

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de plomo de las aguas del río San Lucas
utilizando biofiltro de arcilla y hojas de nogal - Cajamarca”**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Sánchez Chávez Abel

Asesor

Miguel Solar Jara

Cajamarca - Perú

2019

PALABRAS CLAVE:

tema	remoción de plomo de las aguas del río san Lucas
especialidad	ingeniería hidráulica

KEY WORDS:

topic	removal of lead from the waters of the rio san Lucas
specialization	hydraulic engineering

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Línea de investigación	: Hidráulica
Área	: Ingeniería y Tecnología
Sub-área	: Ingeniería Civil
Disciplina	: Ingeniería Civil
Sub línea o campo de acción	: Fuentes y tratamiento de recursos hídricos

TÍTULO:

**Remoción de plomo de las aguas del río San Lucas
utilizando biofiltro de arcilla y hojas de nogal -
Cajamarca**

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo biofiltro compuesto de arcilla y hojas de nogal, es efectivo para remover el plomo (pb) de las aguas del rio san Lucas – Cajamarca.

Fue una investigación aplicada y explicativa, de diseño experimental, en donde se tomaran 4 muestras de agua del rio san Lucas para analizarlo antes y después de utilizar el biofiltro propuesto, siendo su ph de las muestras antes de analizarlo 8:30 y 7.87 después de analizarlo.

Para el proceso y análisis de los datos se realizó con el programa Excel y se elaboraron tablas, gráficos y porcentajes Para las muestras realizadas.

El biofiltro propuesto de arcilla y hojas de nogal es efectivo para remover el plomo del agua superficial del rio san Lucas-Cajamarca, ya que se tuvo un buen resultado de las muestras analizadas en el laboratorio LASACI en la UNT removiendo un total de 37 % de plomo en el agua en cada muestra analizada, por lo cual es una alternativa de solución para recuperar estas aguas contaminadas y darle un mejor uso, ya que el tratamiento del agua es cómodo y accesible para cualquier ciudadano de manera artesanal.

ABSTRACT

The present investigation had as objective to verify if the biofilter composed of clay and leaves of walnut, is effective for the removal of lead (Pb) of the waters of the Rio San Lucas - Cajamarca.

It is an explanatory and applied research, experimental design, where it will take 4 samples of water from the River San Lucas for analysis before and after using the biofilter proposed.

The processing of the data are carried out with the programs Excel for analysis of the data tables, graphs and percentages for the samples carried out.

The biofilter proposed of clay and leaves of walnut is effective to remove lead from the waters of the Rio San Lucas-Cajamarca, because it had a good result of the samples analyzed in the laboratory LASACI in the UNT, which is an alternative solution to recover these polluted waters and give you a better use, since the water treatment is convenient and accessible for any citizen of artisanal fashion

ÍNDICE GENERAL

Palabras Clave.....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Introducción.....	1
Metodología.....	20
Resultados.....	27
Análisis Y Discusión.....	31
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	47
Agradecimiento.....	48
Referencias Bibliográficas.....	49
Anexos.....	50

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido más abundante del planeta tierra así también como en nuestro cuerpo está conformado por más del 80% de agua distribuido la mayoría en los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos, desempeñando un papel importante en la fotosíntesis de las plantas.

La presencia de plomo (pb) en las aguas, constituye un peligro para las poblaciones cuyas fuentes de agua contienen, limita el uso del recurso para consumo humano y otros propósitos e impide el crecimiento socioeconómico, la sostenibilidad del uso racional de los suelos, siendo el valor máximo admisible recomendado por la Organización Mundial de la Salud de 0,01 mg pb/L.

Por otro lado En su investigación **Tapia H., N. J. y Muñoz C., J. C. y Torres D., F. y Yarango R., A. (2003)** que realizo en el departamento de Fisicoquímica en la Facultad Química e Ingeniería Química de la Universidad Mayor de San Marcos y departamento de Química de la Universidad Cayetano Heredia “realizo la biosorsion de PB por cascara de naranja modificada” Se ha demostrado que la cascara de naranja modificada , de acuerdo a la técnica propuesta en el presente trabajo , es un buen biosorbente de los iones Pb(II).

En su investigación también nos indica que El plomo es un elemento químico cuyo símbolo es (Pb) y su número atómico es 82 el plomo es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris . Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327,4 °C y hierve a 1725 °C. Las valencias químicas normales son 2 y 4, La cinética del plomo de biosorcion demuestra que el proceso de fijación de los iones de Pb en los centros activos de adsorción es rápido, demora cerca de 6 horas para alcanzar el equilibrio.

A sí mismo en su **investigación Candelaria T., T. y Herrera., A., y Núñez. Z., J.(2016)**” en la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cartagena remoción de plomo por biomásas residuales de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz” FTIR para las biomásas nos indica que la adsorción Con el espectro de la cáscara de naranja y el zuro de maíz de la adsorción de Pb (II), como también En el caso de la cáscara de naranja, se observa un cambio en los picos de absorción, a 3745cm^{-1} , los cuales, corresponden a las vibraciones de estiramiento de los grupos O-H presentes en la celulosa, en la pectina y en la lignina del biomaterial. Además, se estableció el cambio en el grupo que aparece a 1638cm^{-1} , correspondiente a las vibraciones de estiramiento de los grupos carboxílicos iónicos $-\text{COO}^-$ en el infrarrojo de la biomasa del zuro de maíz. En adición, también se observó un cambio en la banda respecto al grupo de los ácidos carboxílicos, además del pico que aparece a una frecuencia de 1012cm^{-1} , asignada a la vibración de los ácidos carboxílicos y alcoholes. En general, se comprobó que la cáscara de naranja y el zuro de maíz presentan una gran capacidad de adsorción de iones Pb (II) en agua sintética, que lograron remover porcentajes de 99,2 y 67,5%; sin embargo, una vez modificadas la capacidad de adsorción de ambas biomásas se vio ligeramente disminuida.

De tal manera también **CARPIO J., C.M. (2007)** En su trabajo de investigación en la universidad nacional mayor de san marcos facultad de química e ingeniería química e.a.p. “química biosorción de plomo con cáscara de naranja pre tratada” nos indica que ha demostrado que las capacidades de biosorción para plomo son sensibles al pH debido a que es un parámetro que afecta la biosorción de los iones en solución. A valores de pH menor de 3.6 la capacidad de adsorción no es

Muy efectiva. Dentro del rango de pH de 3.6 a 4.1 la capacidad de biosorción de Plomo y por lo cual se incrementa rápidamente.

Este incremento de la capacidad de biosorción se aprecia desde un pH de 4.5 a 5.53, alcanzándose la máxima capacidad de biosorción ($q_{\text{max}} = 39.39 \text{ mg Pb/g}$) a un pH de 4.82, esto se observa en la Figura 6. Varias razones pueden explicar las características del biosorbente y la capacidad de adsorción además que a pH 5 el plomo se Encuentra libre.

