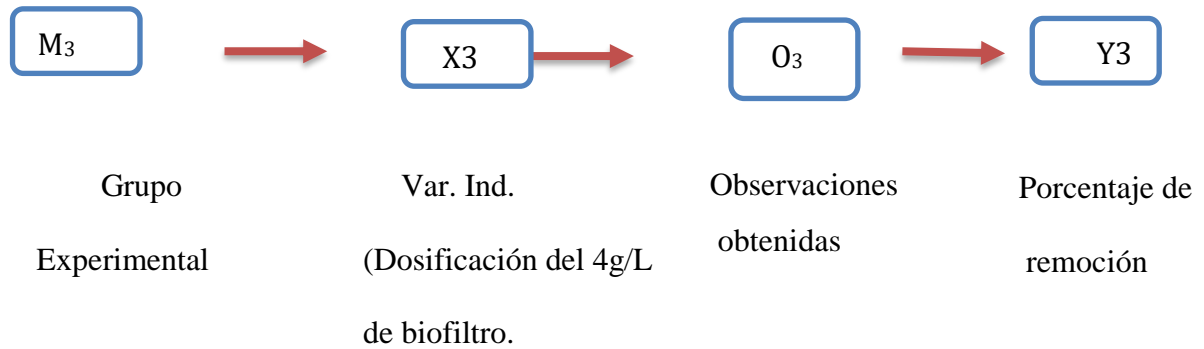
### Diseño de investigación:

El diseño correspondiente a este estudio fue experimental, porque estos grupos fueron evaluados y las muestras fueron mencionadas a través de las pruebas. Los resultados de los dos grupos de estudio se denominan:

Grupo Experimental el cual realiza con la incorporación del compuesto con la finalidad de disminuir la cantidad de arsénico en comparación a la del grupo control.

El estudio en su mayor parte se concentró en el laboratorio de nuestra Universidad San Pedro.





M1: Muestra 1 de Elemento en Grupo control (Soluciones de agua del Río Tablachaca 4 contaminadas con arsénico).

M2: Muestra 2 de Elemento en Grupo Experimental (Soluciones de agua del Río Tablachaca 4 como consecuencia de manipular la variable Independiente: Adicionar 3g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico utilizando el método de adsorción).

M3: Muestra 3 de Elementos en Grupo Experimental (Soluciones de agua del Río Tablachaca 4, como consecuencia de manipular la variable Independiente: Adicionar 4g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico utilizando el método de adsorción).

X1: Variable Independiente (Dosificación del agua sin biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico).

X2: Variable Independiente (Dosificación de 3 g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico)



X3: Variable Independiente (Dosificación de 4g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico)

O1: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Control, son los resultados anotados en la guía de observación concreta.

O2: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Experimental, son los resultados anotados en la guía de observación con adición de 3 g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico).

O3: Observaciones Obtenidas por dicha muestra del Grupo Experimental, son los resultados anotados en la guía de observación con adición de 4 g/L de biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico).

Y1: Variable Dependiente (Porcentaje de arsénico).

Y2: Variable Dependiente (Porcentaje de remoción).

Y3: Variable Dependiente (Porcentaje de remoción).

### **Enfoque de la investigación**

Cuantitativo, porque las variables y sus indicadores se estudian objetivamente midiendo y registrando valores variables.

### **Población y muestra**

Conformada por todo el flujo del agua superficial del Rio tablachaca, las muestras de agua han sido extraídas porque se determinó la composición química del agua que por antecedentes contiene arsénico, que sobrepasa los estándares de la calidad del agua de ECA.

### **Muestra**

Con el muestreo de control del agua del Rio tablachaca, se tiene la finalidad de estudiar el comportamiento de la remoción y determinar una mejor calidad de agua del Río Tablachaca 4, se utiliza el biofiltro compuesto de arcilla y concha de abanico como material que remueve el arsénico.

### **Diseño de muestra**

- a. Determinación del tamaño de Muestra
- ✓ aplicacion: metodo del muestreo

## Técnicas e instrumentos de investigación

**Tabla 8**

*técnica de instrumento de investigación.*

técnicas de recolección de información	instrumento	ámbito de la investigación
observación científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de observación</li> <li>- Ensayos de pruebas de laboratorio</li> <li>- Resumen</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><u>Grupo control</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución de agua sin adición de compuesto de arcilla y concha de abanico.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Grupo experimental:</u></p> <p>Solución de agua con adición biofiltro de 3 y 4g/L compuesto de arcilla y concha de abanico.</p>

Fuente: Elaborado propia, 2020.

Para este propósito, utilizamos la guía de observación resumida como una herramienta porque nos permite preparar tablas y gráficos que clasifica la información en varias pruebas de acuerdo con el porcentaje de eliminación de arsénico.

## Metodología de trabajo

**Objetivo 1:** Procedimiento para determinar la cantidad de arsénico en el Rio Tablachaca4 Viaje desde la ciudad de Chimbote hasta el puente chuquicara en bus, en 2 horas y media de trayectoria, una vez en el lugar fije mi punto de muestreo guiado del informe técnico (ANA) que trasgreden los límites máximos. N° 18 con el código RTabl4, con descripción Rio Tablachaca4, a 200 metros de la confluencia del rio Santa Proporcionando resultados de los parámetros de análisis de calidad del agua. que transgredieron los Estándares de calidad Ambiental (ECA) para el agua. (ver figura 7)

### Coordenadas:

ESTE: 804179E , SUR: 9042439S

**Elevación:** 530 m.s.n.m

**Ubicación:** a 200 de la desembocadura del Rio Santa, 2 minutos del centro poblado Chuquicara. (ver en anexos figuras 14,15)ver plano en anexos.



Figura 7: Monitoreo en la cuenca del río Tablachaca. Esquema del unto de monitoreo-ANA(2014).

## **Objetivo 2**

Determinar el análisis térmico diferencia de la arcilla y conchas de abanico (ATD)

Para la recolección de la arcilla viaje hasta la ciudad de Huaraz en Áncash en la provincia de Huaraz en el distrito de tarica, hasta llegar son 8 horas de viaje desde la ciudad de Chimbote ahí existen yacimientos de arcilla. (ver en anexos figuras 15-17)

### **Coordenadas:**

ESTE: 208419 E

SUR: 8984235 S

**Elevación:** 3160 m.s.n.m

### **Preparación De La Arcilla**

Para la preparación del material se juntó todas las muestras de una cantidad de 20 kg, Homogeneizarlo, luego hacer un cuarto y obtener la muestra representativa final 10kg. (ver en anexos figuras 18-23)

Lavado. La arcilla fue lavada con agua destilada para remover impurezas, luego fue secada al medio ambiente durante 5 días, (Campos M. E, 2008.).

Molienda. Después fue homogenizada y molida con un mortero de madera.

- Tamizado. Luego se tamizó con el fin de obtener un tamaño de partícula de malla N°200, donde se separó 1 gramo para la determinación del análisis térmico diferencial (ATD) en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).

## **Procedimiento de los ensayos a aplicarse.**

### **límites de atterberg**

#### **Generalidades**

Los límites de Atterberg se basan en el concepto de que los suelos finos, presente en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. Por ejemplo, al agregarle agua, la arcilla cambia gradualmente de un estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

#### **Definición de limite líquido**

Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Es el contenido de humedad, expresado en porciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

### **Definición del límite plástico**

Cuando el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. Es el contenido de humedad en el suelo que existe en el límite entre el estado plástico y el estado semisólido, expresado como un porcentaje en peso del suelo seco. Este límite se define arbitrariamente como el contenido mínimo de humedad, y cada vez que se moldea en una barra cilíndrica con un diámetro más pequeño, el suelo comienza a romperse cuando la barra alcanza los 3 mm. diámetro. (ver en anexos figuras 24-27)

### **Recolección, secado y triturado de las conchas de abanico.**

- Las conchas de abanico fueron obtenidas en el mercado de peces “la sirenita” en el centro de Chimbote-Perú. (ver en anexos figuras 28-30)
- Limpieza de concha de abanico, quitando los residuos orgánicos de las valvas.
- Secar a temperatura ambiente por 24 horas luego en horno a 100° por 24 horas.
- Trituración de valvas de concha de abanico utilizando un batan de piedra para evitar contaminar el producto.

Proceso:

- Posteriormente estas conchas de abanico, fue tamizado y pasado por el tamiz #200 con esta muestra se separó 1gramo para Análisis Térmico Diferencial (ATD) en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT)
- Calcinación de valvas de concha de abanico para convertirla en carbonato de calcio.

### **Dosis óptima del compuesto**

Para este biofiltro la metodología para determinar la dosis optima del compuesto de arcilla y conchas de abanico por ello planteamos la siguiente:

A fin de alcanzar mayor uniformidad dentro del compuesto se realizó una mezcla manual por cuarteos, primero entre la concha y la arcilla que por su contraste de colores permitió a simple vista percibir la uniformidad de mezcla entre ambos. Las proporciones referenciales consideradas fueron de 1:1

Mostrando ya los componentes de la arcilla y conchas de abanico se tomó una referencia de 1:1 de la tesis J. Benites (2018). En dosis de 3 y 4gr por litro. Como valores referenciales en dos dosificaciones que se trabajara en el biofiltro elaborado.