En su proyecto de investigación libro digital de encuentro científico **internacional Sun K., M. R. (2012)** nos “indica sobre la preparación de filtros de adsorción a base de arcillas modificadas”. Es posible fabricar filtros porosos a base de arcilla bentonita empleando el método de la esponja polimérica.

Se determinó que existe un límite superior para la temperatura de sintonización de los filtros, a partir de la cual se producen cambios estructurales (formación de nuevas fases) en la arcilla, que disminuye su capacidad de adsorción.

Con el uso de aditivos y un tratamiento térmico adecuado se pueden obtener filtros cerámicos con apariencia uniforme a menos de 600°C. Los ensayos realizados mostraron que, a pesar del calentamiento, el material no pierde su capacidad de adsorción.

Por lo cual Esta investigación tiene por finalidad remover el plomo de las aguas del río San Lucas - Cajamarca.

La arcilla y las hojas de nogal - Cajamarca podrán servir como un buen adsorbente del plomo, ya que el plomo en su forma inorgánica es muy tóxico y dañino para la salud como también ganadero y agrícola, por lo tanto beneficiaría a los pobladores del distrito de Baños del Inca y el distrito de Jesús, siendo uno de los distritos más productores de repollo y por lo tanto también tiende a contaminar a sus demás alrededores regenerando las aguas contaminadas por este químico (Pb) a un precio económico y accesible para todos lo que lo requieran utilizar.

Según el monitoreo de la autoridad nacional del agua (ANA) en sus informe técnico n° 054-2016 Cajamarca, marzo del 2016 en el monitoreo participativo de la calidad del agua (cuenca Criznejas, río Cajamarquino, Chonta y Sanlicas) se realizó las muestras de 72 puntos, de los cuales 04 se ubican en el río San Lucas donde se encontró con la concentración de plomo en el agua (pb) de (0.091mg/L) estando por debajo de los valores establecidos del agua, siendo los valores máximos establecidos según el ECA (0.05mg/l) para el riego de vegetales y el consumo de animales.

Estos resultados son debido a la situación actual del río San Lucas que viene siendo víctima de la contaminación por los habitantes de la zona urbana que están contaminando las orillas y las aguas de este río, Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación.

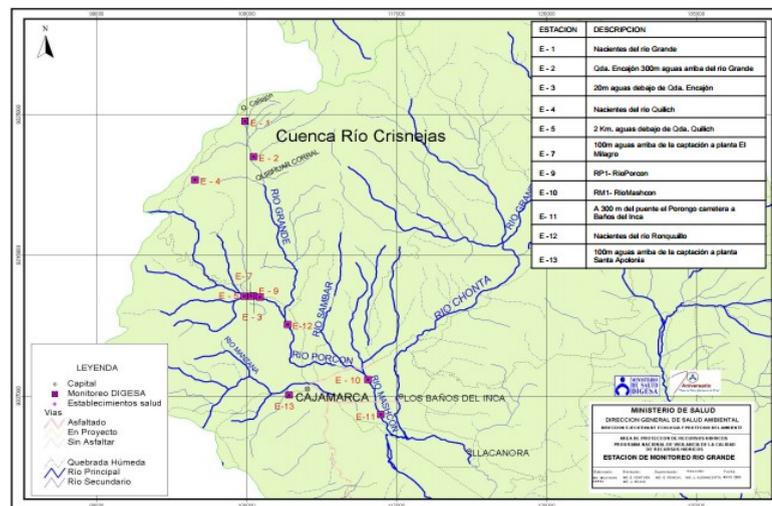
¿Cuál es el efecto del biofiltro de arcilla y las hojas de nogal en la remoción de plomo de las aguas del río San Lucas - Cajamarca? , el río San Lucas Atraviesa la Ciudad de Cajamarca de Oeste a Este, hasta unir con el río Mashcón, sus tributarios más importantes son.

Tres Ríos

Ronquillo

Urubamba.

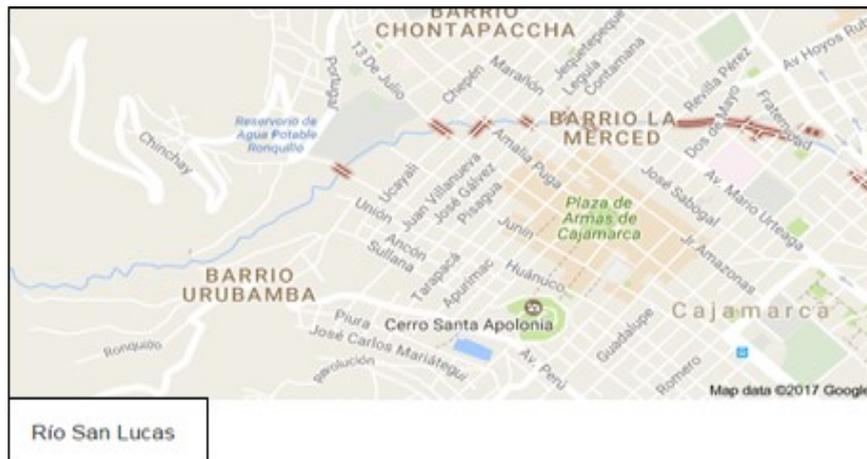
Presenta un área de cuenca aproximada de 67.18 km² y un recorrido de cauce principal de 16.4 km. Se encuentra canalizado desde la intersección de la Av. 13 de Julio (Arco del Triunfo) y el Jr. El Comercio Av. Atahualpa hasta la intersección de la Av. de Evita miento Norte con el Jr. El Inca (desembocadura de la Quebrada Romero, a la altura del Puente Amarillo).



Mapa N° 01: cuenca del río San Lucas

Fuente: Víctor E.M., 2014

Se cuenta con un registro de máximas avenidas, por lo que el Estudio Mapa de Peligros de Cajamarca – INDECI, ha estimado un caudal promedio máximo de 63.45 m³/s. con una tasa de retorno de 25 años, por ser un colector natural de drenaje urbano. Se ha tomado como punto de descarga el cruce del río con la Av. Manuel Seoane.



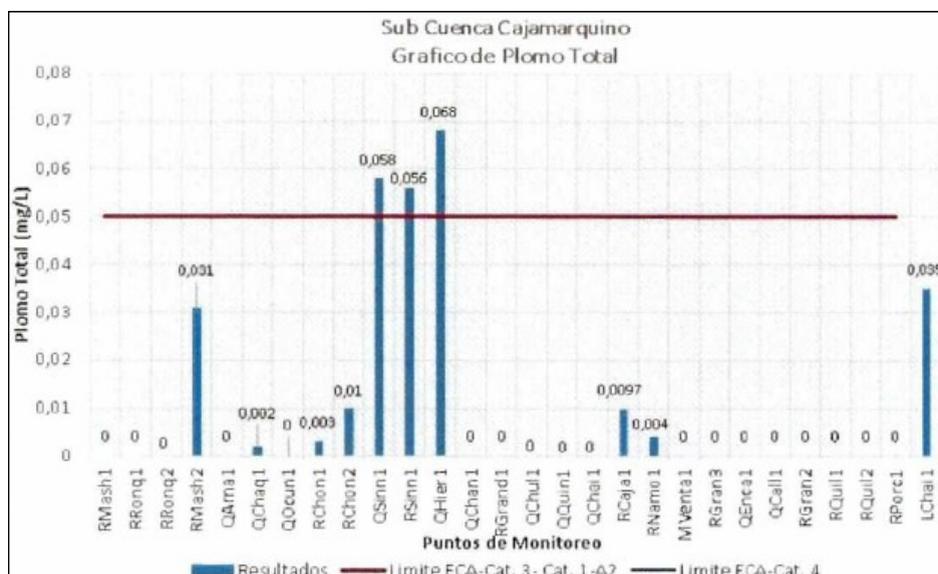
Mapa N° 02: ubicación del río San Lucas -Cajamarca