### **Calcinación de los biofiltros arcilla-conchas de abanico.**

Finalmente serán calcinadas, en dos grupos, a 850°C, durante 50 minutos, luego se deja enfriar lentamente hasta la temperatura ambiente.

### **Construcción del circuito de recirculación de agua.**

Para la construcción del prototipo biofiltro se requiere peceras de vidrio con conexiones de tubería pvc de ½” para el circuito de recirculación de agua, fue necesario, una bomba eléctrica de agua para generar el efecto de recirculación, el cual fue acoplado a un sistema de tuberías de PVC, y 3 peceras de vidrio con bases de estructura metálica, las peceras



tienen capacidad de 30 litros, pero en mi proyecto de investigación use 20 litros de agua del rio Tablachaca.

Para la construcción del biofiltro se demoró de una semana hasta poder unir las piezas y luego llevarla al laboratorio de hidráulica de la universidad San Pedro- Chimbote en donde se realizó la mayor parte de mi proyecto de investigación. (Ver en anexos biofiltro):

- Pecera de vidrio 1.40cm x 40cm, 2. De 40cm x 70 cm.
- Base metálica de 40, 50 y 110 cm.
- Tuberías ½ pulgada, codos 45° y 90°, llaves y anclajes pvc.
- Piedra 1, ½ pulgada y gravilla.
- Malla organza.
- Herramientas manuales.

### **Reposo**

Durante el proceso de remoción se tiene en reposo en un tiempo de 60 minutos para dejar actuar los coloides que se sedimentan por gravedad y se adhieren al compuesto logrando el proceso de remoción.

### **Análisis de las soluciones acuosas después de los ensayos**

Pruebas de laboratorio de contenido de arsénico en agua realizadas por la compañía de Laboratorio de pruebas físico-químicos, biológicos e industriales de Colecbi Lab de Servicios a la Comunidad e Investigación en la ciudad de Nuevo Chimbote. Para las muestras que presentamos. (Ver en anexos figuras 31-34 )

### **Como aplicamos el biofiltro en escala:**

En nuestro biofiltro utilizamos 20 litros de agua contaminada del Rio Tablachaca por la primera pecera, al momento de abrir la llave el agua circula hasta llegar a la última pecera y se aplica recirculación.

Mi diseño y dosificación de mi proyecto es de 3 y 4 gramos por litro del compuesto de arcilla y conchas de abanico, en 20 litros se utilizó en proporción de 1:1 para 60 gramos y luego se fue incrementando el componente funcional en proporción de 2:1 para 80 gramos del compuesto arcilla y conchas de abanico. Para comprobar si la elasticidad de la arcilla de tipo montmorillonita.

Haciendo un cálculo para una cantidad a escala mayor de mil litros, sería de 3 a 4 kilogramos del compuesto.

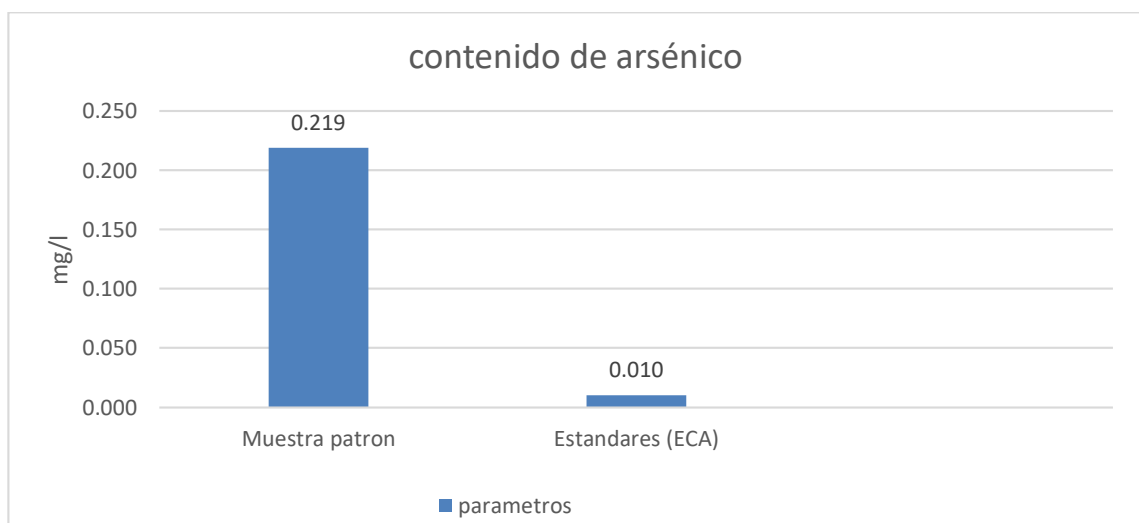
### III. RESULTADOS

1.- Determinar la cantidad de arsénico en la muestra patrón de las aguas del Rio Tablachaca 4. (desembocadura del rio Santa) La muestra colectada se mantuvo refrigerada durante su traslado a Chimbote, Una muestra patrón de 1L se transportó refrigerada a Colecbi lab. Nuevo Chimbote donde se solicitó el análisis de esta muestra

**Tabla 9**  
*Resultados del ensayo de arsénico*

PARAMETRO	Arsénico
Estándares (ECA)	0.010 mg/l
Muestra Patrón	0.219mg/l

Fuente: Laboratorio de Colecbi S.A



**Figura 8:** contenido de arsénico. Elaboración propia

2. Se muestran los resultados obtenidos en la arcilla los cuales se determinó el análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico.

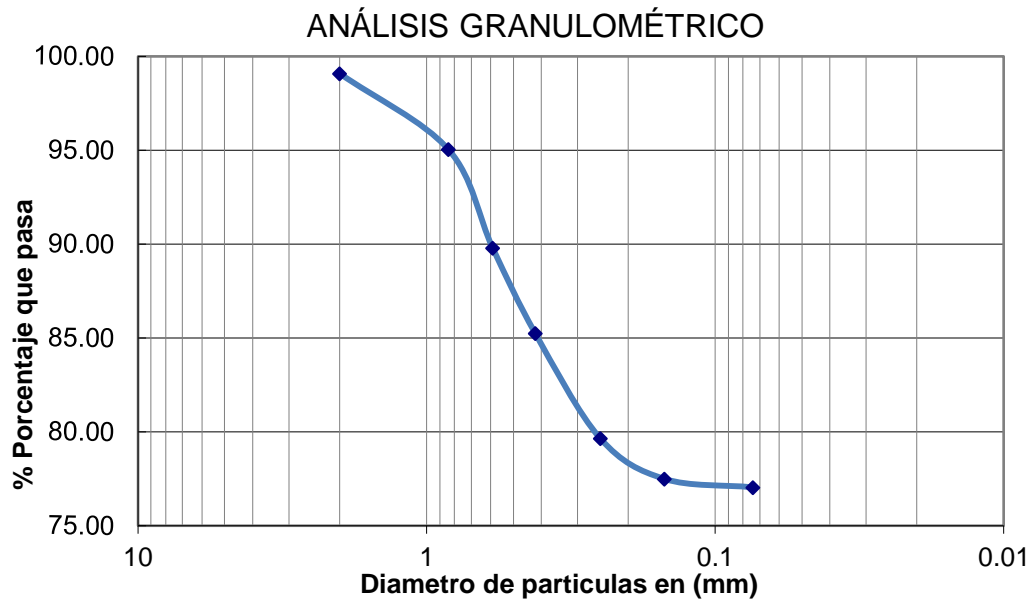
### **Análisis granulométrico**

**Tabla 10**

*Análisis granulométrico.*

Peso seco inicial		200.00	gr.		
Peso Seco Lavado		45.90	gr.		
Peso perdido por lavado		154.10	gr.		
Tamices					
N°	mm	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°10	2	1.80	0.90	0.9	<b>99.10</b>
N°20	0.84	8.10	4.05	5.0	<b>95.05</b>
N°30	0.59	10.50	5.25	10.2	<b>89.80</b>
N°40	0.42	9.10	4.55	14.8	<b>85.25</b>
N°60	0.25	11.20	5.60	20.4	<b>79.65</b>
N°100	0.15	4.30	2.15	22.5	<b>77.50</b>
N°200	0.074	0.90	0.45	23.0	<b>77.05</b>
	Fondo	154.10	77.05	100.0	<b>0.00</b>
<b>TOTAL</b>		200.00			

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos USP.(2020)



*Figura 9:* diámetro de partículas. Laboratorio de mecánica de suelos USP(2020)

**Contenido de humedad.**

**Tabla 11**

*Contenido de humedad*

CONTENIDO DE HUMEDAD			
		M-1	M-2
A	Tara + Peso húmedo	280.00	275.90
B	Tara + Peso seco	277.00	273.00
C	Peso de Tara	188.40	180.50
D	Peso de Agua	3.00	2.90
E	Peso seco	88.60	92.50
F	% de humedad	3.39	3.14

**Fuente:** elaboración propia (2020)

## Limite líquido y plástico

**Tabla 12**

*Limite líquido y limite plástico*

N° de ensayo	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
Peso tara + suelo húmedo (gr)	52.30	54.00	52.50	24.80	24.70	24.80
Peso tara + suelo seco (gr)	40.30	42.80	40.40	23.80	23.70	23.80
Peso tara (gr)	18.20	21.30	18.10	18.30	18.30	18.30
Peso del agua (gr)	12.0	11.20	12.10	1.00	1.00	1.00
Peso suelo seco(gr)	22.10	21.50	22.30	5.50	5.40	5.50
Contenido de humedad (%)	54.30	52.09	54.26	18.18	18.52	18.18
N° de golpes	32	25	20		18.29	

*Fuente:* laboratorio de mecánica de suelos USP(2020)

**Tabla 13**

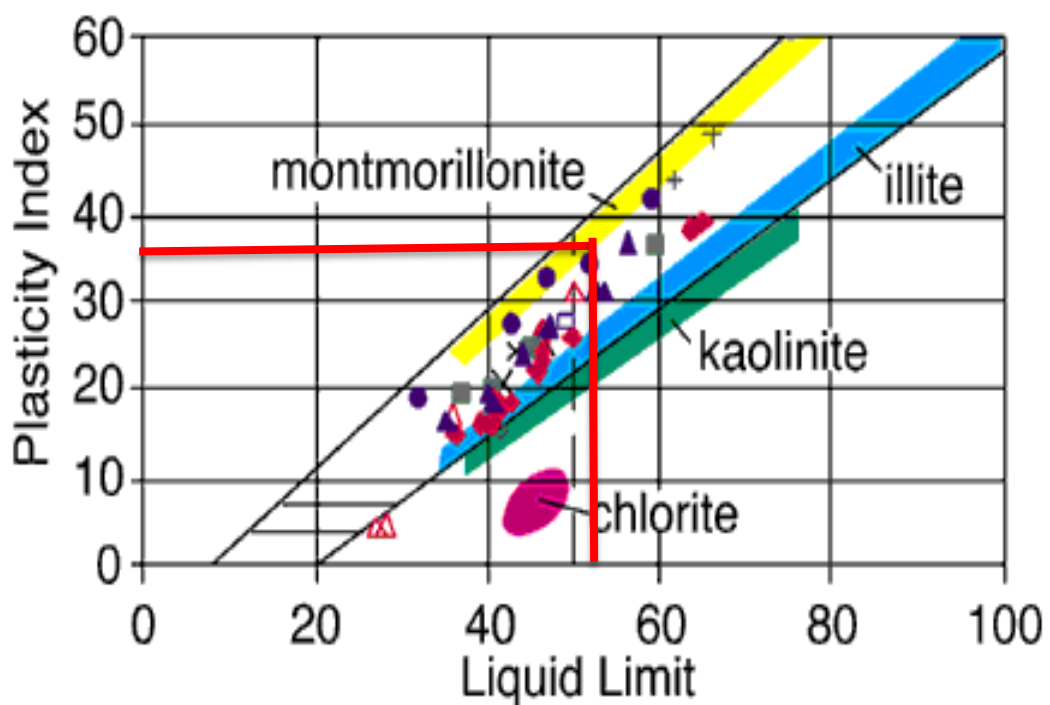
*Porcentajes limite líquido y limite plástico*

LIMITE LIQUIDO		
LL	53.53	%
LIMITE PLASTICO		
LP	18.29	%
INDICE DE PLASTICIDAD		
IP	35.24	%

*Fuente:* laboratorio de mecánica de suelos USP(2020)

Con los datos obtenidos de los límites de atterberg podemos hallar en la gráfica, el tipo de arcilla con la que estamos trabajando y es la montmorillonite que es la ideal para estudios de investigación en remoción de arsénico.

Los datos corresponden a los límites de Atterberg fueron representados en el diagrama de Holtz y Kovacs (Holtz y Kovacs, 1981)



*Figura 10.* Ubicación de los límites de Atterberg en el diagrama de Holtz y Kovacs.

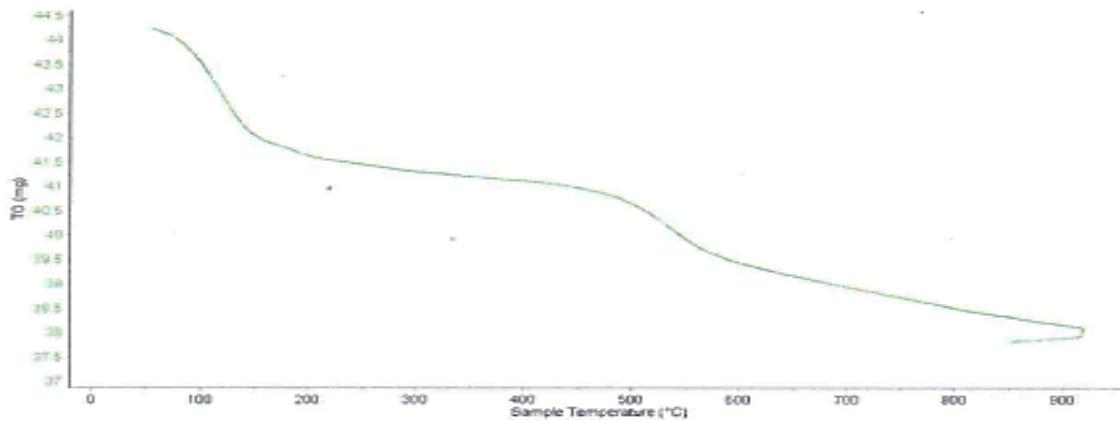
## Análisis térmico diferencial

### Arcilla

En conclusión, el análisis termo gravimétrico se muestra dos importantes caídas del material la primera en un rango hasta de 70° a 130° C posteriormente rango de 480° C a 550°C. luego una caída de masa lenta el material llega a perder 14% de su masa inicial.

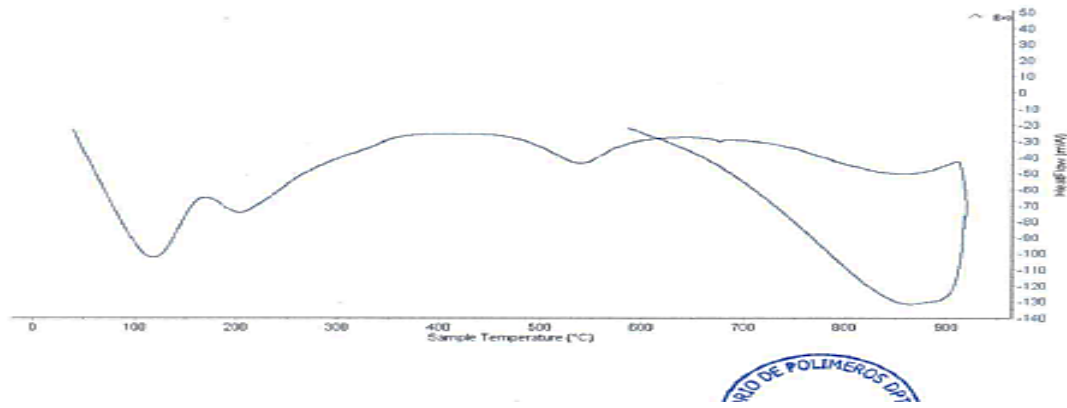
#### Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 100 y luego a 200°C y más adelante de 545°C. finalmente, entre 800 y 900°C que podría suponer cambios estructurales del material.