Fuente: Víctor E.M., 2014

En marzo del 2016 se tuvo como objetivo de conocer la calidad de agua que consume Cajamarca por lo cual intervinieron la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente (RENAMA), la Autoridad Administrativa del Agua, la Autoridad Local del Agua(ALA) y la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) identificaron los puntos de descarga de aguas contaminadas, para el monitoreo participativo y permanente en las cuencas de los ríos San Lucas, obteniéndose los siguientes resultados de plomo máximo permisible en el agua según la (ECA) en el agua.

Tabla N° 01.

Elementos químicos disueltos en el agua del rio san Lucas Cajamarca.



Fuente: ANA Cajamarca

Plomo.

Es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los METALOIDES, también llamados semimetales, se puede encontrar de diversas formas, aunque raramente se encuentra en estado sólido.

El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. También forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. El uso más amplio del plomo, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave, municiones, desperdicios ferrosos en mal estado y descomposición química, (Organización Mundial de Salud, 2016).

Efectos del plomo sobre la salud.

El plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública, la exposición moderada al plomo presenta

síntomas como jaqueca, fatiga, náusea, calambres abdominales y dolor de articulaciones. Otros efectos de la salud como un sabor metálico en la boca, vómito y estreñimiento o diarrea sanguinolenta también pueden esperarse. Efectos nocivos debido a exposición a corto plazo a compuestos de plomo inorgánico raramente se ven debido a los controles estrictos utilizados en los lugares de trabajo en donde puede ocurrir a la exposición al plomo.

El plomo se acumula en el cuerpo y se sabe bien que los componentes inorgánicos de plomo provocan efectos de salud significativos luego de una exposición a largo plazo (crónica). Si una cantidad significativa de plomo se ha acumulado en el cuerpo, los síntomas de toxicidad a largo plazo pueden desarrollarse después de lo que parece ser una exposición aguda o a corto plazo.

Respuesta de la organización mundial de salud (oms)

El plomo es una de las sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. el límite recomendado para la concentración de plomo en el agua potable es de 10 $\mu\text{g/l}$, aunque este valor de referencia se considera provisional por las constantes dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del plomo del agua potabilizada o lista para consumo humano.

Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo límite máximo permisible no debe superar la unidad.

Adsorción del plomo.

La adsorción se puede desarrollar en todos los sistemas que tengan acciones químico físicas de plantas y disueltos como agente activantes al ácido fosfórico. Se estudia la influencia de los siguientes parámetros de activación sobre la adsorción de plomo: razón de impregnación (agente activarte (g)/precursor (g)) y temperatura de activación. Los materiales obtenidos se caracterizaron mediante adsorción de N a - 196 C, SEM y FTIR. (Rev, Perú. 2010)

Tabla N° 02: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (OMS)

Parámetro	Limite Máximo Permisible ¹⁾ mg/l
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr ⁺⁶)	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (NO ₃) ¹⁾	45.00
Nitrito (Medido como Nitrógeno) ¹⁾	1.00
Molibdeno	0.07
Plomo	0.01
Selenio	0.01

Fuente: página [www. elperuano.com.pe](http://www.elperuano.com.pe)

Temperatura de activación.

La dependencia de la adsorción de la temperatura está asociada con varios parámetros termodinámicos. Este estudio se llevó a cabo a 20, 25, 35 y 45 C, manteniendo constantes los demás parámetros de adsorción. La energía estándar. (V Soc Quím Perú., 2010 Rev Soc Quím Perú., 2010) La temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la tasa de adsorción y absorción. El efecto de la temperatura en la absorción es insignificante a concentraciones más bajas. Sin embargo, a concentraciones más elevadas, la absorción aumenta primero con el aumento de la temperatura y, a continuación, disminuye con el aumento adicional de la temperatura. Muchos investigadores han demostrado que la adsorción aumenta con el incremento de la temperatura, el incremento de la capacidad de adsorción con el aumento de la temperatura ocurre si el proceso de adsorción es endotérmico y/o la velocidad de difusión controlada. Por otra parte, la capacidad de adsorción disminuye con el aumento de la temperatura si la adsorción es exotérmica. La desorción en general aumenta con el incremento de la temperatura. Debido a estos variados efectos

de la temperatura sobre la adsorción en general debe existir una condición óptima. (K. Ravikumar et al., 2007)

Arcilla:

Las arcillas son sedimento o depósito mineral y natural que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados.



Figura N° 01: Cantera de arcilla de la provincia de Cajamarca, 2017

Fuente: Angelone, S. 2007

Las arcillas tienen a tener las siguientes características.

- Su masa se expande con el agua.
- Con la humedad se reblandece y se vuelve plástica.
- Al secarse su masa se contrae en un 10%
- Generalmente se le encuentra mezclada con materia orgánica.
- Adquiere gran dureza al ser sometida a temperaturas mayores a 600°C



Figura: N° 02 .Composición de la arcilla

Fuente: Angelone, 2007

Clasificación de las arcillas

Arcillas Caolinitas

Es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y de aprestos para almidonar. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agente adsorbente. Conserva su color blanco durante la cocción. Es silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio.

Arcillas illitas

La illita es un mineral del grupo de los silicatos. La illita es un filosilicato o silicato laminar. El grupo de las illitas está constituido por diversos minerales parecidos a la mica muscovita. La illita es, posiblemente, el grupo más abundante en los depósitos arcillosos marinos modernos, es también la arcilla más abundante en los depósitos sedimentarios antiguos y es el material arcilloso predominante (Cruz Ruiz A., 2014).