##### II- Curva Calorimétrica ATD

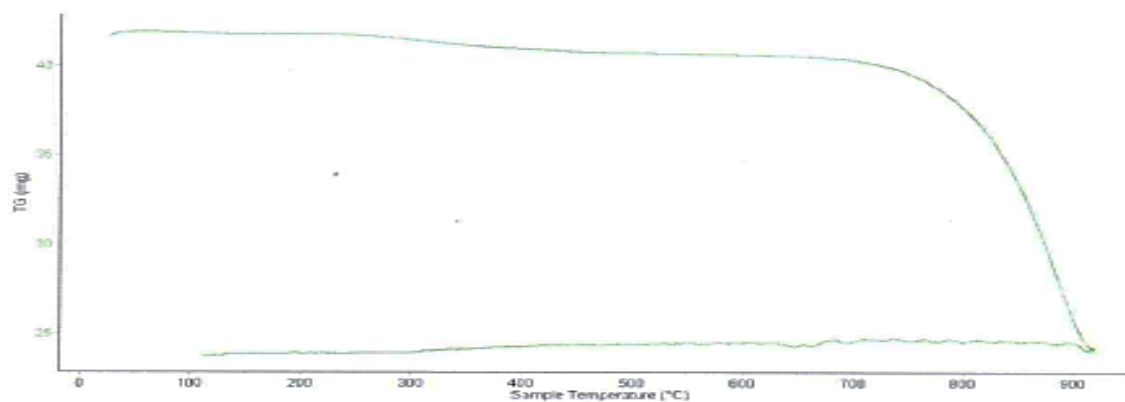




## Conchas de abanico.

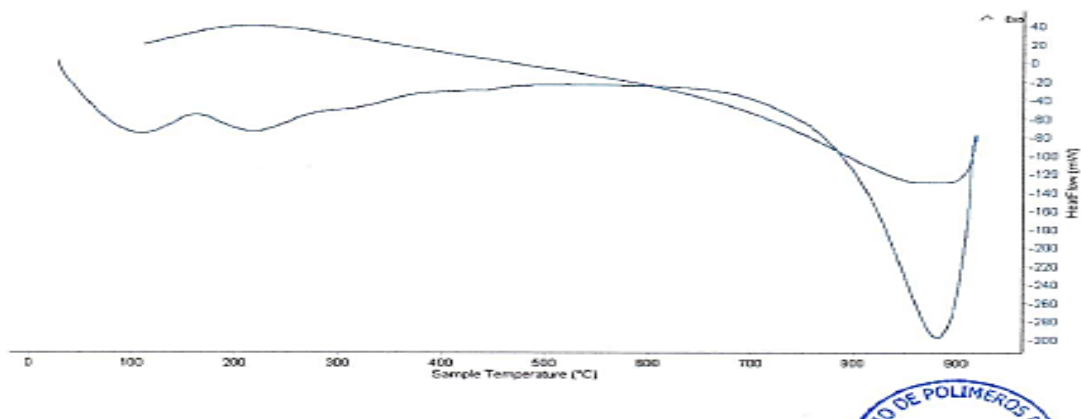
En conclusión, el análisis termo gravimétrico se muestra una muy leve caída del material indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700° C, hasta la temperatura máxima del material hasta una pérdida total de aproximadamente 43 % de su masa inicial.

### Resultados: I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



En el análisis calorimétrico muestra dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110° y la otra a 210° C, y posteriormente un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de características del material.

### II- Curva Calorimétrica ATD



### Composición química de la Arcilla

La arcilla calcinada., fue sometido a un Análisis de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Arqueometria de la Universidad Nacional de Ingeniería. El equipo utilizado fue espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los resultados se muestran en la TABLA N°14.

**TABLA N° 14:**

*fluorescencia de la arcilla*

ELEMENTO	RESULTADO (%)	METODO
Silicio, Si	52.02	
Aluminio, Al	31.75	
Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.42	
Potasio (K <sub>2</sub> O)	3.78	Espectrometría
Titanio, Ti	1.19	de Fluorescencia
calcio (CaO)	0.78	de Rayos X
Azufre, S	0.55	
Fosforo, P	0.41	
Magnesio, Mn	0.09	

Fuente:(Universidad Nacional de Ingeniería)

## MEDICIÓN DEL pH

Las soluciones acuosas preparadas, fueron sometidas a las mediciones de sus respectivos pH, utilizando un potenciómetro. Los resultados aparecen en la TABLA N°15 y de acuerdo a eso se compara con la Figura para ver que el grado de acidez y alcalinidad.

**Tabla 15**  
*pH de los componentes activos de la pasta.*

Muestras	pH
Arcilla calcinada	6.51
Conchas de abanico	13.24
Compuesto arcilla y conchas de abanico.	13.32

Fuente: Laboratorio de Físico Químico– COLECBI



*Figura 11.* potencial de hidrogeno

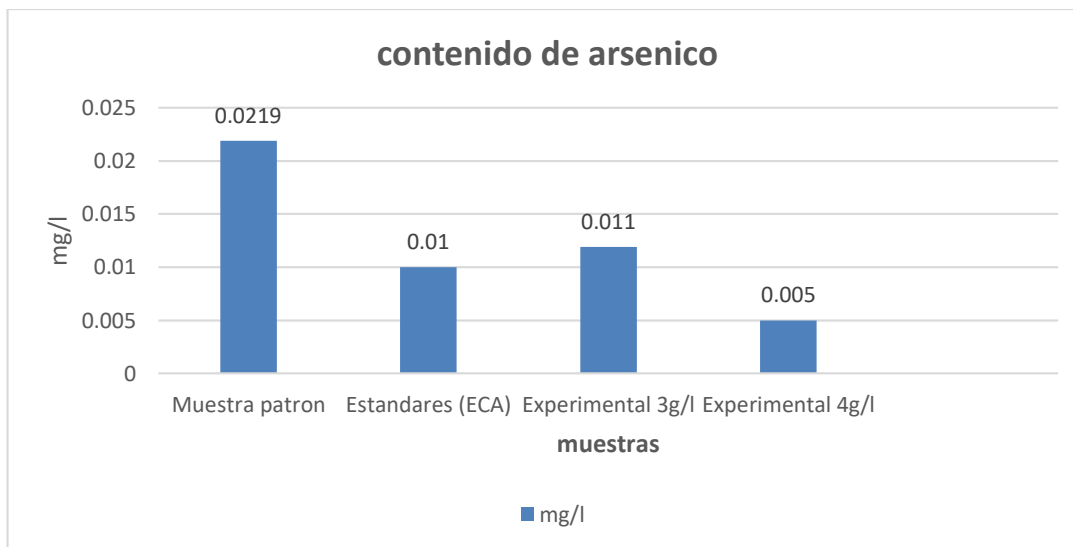
## Ensayo de contenido de arsénico.

**Tabla 16**

*Resultados de contenido de arsénico.*

PARAMETRO	Arsénico (mg/l)
Muestra Patrón	0.0219
Estándares (ECA)	0.010
compuesto 3 mg/l	0.011
compuesto 4 mg/l	0.005

Determinar la cantidad de arsénico en la muestra patrón y experimentales con dosificación de 3 y 4 g/l, de las aguas del Rio Tablachaca 4. (desembocadura del rio Santa)



Fuente:Laboratorio de Sedalib S.A

**Figura 12:** Contenido de arsénico en las muestras. Elaboración propia

### Ensayo de adicionales de contenido pH y turbiedad.

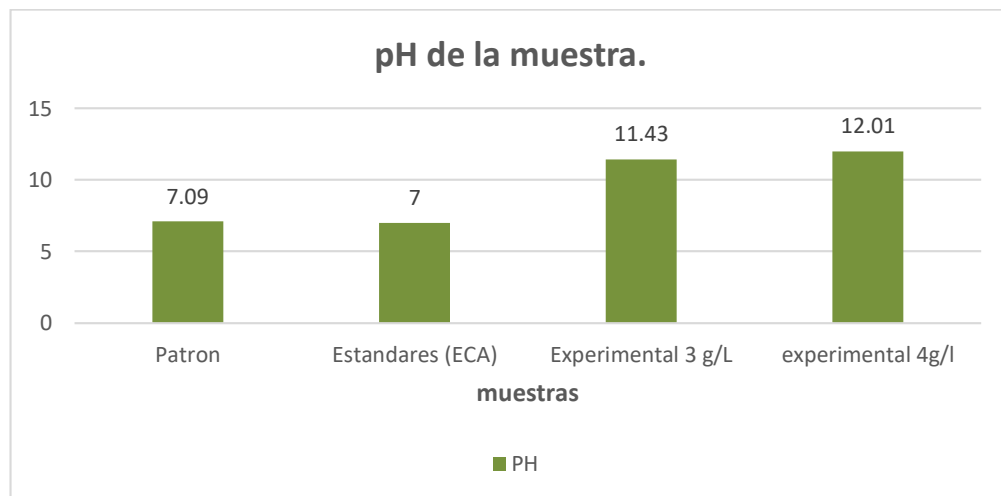
Con la finalidad de poder determinar el cambio de pH y turbiedad para así enriquecer la investigación y complementar más datos importantes a los efectos que hace las diferentes dosificaciones de 3 y 4 g/l en las muestras de agua superficial del rio Tablachaca (desembocadura del rio Santa).

**Tabla 17**

*Resultado del ensayo Físico – Químico*

PARAMETROS	Estándares (ECA)	Patrón	Experimental 3 g/l.	Experimental 4 g/l
pH	6.5-8.5	7.09	11.34	12.01
Turbiedad	100	251	46.10	30.50

Fuente: Laboratorio de Sedalib S.A



**Figura 13.** Resultados de las muestras en pH en las muestras. elaboración propia

#### IV). ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

1) De acuerdo a mis resultados de contenido de arsénico y metales pesados en mi muestra patrón que nos pedía determinar el arsénico incluido en las aguas del rio tablachaca4, Dándonos como resultado 0.219 mg/L de contenido de arsénico en la muestra el cual el cual sobrepasa los límites que exceden los estándares de calidad del agua (ECA) que es 0.10mg/l. podemos seguir con el proyecto porque de remoción de arsénico y concuerda con la investigación realizada por (Dominguez Villanueva, 2017) que también sobrepasa los límites máximos.

2) De acuerdo al análisis calorimétrico, muestra la curva termo gravimétrica de la calcinación de la arcilla natural la cual presenta domos suaves y continuos de su cambio de masa, lo que refleja un buen proceso de limpieza de la arcilla ensayada se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 100 y luego a 200°C. El segundo entre 545° °C que probablemente corresponde al proceso de conversión de los precursores puzolánicos de silicio y aluminio de la arcilla en óxidos aglomerantes de silicio y aluminio. El tercero entre 545° a 900°C correspondería a la deslaminación y amortización de la arcilla El resultado de este último tramo concuerda con lo reportado por J. Benites (2018), para el caso de una arcilla montmorillonita.

se aprecia que la curva calorimétrica muestra ligeras bandas endotérmicas entre 100 y 200°C que probablemente correspondan a la evaporación de agua presentes entre las partículas de arcilla y los espacios interlaminares de su estructura cristalina molecular.

Una banda más extendida se aprecia en el rango entre 800 y 900°C, que se debería al consumo de energía de los mecanismos de deshidroxilización de la copa laminar octaédrica de la arcilla. Esta deshidroxilización ocasionaría la deslaminación de los planos de la arcilla y por ende su amorfización. Dentro de este rango de 800 a 900°C se eligió la temperatura de **850°C** como temperatura de calcinación de la arcilla natural. Este resultado concuerda bien con el resultado reportado, por J. Benites (2018).

### **Conchas de abanico:**

De acuerdo al análisis calorimétrico el polvo de la concha de abanico presenta una importante estabilidad térmica entre la temperatura de 110°C y otra hasta 210° C. A partir de 700°C de temperatura el material comienza a activarse térmicamente; es decir, inicia su conversión de carbonato de calcio presente en la materia prima a un óxido activo de calcio. Esta conversión, se manifiesta en una pérdida de masa mostrado por la fuerte pendiente de la curva hasta alrededor de 900°C. Entre 700°C y la máxima temperatura del ensayo de 900°C la activación del material es mínima. Además, para el rango de temperatura ensayado, la muestra llegó a perder aproximadamente un 43% de su masa inicial.

De esta información el rango de temperatura de mayor interés para activar térmicamente el material cerámico de concha de abanico es entre 700°C a 890°C. Lo cual significa, un menor consumo de energía durante la calcinación.

muestra la curva de temperatura vs. energía interna de los cambios endotérmicos de la muestra, así se aprecia que esta se inicia alrededor de los 700°C; y se continúan hasta alcanzar el punto de máxima inflexión en 890°C.

Esta curva muestra claramente que se dispone de un rango de temperatura entre 700°C y 890°C para la activación térmica de las conchas de abanico, dentro de este intervalo se seleccionó el valor de **850°C** como temperatura de calcinación de la concha de abanico tiene relación con la investigación de J. Benites (2018).

3. En los resultados, el rango normal de pH en agua superficial es de 6,5 a 8,5 y para el agua es de 6 – 8.5. para la arcilla tengo un pH de 6.51 y conchas de abanico es de un pH 13.24 al hacer la combinación tenemos un pH de 13.32 que es alcalino algo ideal para neutralizar el agua acida, la alcalinidad es una adecuada medida de la capacidad del agua para resistir un intercambio de pH que tiene relación con la investigación de Franco M. (2015) mostro una investigación en remoción de arsénico en agua superficial con pH de 3 a 5.

4. El resultado de la Tabla 12. demuestra que el material analizado es extremadamente limpio, con un predominante componente del 52.02% de óxido de silicio, seguido de un 31.75 de Dióxido de Aluminio; los porcentajes de los restantes óxidos de Potasio, Estroncio, Fierro y Azufre son muy pequeños lo que determina la pureza del polvo activado de la Arcilla de tipo Montmorillonita. Estos resultados son del mismo orden de los resultados reportados por (Gamarra Melendres & Portal Pretel, 2018).



5. Los resultados que llegamos a obtener de las dosificaciones de 3 y 4 g/l en agua superficial del río Tablachaca realizada la muestras en el biofiltro este resultado nos da una muestra muy favorable en cuanto a remoción porque de 0.017mg/l lo redujo a menos de 0.005 mg/l que representa una reducción muy favorable. Podemos entender este procedimiento de remoción de arsénico por el compuesto de arcilla y conchas de abanico está presente muchos procesos como es el de la precipitación ya que hemos dejado actuar el compuesto por un tiempo de 60 minutos luego la adsorción e intercambio iónico de moléculas que se da en el proceso de remoción de arsénico, aquí interviene la coagulación – floculación. Que ha demostrado el efecto coagulante que tiene el compuesto de arcilla y conchas de abanico para reducir la turbidez en el agua, y en este proceso también habría removido arsénico lo cual concuerda con la investigación de Gamarra, B y Portal, G (2018).

## V). Conclusiones

1. El análisis de la muestra patrón de contenido de arsénico en el agua del Rio Tablachaca es (0.219) va por encima de los límites máximos permisibles de calidad ambiental del agua (0.01) el cual es favorable para continuar con nuestra investigación y también el punto de muestreo.

2. Los análisis termogravimétricos permitieron identificar los siguientes intervalos de cambio de temperatura: de 700°C a 900°C para la concha de abanico, de 700°C a 900°C para la arcilla natural y de 800°C a 900°C para la formación del compuesto 1:1. Los correspondientes análisis de absorción endotérmica de energía interna, por coincidencia, fue la misma para la concha de abanico, la arcilla natural y el compuesto 1:1. y corresponde al registro entre 750°C a 900°C. Dentro de este intervalo se seleccionó la temperatura de 850°C como la temperatura de calcinación de la concha sola y arcilla.

3. se determinó los resultados, el rango normal de pH en agua superficial va desde 6,5 a 8. para la arcilla tengo un pH de 6.51 y conchas de abanico es de un pH 13.24 al hacer la combinación tenemos un pH de 13.32 que es alcalino algo ideal para neutralizar el agua acida, la alcalinidad es muy importante en la investigación porque medimos la buena capacidad del agua para resistir un cambio de pH pero se debe estabilizar en el rango normal de pH en agua superficial va desde 6,5 a 8.

4. Los análisis de fluorescencia de rayos X del polvo de la arcilla de tipo montmorillonita, permitió determinar que el mayor porcentaje de su contenido (52.02%) es óxido de silicio. Mientras que el análisis estructural por difracción de rayos X muestra una estructura cristalina perfecta en sus fases de carbonato de silicio e hidróxido de aluminio.

5. Se determinó la remoción con el compuesto de arcilla y conchas de abanico con la proporción 1:1 para 3gr/l y más efectividad para la dosificación de 1:2 para dosis de 4 gr/l que redujo el arsénico en un total de más del 97.05%. Se concluye que el polvo activado de arcilla y conchas de abanico contiene una gran cantidad de calcio. promueven la adsorción de arsénico e incrementan los efectos electrostáticos en los procesos de coagulación, demuestran la funcionalidad del compuesto activado.

## **VI). Recomendaciones**

1. Para el muestreo del agua en el Rio Tablachaca se recomienda ese punto a 200 metros de desembocadura del rio santa para muestreo de agua contaminada con altos índices de arsénico, aluminio, bario, plomo y niquel. Porque el agua contaminada excede el límite máximo permitido de arsénico y metales pesados en el agua potable humana.

2. Se recomienda la temperatura de calcinación recomendada para arcilla y conchas de abanico de 850°C, como temperatura adecuada para activar el compuesto y realizar la investigación, con arcillas que contengan altas cantidades de montmorillonita porque son efectivas en altos índices de remoción de metales pesados
3. Se recomienda el potencial de hidrogeno de cada uno de los materiales, pero al formar el compuesto de arcilla y conchas de abanico se obtiene un pH de 13.32 que es alcalino recomendable para neutralizar el pH del agua del rio Tablachaca.
4. Las composiciones químicas de los materiales a usar son en porcentajes más elevado de trióxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Estos contribuyen al intercambio catiónico para la absorción de arsénico. Se recomienda aplicar mayores estudios para un proyecto de bifiltro a mayor escala de estructuras para ser aplicado en la práctica real.

## **VII). Agradecimiento**

A nuestra Universidad San Pedro, por brindarnos una educación de primera en nuestra carrera profesional, contando con destacados profesionales que nos inculcaron valores y transmitieron sus conocimientos a lo largo de esta importante etapa de nuestra formación académica, para el desarrollo de una correcta investigación.

A mis Padres y hermanos, por confiar en mí, y permitirme realizar este proyecto, apoyándome en cada momento porque la felicidad solo se consigue por medio de sacrificios como los que han hecho nuestros padres para terminar esta profesión, y demostrarles la formación de un buen profesional, por ellos, mi más grande agradecimiento y admiración.

## VIII). Referencias bibliográficas

### Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de E. (15 de junio de 2019). *ATSDR*.

Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs2.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html)

Alvarez M., C. (2018). *de Álvarez, M. C. C. (2018). Caracterización de las arcillas utilizadas en alfarería en tres corregimientos del municipio de Valledupar– Cesar. Colombia: Revista de investigación en el campo del arte.*

Antonio, M. (2010). *Sistema de tratamiento de agua para consumo humano*. Lima.

Badillo, B. (2018). *IDENTIFICACIÓN DE DOS MUESTRAS DE ARCILLAS Y VALORACIÓN DE SUS PROPIEDADES PARA UN USO INDUSTRIAL*. España: Edita IeS.

Barrientos J., W. (2015). *Evaluación de los Filtros Cerámicos para Mejorar la calidad del Agua para consumo humano del Sector San Mateo*. Moyobamba, Peru.

Baylon Coritoma,, M., Roa Castro, K., & Macedo Prada, D. (2018). *Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco*. Pasco, Peru: Ecología aplicada.

Chávez, M. (2009). *Chávez, M. (2009). Evaluación de dos técnicas analíticas para la especiación de arsénico en aguas superficiales del sur del Perú. . Peru: Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública.*

Dominguez Villanueva, M. (2017). *Remoción de arsénico de las aguas del Rio Huandoval utilizando un compuesto*. Chimbote, Peru.

- Francisca F., M., & Carro Pérez, M. E. (2014). *Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación*. Mexico: Revista internacional de contaminación ambiental.
- Franco, M. (2015). *Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación*. cordoba, Argentina.
- Gamarra Melendres, B., & Portal Pretel, G. (2018). "EVALUACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE BIONANOFILTROS A BASE DE CONCHA-ARCILLA-ALMIDÓN, PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO TABLACHACA". Trujillo, Peru.
- George M., S., & Sima L., j. (2014). *El arsénico contaminante en el rio Rímac*. Lima-Peru: Universidad Cesar Vallejo, Repositorio.
- Guerra Alarcon , A., & Hiyagon Arroyo, G. (2012). *Tratamiento de Agua para remocion de Plomo*. Lima Peru: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Julian Benites, C. (2018). "Multifuncionalidad de un compuesto concha de abanico - arcilla y almidon en la purificacion naturla de agua como funcion de las proporciones de su ocnformacion". chimbote, Peru.
- Leoni A., J. (2015). *Propiedades fisicas de los suelos*. Colombia: Facultad de agronomia.
- Méndez, J, P., Ramirez, C, A., Gutierrez, A, D., & Garcia, F, P. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. Mexico: Tropical and Subtropical Agroecosystems.

- Mengual Cuquerella, J. (2010). *Craqueo térmico y catalítico, con y sin vapor de agua, de alcanos sobre zeolitas, cinética, desactivación y estabilización del catalizador*. España: Universidad de Valencia.
- MINAM. (2015). *Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Lima: El Peruano.
- Ovin, A. M. (2003). *Depuración de Efluentes Industriales con Carbón Activo. Adsorción de Contaminantes y Regeneración del Adsorbente*. Oviedo, España: Universidad de Oviedo.
- Pinzon, B., & Villamizar, L. E. (2009). *Modelamiento de la cinética de bioadsorción de Cr (III) usando cáscara de naranja*. Colombia: Dyna.
- Quiñonez Bolaños, E., Tejada, C., & Ruiz V. (2014). *Remediación de aguas contaminadas con cromo utilizando diferentes biomateriales residuales*. Colombia: Uni Catagena.
- Ramirez Mestanza, A. (2017). *Determinación de la concentración de arsénico en grano de Oryza Sativa Pilado procedente de los Distritos de Pacasmayo*. Pacasmayo, Chiclayo: UCV.
- Rocha E. (2010). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*. Chihuahua, Mexico: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Sala L., F., Gonzales, J. C., & Nelli, S. (2010). *Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho*. Real Sociedad, España: In Anales de la Real Sociedad Española de Química.



Salvá Berenz, M. (2012). *Tratamiento y remoción de sólidos suspendidos y metales en la cuenca del Río Boca Cabana*. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería.

suxe milian, e. (2020). *ejemplo. vinzos*.

Velde B., B., & Munier A. (2008). *he origin of clay minerals in soils and weathered rocks*. Nueva York, EE.UU.: Springer Science & Business Media.

Zare A., E. (2018). *Remocion de arsenico de las aguas del rio Santa usando arcilla natural delc entro poblado de otuzco Cajamarca*. Cajamarca: Universidad san Pedro.

Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 93-102.

## IX). ANEXOS

### Recolección de las Muestras del Agua del Rio Tablachaca



Figura N°14: llegando a  
centro poblado Chuquicara

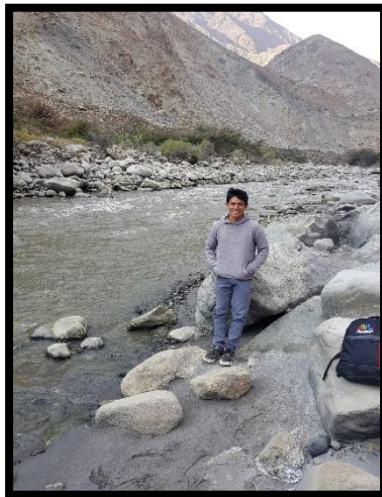


Figura N° 15: punto de  
extracción.

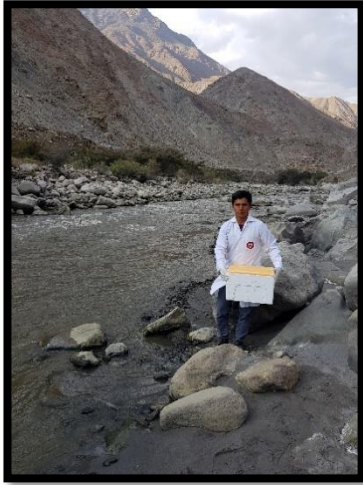


Figura N°16: implementos adecuados

Figura N°17: muestra de un litro



Figura N°18: recolección de la arcilla



Figura N°18: recolección de la arcilla



Figura N°19: prueba de la botella

## PROCEDIMIENTO PARA LAVADO DE ARCILLA



Figura N°20: cuarteo de arcilla



Figura N°21: lavado de arcilla



Figura N°22: secado de arcilla



Figura N°23: secado de arcilla

## ENSAYO EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

Figura N°24: secado de muestra en el horno



Figura N°25: análisis granulométrico





Figura N°26: ensayos  
Figura N°27: índice de  
plasticidad



Figura N°28: limpieza de  
las conchas de abanico.



Figura N°29, 30:  
secado y molienda



## PROCEDIMIENTO DE REMOCION EN EL BIOFILTRO



Figura N°31, 32: grava y agua en el biofiltro



Figura N°33: aplicando el compuesto



Figura N°34: ensayo terminado, muestra experimental



# ANEXOS DE ENSAYOS REALIZADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 18 de febrero del 2020

**INFORME N° 71 - FEB-20**

**Solicitante:** Suxe Milian Rait – Universidad San Pedro  
**RUC/DNI:** .....  
**Supervisor:** .....

## 1. MUESTRA: Arcilla (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-71F	44.7 mg	.....

## 2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

## 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 44.7 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa  
**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel: 44-203510949790880 [djchavez@hotmail.com](mailto:djchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo



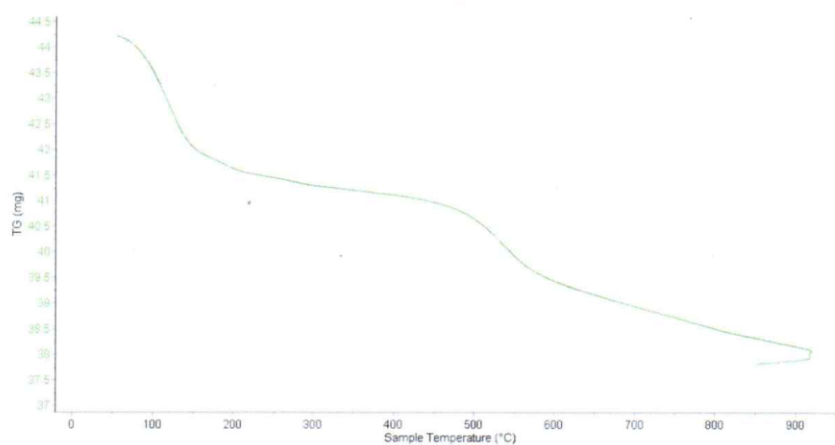


Trujillo, 18 de febrero del 2020

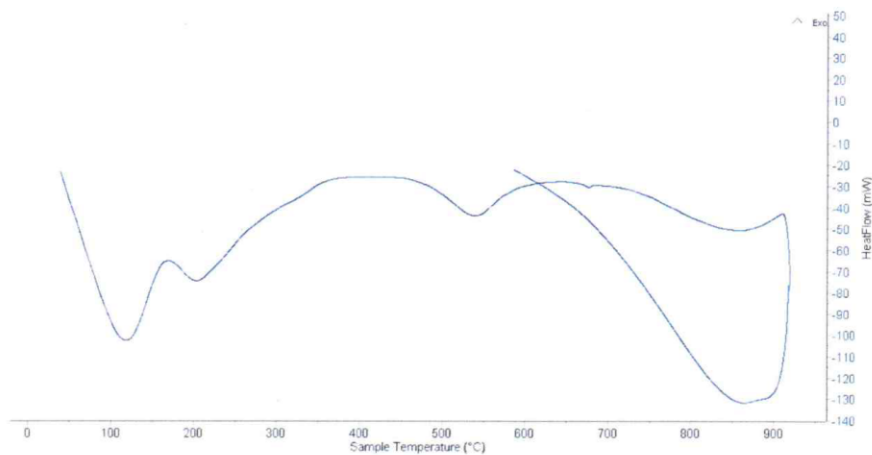
INFORME N° 71 - FEB-20

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [damchavez@hotmail.com](mailto:damchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 18 de febrero del 2020