Arcillas motmorillonitas

Una arcilla expansiva es aquella arcilla susceptible de producir grandes cambios de volumen, en directa relación con los cambios en la humedad del suelo, las arcillas se expanden con la humedad y se contraen al secarse, formando profundas grietas. Este proceso favorece la mezcla de materiales desde horizontes más profundos, ya que al rellenarse las grietas con material externo, cuando la arcilla vuelve a hidratarse, expulsa parte del material más profundo por la falta de espacio. Este proceso repetido durante años acaba generando suelos de tipo vertisol, las "montmorillonitas" están formadas por una lámina alumínica y dos silícicas, en este tipo de arcilla la unión entre las retículas es débil, por lo que las moléculas del agua pueden introducirse en la estructura con relativa facilidad. Son expansivas ya que debido a lo anterior, se produce un incremento volumétrico. La montmorillonita es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas. Es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio, con otros posibles elementos, Para cimentación de construcciones es uno de los terrenos en los que se deben tomar más precauciones debido a su carácter expansivo. También posee

propiedades tixotrópicas, lo que permite su utilización como lodos de perforación. En los cristales y presentan una fuerte tendencia a la inestabilidad. (Cruz Ruiz A., 2014)

Propiedades físico-químicas

La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato), La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso. (García E., 2012)

Otra propiedad de las arcillas es como absorbentes de líquidos: son capaces de absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar o en los canales estructurales. Desde el punto de vista medioambiental, estos líquidos pueden ser contaminantes (por ejemplo, vertidos de hidrocarburos), o pueden contener contaminantes en disolución. Presentan unas características que las hacen de gran utilidad en trabajos de descontaminación por su capacidad de adsorción e intercambio iónico.

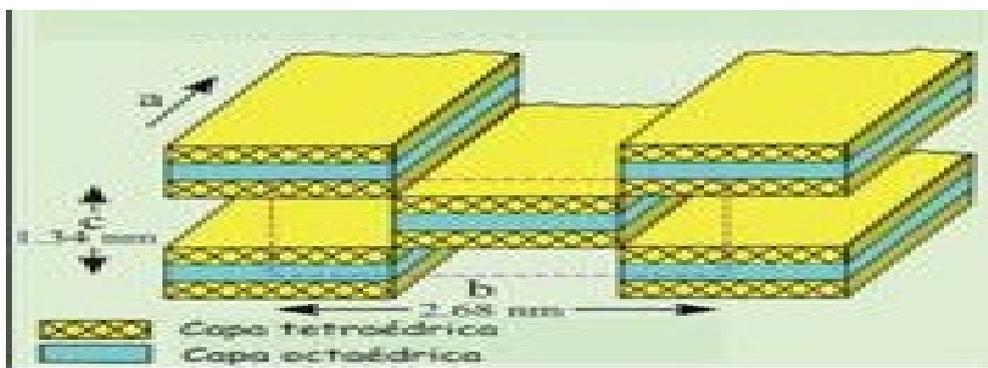


Figura: N°03 placas de arcilla como absorbente

Fuente: P. Higuera y R. Oyarzun, 2007

Hidratación e hinchamiento.

La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. Cuando el catión interlaminar es el sodio, las esmectitas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de esmectita, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si por el contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida. (García E., 2012)

Plasticidad

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas, Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg: Límite Líquido y Límite Plástico.(Jiménez Salas, et al., 1975)

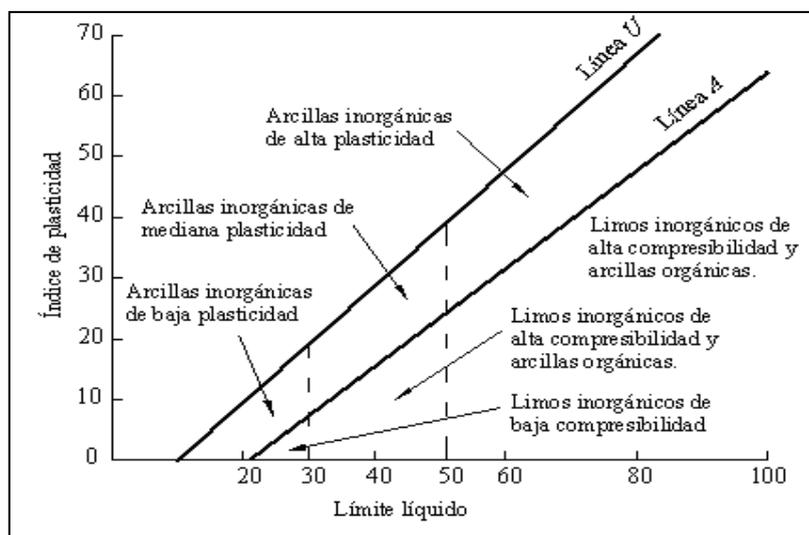


Figura: N° 04 Gráfico de plasticidad

Fuente: Casagrande, 1932

Capacidad de intercambio catiónico

Es una propiedad fundamental de las arcillas. Son capaces de cambiar, fácilmente, los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. La capacidad de intercambio catiónico (CEC) se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral. Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomórficas dentro de la estructura.
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas.
- Disociación de los grupos hidroxilos accesibles.

El primer tipo es conocido como carga permanente y supone un 80 % de la carga neta de la partícula; además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio. Los dos últimos tipos de origen varían en función del pH y de la actividad iónica. Corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y

representan el 20 % de la carga total de la lámina. García, E. (2012) a continuación se muestran algunos ejemplos de capacidad de intercambio catiónico (en meq/100 g):

El “problema” de las arcillas radica en que a temperaturas por encima de 200°C la estructura colapsa, eliminando la zona de adsorción, de forma que si queremos depurar soluciones a temperaturas por encima de 200°C no tendremos el espacio interlamilar donde acomodar los cationes o moléculas que nos interesa eliminar de la solución.

Porosidad y permeabilidad

El grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosa.

Tabla N° 03.

Valores estimados de la porosidad (%) (Sanders, 2008)

clasificación	TOTAL	EFICAZ
Arcillas	40 a 60	0 a 5
Limos	35 a 50	3 a 19
Arenas finas, arenas limosas	20 a 50	10 a 28
Arena gruesa o bien clasificada	21 a 50	22 a 35
Grava	25 a 40	13 a 26
Shale intacta	1 a 10	0.5 a 5
Shale fracturada/alterada	30 a 50	
Arenisca	5 a 35	0.5 a 10
Calizas, dolomías NO carstificadas	0.1 a 25	0.1 a 5
Calizas, dolomías carstificadas	5 a 50	5 a 40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0.01 a 1	0.0005
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	1 a 10	0.00005 a 0.01

Fuente: Famiglietti, N., 2014

Hay diversos factores que influyen en la permeabilidad, incluyendo el tamaño de la partícula (hasta el mismo tamaño de los poros). En general, sedimentos de granulación fina tienen la permeabilidad más baja que los sedimentos de granulación gruesa. (Famiglietti, N., 2014) de esta manera, y en orden decreciente de permeabilidad.

- Grava (Alta Permeabilidad)
- Arena
- Lodo
- Arcilla

Uso de la arcilla.

Se emplea en decoloración y clarificación. Tienen gran importancia en los procesos de purificación de aguas que contengan diferentes tipos de aceites industriales y contaminantes orgánicos el tratamiento de aguas residuales, en un área asignada a la elaboración de celdas o fosas, en donde se lleva a cabo un proceso de retención y canalización de aguas negras, las cuales a base de filtros naturales como arcillas, realizan un proceso de limpieza que clarifica los líquidos para así poder rehusarlos.

Tratamiento de agua.