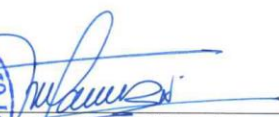
**INFORME N° 70 - FEB-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una muy leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 43% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 18 de febrero del 2020



  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Trujillo, 18 de febrero del 2020

**INFORME N° 70 - FEB-20**

Solicitante: Suxe Milian Rait – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

**1. MUESTRA:** Concha de abanico (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-70F	42 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 42 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/549790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo, Perú



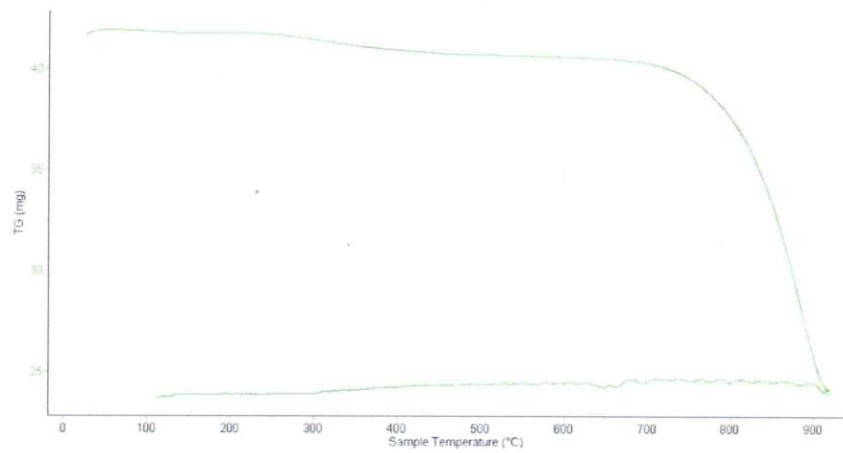


Trujillo, 18 de febrero del 2020

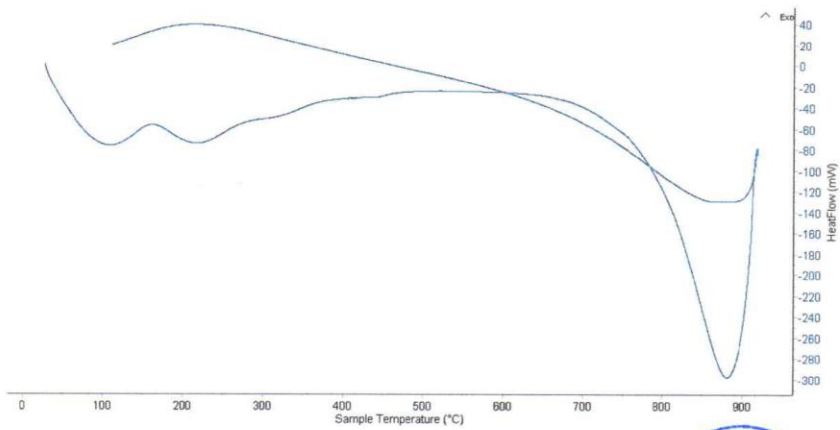
INFORME N° 70 - FEB-20

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510/949790880 [lamchavez@hotmail.com](mailto:lamchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 18 de febrero del 2020

**INFORME N° 71 - FEB-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis térmico TGA se muestra dos importantes caídas de la masa del material al aumentar de la temperatura, la primera se manifiesta entre 70 y 130°C, y la segunda se da entre 480 y 550; en otros rangos de temperatura la caída de la masa es lenta, el material llega a perder en total aproximadamente 14 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra algunos picos de absorción térmica, la primera a 110°C, la segunda a 200°C, la tercera, a 545°C, y finalmente una banda endotérmica entre 800 y 900 °C lo cual podría suponer cambios estructurales y de las características en el material en cada uno de ellos.

Trujillo, 18 de febrero del 2020

  
  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



**INFORME TÉCNICO N° 0357 – 20 – LABICER**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : EVER RAIT SUXE MILIAN
  - 1.2 DNI : 70013018
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 25 / 02 / 2020
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 03 / 2020
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 04 / 03 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : -DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA  
-COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA
  - 4.2 TESIS : REMOCIÓN DE ARSENICO DE LAS AGUAS DEL RÍO TABLACHACA UTILIZANDO UN BIOFILTRO DE ARCILLA Y CONCHAS DE ABANICO
  - 4.3 PROCEDENCIA : HUARAZ - TARICA
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 28.0 °C; Humedad relativa: 63.0%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : -Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.  
-Muffa eléctrica. Thermo Scientific, THERMOLYNE
8. **RESULTADOS**
  - 8.1 **MATERIA ORGÁNICA**

ANÁLISIS	RESULTADO	NORMA TÉCNICA
Materia orgánica, %	3.96	MTC E118



8.2 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

ELEMENTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	52.02	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup>
Aluminio, Al	31.75	
Hierro, Fe	9.42	
Potasio, K	3.78	
Titanio, Ti	1.19	
Calcio, Ca	0.78	
Azufre, S	0.55	
Fosforo, P	0.41	
Manganeso, Mn	0.09	

<sup>(1)</sup>Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del sodio al uranio).

## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48.64	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup>
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	36.58	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.78	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	6.62	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.61	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.39	
Óxido de calcio, CaO	0.30	
Óxido de manganeso, MnO	0.06	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.04	

<sup>(1)</sup>Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Kevin Sullca  
Analista  
LABICER - UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable del análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



ANEXO



Figura 1. Muestra de arcilla.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.





CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRO EN LA OFICINA GENERAL DE REGISTROS Y SERVICIOS TÉCNICOS Y FISCAL

**INFORME DE ENSAYO N° 20200304-011**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : SUXE MILIAN EVER RAIT  
DIRECCIÓN : Pampas de Vinzos SIN Vinzos.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-04  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-04  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-05  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : 88 200304-8

**RESULTADOS**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
ARCILLA	6,51
CONCHA DE ABANICO	13,24
COMBINACION DE ARCILLA + CONCHA DE ABANICO	13,32

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 05 del 2020.

GVR/jms

LC-MP-HRE  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorio  
BIOLÓGICO MICROBIOLÓGICO  
C.R.P. 118

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
COLECBI S.A.C. DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

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



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-001**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : **SUXE MILIAN EVER RAIT**  
DIRECCION : Pampa de Vinzos S/N Vinzos.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).**  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-28  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-28  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-06  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.  
CÓDIGO COLECBI : **SS 200228-1**

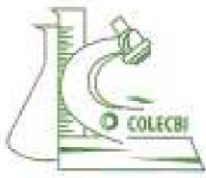
**RESULTADOS**

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	3,71
Arsenico (As)	0,005	0,017
Boro (B)	0,003	0,233
Bario (Ba)	0,003	0,069
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	38,87
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0006
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0064
Cromo (Cr)	0,0003	0,0024
Cobre (Cu)	0,002	0,021
Hierro (Fe)	0,002	4,660
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	2,6
Litio (Li)	0,003	0,052
Magnesio (Mg)	0,02	13,97
Manganeso (Mn)	0,0003	0,2975
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	12,00
Niquel (Ni)	0,0006	0,0077
Fósforo (P)	0,01	0,25
Plomo (Pb)	0,002	0,013
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	11,69
Estaño (Sn)	0,003	<0,003

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

**COLECBI S.A.C.**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-001**

Pág. 2 de 2

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	MUESTRA PATRON
Estroncio (Sr)	0,0003	0,1992
Titanio (Ti)	0,0007	0,0148
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,004
Zinc (Zn)	0,002	0,072

**ENSAYOS FISICO QUIMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	MUESTRA PATRON
(**) pH	7,09
(*) Turbidez (UNT)	25,1

(\*\*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

(\*) El método indicado aún no ha sido acreditado por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 23rd Ed. 20172130B

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.  
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

*A. Gustavo Vargas Ramos*  
Gerente de Laboratorio  
BIOLOGO MICROBIOLOGO  
L. 811 126  
COLECBI S.A.C.