En los procesos de adsorción de contaminantes juegan un papel importante los sólidos con textura y porosidad adecuada, que no introduzcan otro tipo de contaminación en suelos o aguas y que sean económicamente viables. Estas características son frecuentemente encontradas en arcillas naturales, preferiblemente esmécticas debido a su capacidad de inflado en medios húmedos y su capacidad de intercambio catiónico. Las arcillas tipo esmécticas son frecuentemente estudiadas en procesos de adsorción de contaminantes, tanto inorgánicos como orgánicos (Taberero, 2012).

NOGAL.

El Nogal (*Juglans regia*) es un árbol que crece espontáneamente en el sur de Europa, aunque se cultiva en otras zonas del mundo como por ejemplo en el continente americano. El Nogal posee una copa grande redonda, puede llegar a medir hasta unos 30 metros de alto y de él se utilizan sus amplias hojas y sus nutritivos frutos para elaborar remedios caseros con fines medicinales. Los frutos del Nogal son las conocidas nueces que se cosechan en otoño.



Figura: N° 05 hojas de nogal planta medicinal
Fuente: Paguay P., Irene P., (2013)

Propiedades físicas y mecánicas.

Los ensayos **físicos** para determinar sus propiedades del nogal se realizaron en el laboratorio de ciencias biológicas y los ensayos mecánicos se efectuaron en el laboratorio de resistencia de materiales de la ESPOCH. Las propiedades físicas que se evaluaron fueron:

En lo relacionado a las propiedades **mecánicas**, se realizaron ensayos de flexión estática, dureza brinell, cizallamiento, tracción, compresión paralela y perpendicular al grano. Los ensayos físico-mecánicos se llevaron a cabo en estado verde ($CH > 30\%$), estado seco al aire ($CH > 12\%$) y seco al horno ($CH = 12\%$). La madera de nogal presenta una densidad básica media; de acuerdo a su dureza se clasificaron como: madera blanda en estado verde y como semi-dura en estados seco al aire y seco al horno.

Estabilidad dimensional: Buena

Adaptación a la humedad ambiental: Lenta

Retracción radial por 1% de humedad: 0,21%

Retracción tangencial por 1% de humedad: 0,28%

Propiedades de secado: Lento, delicado y con tendencia a rajarse

Propiedades medicinales del nogal.

Las hojas del Nogal tienen acción relajante sobre el sistema nervioso Ayuda a eliminar los hongos debido a su poder anti fúngico Alivia la conjuntivitis con baños oculares de Nogal Por su efecto astringente el Nogal ayuda a combatir la diarrea Acelera la curación y cicatrización de heridas en la piel Mejora las afecciones del aparato respiratorio Se utiliza para combatir el exceso de sudor Facilita el tránsito intestinal por lo que combate de forma suave el estreñimiento La acción antibacteriana de las hojas del Nogal ayuda a combatir infecciones El Nogal estimula el funcionamiento del hígado El aceite ayuda a expulsar parásitos gastrointestinales Se utiliza para evitar la caída del cabello y fortalecerlo.

Una infusión de hojas de Nogal ayuda a eliminar los gases Al ser astringente es muy útil para desinflamar las hemorroides Para llagas o infecciones de la boca se hacen enjuagues con la infusión o con el aceite de Nogal.

OPERACIÓN DE LAS VARIABLES.

Tabla N° 04.

Variable dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Cantidad de plomo de las aguas del rio San Lucas –Cajamarca	Es cantidad de plomo quecontiene estas aguas superficiales del rio san Lucas Cajamarca, se determinara según las muestras.	El porcentaje de remoción que se puede extraer de las aguas del rio san Lucas – Cajamarca.	ml / litro

Tabla N° 05.

Variable independiente.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Biofiltro de arcilla y hojas de nogal	Es un compuesto a base de arcilla y hojas de nogal.	E la aplicación de un compuesto de arcilla 6% y hojas de nogal 2% que se aplicara para absorber la cantidad de plomo de las agua del rio san Lucas - Cajamarca.	G.

Fuente: elaboración propia.

El biofiltro de arcilla activada térmicamente y las hojas de nogal activada mecánicamente removieron el plomo que se encuentra en el río San Lucas – Cajamarca

Para ello se consideraron los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Determinar el análisis térmico diferencial (ATD) de la arcilla.
- ✓ Determinar la composición de óxidos mediante un análisis de fluorescencia de rayos x tanto para la arcilla activada térmicamente como para las hojas de nogal activada mecánicamente.
- ✓ Determinar el PH de la combinación de la arcilla y las hojas de nogal.
- ✓ Determinar y comparar la cantidad de plomo que existe en las aguas del río San Lucas antes y después de pasar el biofiltro propuesto.

METODOLOGÍA

La formación de esta investigación fue aplicada y explicativa, según los resultados obtenidos den solución a los problemas relacionados con los recursos hídricos específicamente a las propiedades químicas y el comportamiento del agua, explicando cómo se comporta el agua después de ser analizada antes y después de su tratamiento por el biofiltro elaborada de esferas filtrantes de arcilla y hojas de nogal – Cajamarca.

Diseño de la investigación

Es un análisis experimental porque es un proceso en el cual estudiamos el análisis experimental del agua para reducir la cantidad de plomo por medio del biofiltro propuesto realizado de (esferas 5ml) arcilla y hojas de nogal el estudio en su mayor parte se concentro en las muestras realizadas del agua en el Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde el investigador estuvo en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Tipo y diseño de investigación

Tipo y nivel de investigación : aplicada y explicativa
Diseño de investigación : experimental
Diseño experimental : pre experimental con un grupo medido de 04 veces antes y 04 después.

Esquema del diseño de investigación



Dónde:

M= muestra de agua

01 = observaciones de plomo en el agua antes de pasar las esferas de 5mm de arcilla y hojas de nogal.

02= observaciones de plomo en el agua después de pasar las esferas de 5mm de arcilla y hojas de nogal.

X = aplicación de las esferas de 5mm de arcilla y hojas de nogal para cada muestra.

Población y muestra

Población

Conformada por las aguas del rio san Lucas – Cajamarca

Muestra

Están constituidos por un total 8 unidades de un 1 litro de agua cada uno

Que han sido distribuidas de la siguiente manera.

4 litro antes de pasar por el biofiltro de arcilla y hojas de nogal (patrón)

4 litros después de pasar por el biofiltro propuesto de arcilla y hojas de nogal (experimental)

Tabla N° 06.

Técnica e instrumento de investigación.

TECNICA	INSTRUMENTO
Análisis	Reporte del análisis del agua.

Procesamiento y análisis de la información

El proceso se realizó con el programa Excel Para efectos de clasificar, procesar y resumir información que sea obtenida a través de la técnica e instrumento de recolección aplicada, se utilizara métodos estadísticos tanto en su fase descriptica como en su fase inferencial.

Se elaboraron tablas y gráficos y porcentajes estadísticos para analizar y visualizar el comportamiento de las variables estudiadas, por otro lado, para los efectos se ha tenido que mostrar y contrastar la hipótesis de trabajo planteada se usaron la metodología estadística inferencial.

Para el estudio del (agua) analizado antes y después de su tratamiento se utilizaron las siguientes referencias:

ARCILLA.

La arcilla se ha extraído del caserío el Tambo distrito de Llacanora provincia y departamento de Cajamarca debido a la abundancia del material silvestre en dicho poblado, ver (MAPA N° 3).

Para la extracción de la arcilla se ha localizado primero el lugar de la cantera de la materia prima, ver (Foto N° 01).

La arcilla fue recolectada en baldes de plástico un total de 20 kg, ver (Foto N° 02).

La arcilla fue chancada en el batán debido a su gran tamaño durante su recolección, ver (Foto N° 03).

La arcilla fue lavada y puesta en reposo durante 24 horas para separar el limo separar el agua y secado en la mufla en el laboratorio de fisicoquímica de la

Universidad Nacional de Cajamarca a una temperatura de 110°C por 24 horas, Ver (Foto N° 04, 05, 06, 07 y 08).

Luego fue pulverizado y tamizado por la malla N° 200 en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, ver (Foto N° 09 y 10).

La arcilla se llevó al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro para sacar el límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad ver (Fotos N° 11, 12, 13 y 14).

Luego se metieron al horno las muestras a una temperatura de 110 °c durante un tiempo de 16 horas para ver la pérdida de masa, ver (Foto N° 15).

Pesado de las muestras después de ser sacados del horno, ver (Foto N° 16).

HOJAS DE NOGAL.

Las hojas de nogal se han extraído del centro poblado de Tartar Chico distrito de Baños del Inca provincia y departamento de Cajamarca debido a la abundancia del material silvestre en dicho poblado, ver (MAPA N° 1).

Para la extracción de las hojas de nogal primero se ha localizado el lugar de la materia prima, ver (Foto N° 04 y 05).

La planta de donde se ha extraído las hojas de nogal ha sido una planta muy frondosa con muchas hojas, ver (Fotos N° 17).

- Las hojas de nogal fueron recolectadas en sacos, ver (Foto N° 18).

- Las hojas de nogal fueron lavadas en agua potable para eliminar el polvo y algunas impurezas durante la recolección, ver (Foto N° 19 y 20).
- Se dejó sumergido en agua durante 24 horas para eliminar el yodo, ver (Foto N° 21).
- Se dejó secar durante 15 días a la sombra para su fácil chancado, ver (Foto N° 22).
- Luego de los 15 días de secado se chanco en el batán, ver (Foto N° 23 y 24).
- Luego fue tamizo por la malla N° 200 en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, ver (Foto N° 25).

Pesado de la arcilla y de las hojas de nogal

Para la elaboración de las esferas biofiltrantes 20 g. de arcilla y 10 g. de hojas de nogal en su (dosificación A: 2, HN:1), ver (Fotos N° 25 y 26).

Realización del Ph en la Universidad Nacional de Cajamarca de la combinación de la arcilla y las hojas de nogal dosificación A:2 / HN:1 ver (Foto N° 27)

Mesclado y agregado de agua destilada de los materiales para la elaboración de las esferas biofiltrantes, ver (Fotos N° 28 y 29).

- Obtención de las esferas biofiltrantes de 5 mm en forma manual, ver (Foto N° 30).
- Pesado de las esferas biofiltrantes antes de ser calcinadas, ver (Foto N° 31).
- Calcinado de las esferas biofiltrantes en el la mufla a una temperatura de 550 °c durante un tiempo de 40 min, laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, ver (Foto N° 32 y 33).
- Pesado de las esferas biofiltrantes después del calcinado, ver (Foto N° 34).

AGUA SIN TRATAR.

Ubicación del río San Lucas en la provincia de Cajamarca (ver mapa N° 06, 07 y foto N° 35)

La primera muestra se ha extraído de las coordenadas E: 981056, N: 6212484, se llevó al laboratorio LASACI Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 36).

La segunda muestra se ha extraído de las coordenadas E: 287586, N: 6212484, se llevó al laboratorio LASACI Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 37).

La tercera muestra se ha extraído de las coordenadas E: 159086, N: 9213484, se llevó al laboratorio LASACI Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 38).

La cuarta muestra se ha extraído de las coordenadas E: 61486, N: 5212464, se llevó al laboratorio LASACI Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 39).

Las 4 muestras de agua se han extraído de diferentes puntos del río San Lucas provincia y departamento de Cajamarca, se han almacenado en botellas de PVC de 1 litro c/u, ver (Foto N° 40).

AGUA TRATADA.

Biofiltro prototipo para remover el plomo del agua superficial del rio san Lucas - Cajamarca, ver (Foto N° 41).

Toma de la primera muestra de agua después de pasar por el biofiltro a los 01 días, fue llevado al laboratorio **LASACI** del Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 42).

Toma de la segunda muestra de agua después de pasar por el biofiltro a los 03 días, fue llevado al laboratorio **LASACI** del Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 43).

Toma de la tercera muestra de agua después de pasar por el biofiltro a los 05 días, fue llevado al laboratorio **LASACI** del Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 44).

Toma de la cuarta muestra de agua después de pasar por el biofiltro a los 07 días, fue llevado al laboratorio **LASACI** del Servicio a la Comunidad e Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo para su respectivo análisis, ver (Foto N° 45).

RESULTADOS

LIMITES DE ATTERBERG

Tabla N° 7.

Límites de plasticidad de la arcilla

MUESTRA DE ARCILLA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
N° DE ENSAYO						
PESO TARA+ SUELO HUMEDO (gr)	40.10	39.90	42.40	20.50	33.80	25.90
PESO TARA+ SUELO SECO (gr)	31.90	31.60	33.60	19.20	30.60	24.50
PESO DE LA TARA (gr)	21.30	21.60	22.70	14.20	18.20	18.90
PESO DEL AGUA (gr)	8.20	8.10	8.80	1.30	3.20	1.40
PESO SUELO SECO (gr)	10.60	10.20	10.90	5.00	12.40	5.60
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	77.36	79.41	80.73	26.00	25.81	25.00
N° DE GOLPES	33	27	12		25	

LIMITE LIQUIDO (%)	79.02
LIMITE PLASTICO (%)	25.60
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	53.42

Fuente: Ensayos de la arcilla del límite líquido y límite plástico realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

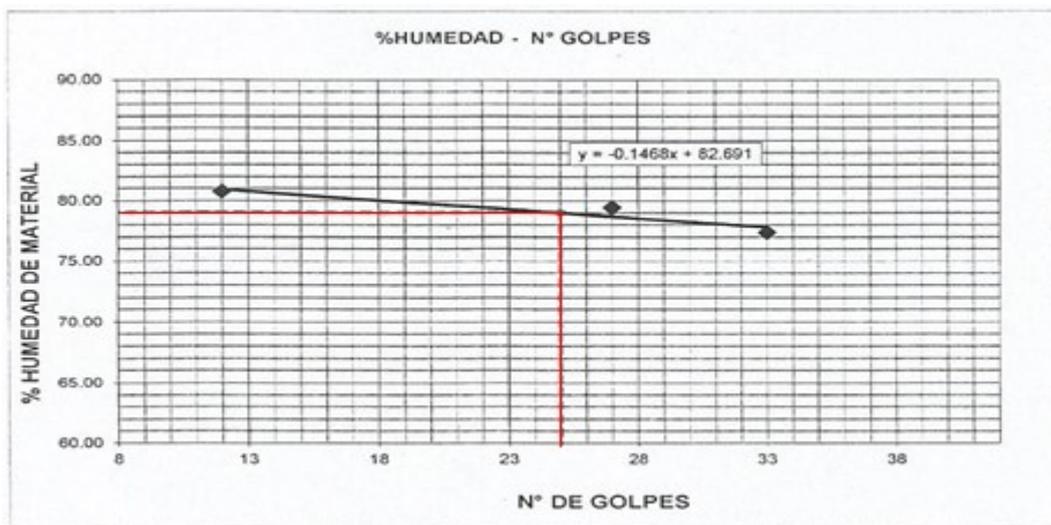


Figura N°: 06 Grafica de la curva del límite líquido realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

Fuente: laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

Análisis termo gravimétrico.

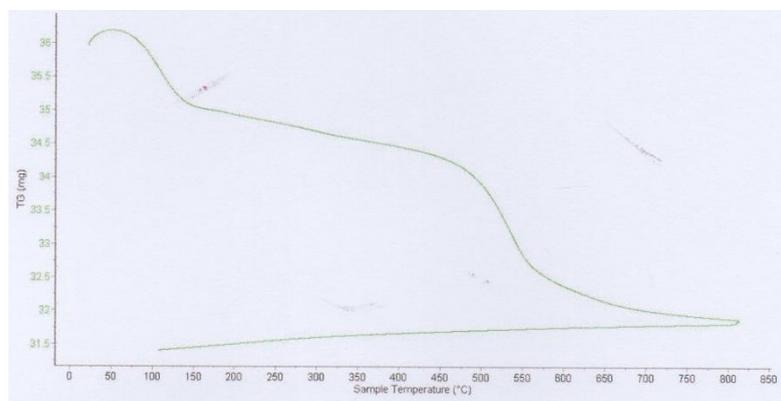


Figura N°: 07 Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

Fuente: laboratorio de polímeros de la universidad nacional de Trujillo.

Análisis térmico diferencial.

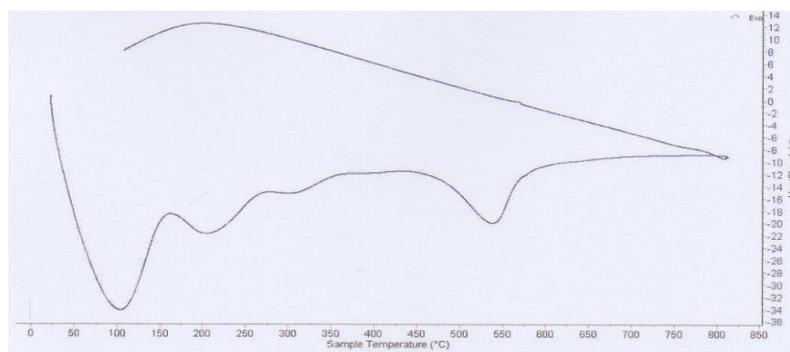


Figura N°: 08 curva calorimétrica - DSC realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

Fuente: laboratorio de polímeros de la universidad nacional de Trujillo.

Análisis de la combinación de arcilla y hojas de nogal (PH).

Tabla N° 08:

Resultados de la combinación del ph de la arcilla y las hojas de nogal.

Combinación de arcilla y hojas de nogal	ensayo
Muestra	pH
Arcilla 2 / nogal 1	5.80

Fuente: Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) laboratorio Físico-químico, pH de una muestra de la combinación de arcilla y hojas de nogal.

Análisis de fluorescencia de rayos x de la arcilla

Tabla N° 09:

Composición de óxidos de la muestra de arcilla analizada

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	22.684	19.740
SiO ₂	80.545	70.093
K ₂ O	3.150	2.742
CaO	1.372	1.194
TiO ₂	0.865	0.752
V ₂ O ₅	0.023	0.020
Cr ₂ O ₃	0.019	0.016
MnO	0.049	0.043
Fe ₂ O ₃	6.002	5.223
Ni ₂ O ₃	0.006	0.006
CuO	0.002	0.002
ZnO	0.014	0.012
Rb ₂ O	0.014	0.012
SrO	0.008	0.007
Y ₂ O ₃	0.004	0.003
ZrO ₂	0.041	0.036
BaO	0.114	0.100
Totales	114.913	100.00

Fuente: Realizado en la Facultad de Ciencia Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)

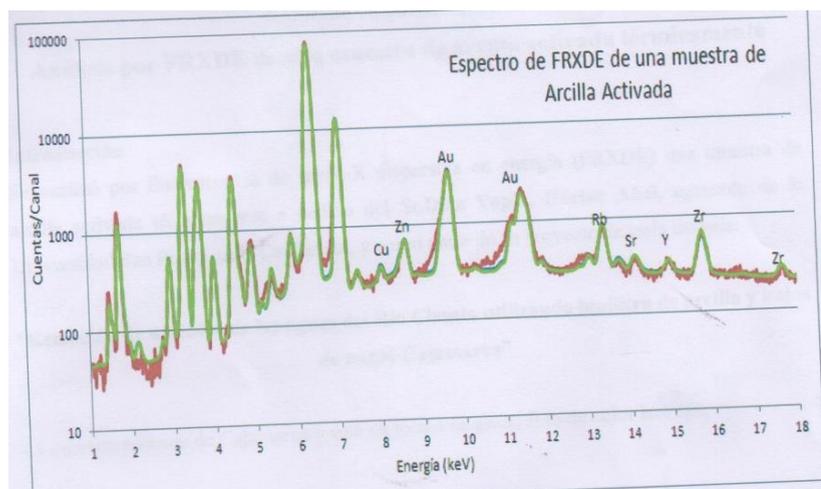


Figura N°: 09 curvas de rayos x de la arcilla.

Fuente: laboratorio de Ciencia Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Interpretación: De los resultados obtenidos del ensayo de fluorescencia de Rayos X realizados a la muestra de arcilla de pumac (5gr) se determinó que el tipo de arcilla es Montmorillonite por el alto porcentaje de ligamento (79.6%) que se aprecia en el cuadro de resultados esto significa que esta arcilla es un buen absorbente y la indicada para trabajar en procesos de remoción de elementos químicos pesados en el agua como el plomo.

Análisis fluorescencia de rayos x de las hojas de nogal.

Tabla N° 10:

Composición de óxidos de la muestra de hojas de nogal analizada

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	9.402	46.590
SiO ₂	3.719	18.427
SO ₂	0.412	2.043
ClO ₂	0.448	2.220
K ₂ O	1.702	8.432
CaO	4.253	21.072
TiO ₂	0.032	0.158

V ₂ O ₅	0.002	0.009
MnO	0.018	0.089
Fe ₂ O ₃	0.178	0.881
ZnO	0.005	0.025
SrO	0.009	0.047
ZrO ₂	0.001	0.008
Totales	20.181	100.00

Fuente: Realizado en la Facultad de Ciencia Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

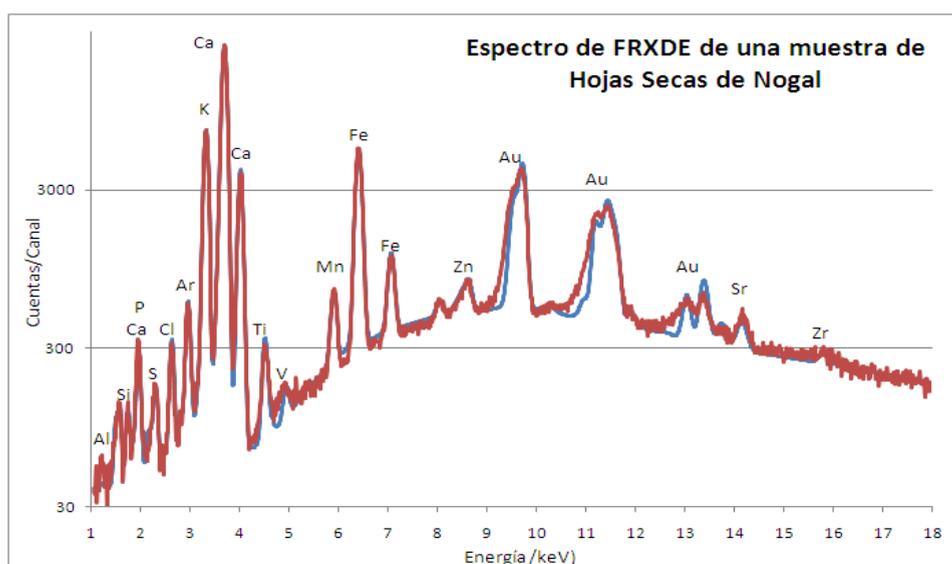


Figura N°: 10 curvas de rayos x de las hojas de nogal.

Fuente: Realizado en la Facultad de Ciencia Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Introducción: Espectrometría de fluorescencia de rayos x de la muestra de hojas de nogal con los correspondientes picos de sus principales fases encontradas realizado en la Facultad de Ciencia Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) nos da un 80 % de aluminio y silicio dándonos como buen resultado para absorción de metales pesados en el agua tales como el plomo.

ANALISIS DEL AGUA ANTES DE PASAR POR EL BIOFILTRO

Tabla N°11.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Primera muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M1).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (1)	unidad	lugar de muestreo
06-11-16	mg/l	mg/l	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.050	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: determinación cuantitativa de plomo en el agua. Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°12.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Segunda muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (2)	unidad	lugar de muestreo
06-11-16	mg/l	mg/l	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.046	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N° 13

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la tercera muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M3).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (3)	unidad	lugar de muestreo
06-11-16	mg/l	mg/l	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.042	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: absorción atómica Para determinación cuantitativa de plomo en el agua.
Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°: 14

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la cuarta muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M4).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (04)	unidad	lugar de muestreo
06-11-16	mg/l	mg/l	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.038	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: espectrometría de absorción atómica Para determinación cuantitativa de plomo en el agua. Laboratorio LASACI UNT.

CANTIDAD DE PLOMO DISUELTO EN LAS MUESTRAS DEL AGUA ANTES DE SER TRATADO EN BIOFILTRO.

Tabla N°15.

Resultados de las muestras analizadas antes de su tratamiento

MUESTRAS	CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS (MG/L)
M1	Plomo	0.050
M2	plomo	0.046
M3	plomo	0.042
M4	plomo	0.038

Fuente: Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica Laboratorio LASACI UNT.

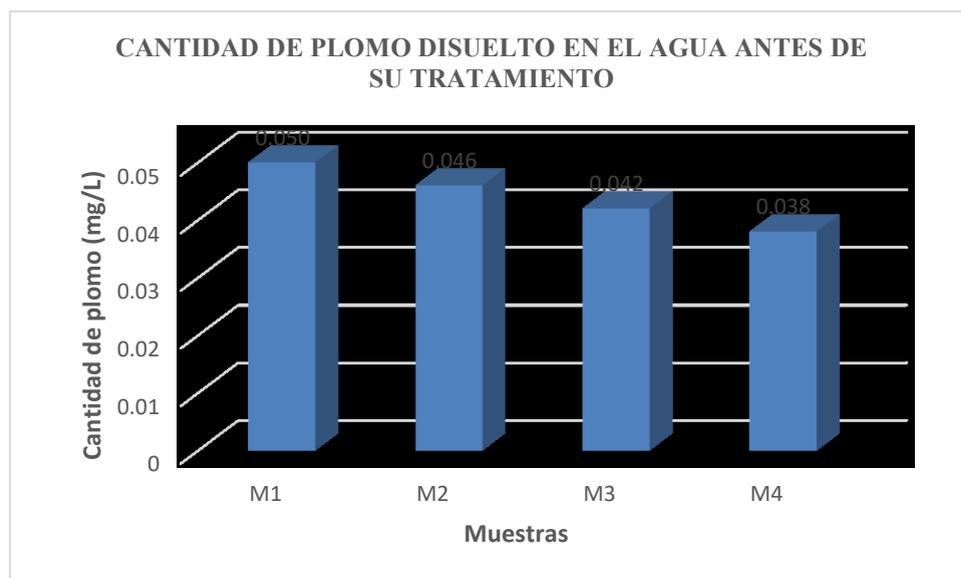


Gráfico N° 2 Contenido de las muestras con plomo disuelto en agua (mg/L)

Fuente: elaboración propia cantidad de plomo disuelto en el agua.

ANALISIS DEL AGUA DESPUES DE PASAR POR EL BIOFILTRO

Tabla N°16.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Primera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M1).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (1)	unidad	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	200 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.034	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: determinación cuantitativa de plomo en el agua. Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°17.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la segunda muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (2)	unidad	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	400 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.030	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: espectrometría de absorción atómica Para determinación cuantitativa de plomo en el agua. Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°18.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la tercera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M3).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (3)	unidad	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	600 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.026	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°19.

Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la cuarta muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M4).

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
fecha	muestra (4)	unidad	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	800 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:00	0.022	0.01/0.056	agua superficial

Fuente: determinación cuantitativa de plomo en el agua. Laboratorio LASACI UNT.

Tabla N°20.

Cantidades de plomo disuelto en las muestras del agua después de ser tratado.

MUESTRAS	CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS (MG/L)
M1	Plomo	0.034
M2	Plomo	0.030
M3	Plomo	0.026
M4	plomo	0.022

Fuente: Muestras de agua con contenido de plomo (mg/L) realizado en el laboratorio LASACI UNT.



Grafico N° 3 Contenido de las muestras con plomo disuelto en agua (mg/L)