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

FIN DEL INFORME



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-002**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : **SUXE MILIAN EVER RAIT**  
 DIRECCION : Pampa de Vinzos S/N Vinzos.  
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
 PRODUCTO DECLARADO : **AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).**  
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-28  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-28  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-06  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.  
 CÓDIGO COLECBI : **SS 200228-1**

**RESULTADOS**

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 1
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,36
Arsenico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,466
Bario (Ba)	0,003	0,029
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	149,20
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0001
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	<0,0006
Cromo (Cr)	0,0003	0,0014
Cobre (Cu)	0,002	<0,002
Hierro (Fe)	0,002	0,295
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	6,0
Litio (Li)	0,003	0,036
Magnesio (Mg)	0,02	2,55
Manganeso (Mn)	0,0003	0,0195
Molibdeno (Mo)	0,002	0,004
Sodio (Na)	0,06	113,80
Niquel (Ni)	0,0006	0,0012
Fósforo (P)	0,01	0,01
Plomo (Pb)	0,002	0,006
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	11,56
Estaño (Sn)	0,003	<0,003

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

**COLECBI S.A.C.**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-002**

Pág. 2 de 2

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 1
Estroncio (Sr)	0,0003	0,5582
Titanio (Ti)	0,0007	0,0044
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,005
Zinc (Zn)	0,002	0,007

**ENSAYOS FISICO QUIMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 1
(**) pH	12,01
(*) Turbidez (UNT)	30,5

(\*\*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

(\*) El método indicado aún no ha sido acreditado por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 23rd Ed. 20172130B

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.  
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

*A. Gustavo Vargas Ramos*  
Gerente de Laboratorio  
BIOLOGO MICROBIOL. OGD  
L. 817 126  
COLECBI S.A.C.

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

FIN DEL INFORME

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

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839\*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)

Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-003**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR	: <b>SUXE MILIAN EVER RAIT</b>
DIRECCION	: Pampa de Vinzos S/N Vinzos.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: <b>AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO).</b>
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 03 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2020-02-28
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2020-02-28
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2020-03-06
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS	: Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
CÓDIGO COLECBI	: <b>SS 200228-1</b>

**RESULTADOS**

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 2
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,15
Arsenico (As)	0,005	0,011
Boro (B)	0,003	0,535
Bario (Ba)	0,003	0,029
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	69,24
Cadmio (Cd)	0,0001	<0,0001
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	<0,0006
Cromo (Cr)	0,0003	0,0015
Cobre (Cu)	0,002	<0,002
Hierro (Fe)	0,002	0,120
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	4,3
Litio (Li)	0,003	0,024
Magnesio (Mg)	0,02	3,08
Manganeso (Mn)	0,0003	0,0193
Molibdeno (Mo)	0,002	0,031
Sodio (Na)	0,06	134,00
Niquel (Ni)	0,0006	0,0011
Fósforo (P)	0,01	0,02
Plomo (Pb)	0,002	0,003
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	14,94
Estaño (Sn)	0,003	<0,003

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

**COLECBI S.A.C.**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200228-003**

Pág. 2 de 2

**ENSAYOS DE METALES**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	EXPERIMENTAL 2
Estroncio (Sr)	0,0003	0,2677
Titanio (Ti)	0,0007	0,0026
Talio (Tl)	0,002	<0,002
Vanadio (V)	0,001	0,019
Zinc (Zn)	0,002	0,005

**ENSAYOS FISICO QUIMICOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	EXPERIMENTAL 2
(**) pH	11,34
(*) Turbidez (UNT)	106,1

(\*\*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

(\*) El método indicado aún no ha sido acreditado por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017. pH Value. Electrometric Method.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 23rd Ed. 20172130B

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

**NOTA:**

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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 07 del 2020.  
GVR/jms

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

*A. Gustavo Vargas Ramos*  
Gerente de Laboratorio  
BIOLOGO MICROBIOL. OGD  
C. B. P. 128  
**COLECBI**

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

FIN DEL INFORME



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(ASTM D422)

SOLICITA : SUXE MILIAN EVER  
 TESIS : REMOCION DE ARSEMICO DE LAS AGUAS DEL RIO TABLACHACA UTILIZANDO UN BIOFILTRO DE ARCILLA Y CONCHAS DE ABANICO  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : TARICA - HUARAZ  
 FECHA : 28-05-2020

Peso Seco Inicial	200	gr.
Peso Seco Lavado	55.0	gr.
Peso perdido por lavado	145.0	gr.

CALICATA - 1
M - 1
PROF : 1.50

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pesante (%)	Clasificaci3n AAHSTO
N° 4 1/2" (114.30)	0.0	0.0	0.0	100.0	Material limoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-7-6 Suelo arcilloso
4" (101.60)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3 1/2" (88.90)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3" (76.20)	0.0	0.0	0.0	100.0	
2" (50.80)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2" (38.10)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1" (25.40)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4" (19.00)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8" (9.50)	1.8	0.9	0.9	99.1	
N° 4 (4.76)	8.1	4.1	5.0	95.1	
N° 10 (2.000)	9.1	4.6	9.5	90.5	Pesa tamiz N° 4 (%) : 99.1
N° 20 (0.840)	10.5	5.3	14.8	85.3	Pesa tamiz N° 200 (%) : 72.5
N° 40 (0.425)	9.1	4.6	19.3	80.7	D60 (mm) :
N° 60 (0.260)	11.2	5.6	24.9	75.1	D30 (mm) :
N° 140 (0.106)	4.3	2.2	27.1	73.0	D10 (mm) :
N° 200 (0.075)	0.9	0.5	27.5	72.5	Cu
< 200	145.0	72.5	100.0	0.0	Cc
Total	200.0			100.0	

Valor del indice de grupo (IG) : 25

Clasificaci3n (S.U.C.S.) :

Suelo de particulas finas

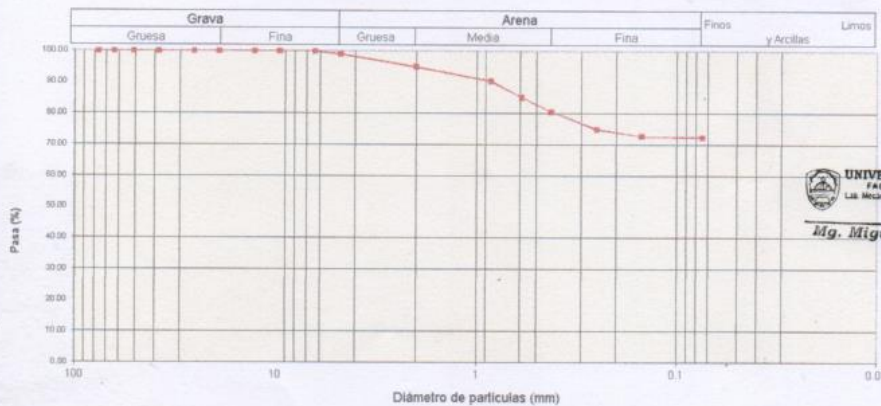
Arcilla alta plasticidad con arena CI

Limite liquido LL : 53.53

Limite plastico LP : 18.29

Indice plasticidad IP : 35.24

**CURVA GRANULOMETRICA**

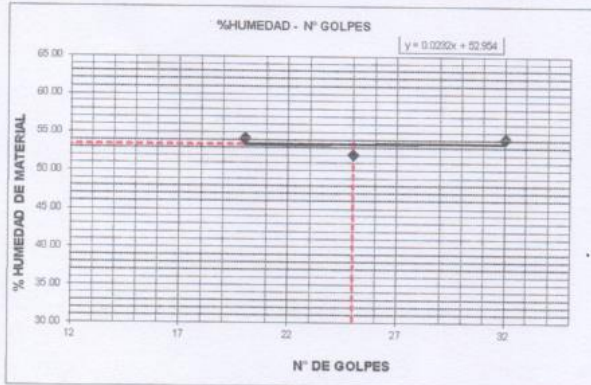


  
**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 L.A. Miguél Salar Jara  
**Mig. Miguel Salar Jara**  
 J.E.P.

**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : SUXE MILIAN EVER  
 TESIS : REMOCION DE ARSEMICO DE LAS AGUAS DEL RIO TABLACHACA UTILIZANDO UN BIOFILTRO DE ARCILLA Y CONCHAS DE ABANICO  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : TARICA - HUARAZ  
 FECHA : 28/05/2020

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.30	54.00	52.50	24.80	24.70	24.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	40.30	42.80	40.40	23.80	23.70	23.80
PESO DE LA TARA (gr.)	18.20	21.30	18.10	18.30	18.30	18.30
PESO DEL AGUA (gr.)	12.00	11.20	12.10	1.00	1.00	1.00
PESO SUELO SECO (gr.)	22.10	21.50	22.30	5.50	5.40	5.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	54.30	52.09	54.26	18.18	18.52	18.18
Nro. DE GOLPES	32	25	20	18.29		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 53.53

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 18.29

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 35.24

  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE

## PLANO DE DISEÑO DE BIOFILTRO:

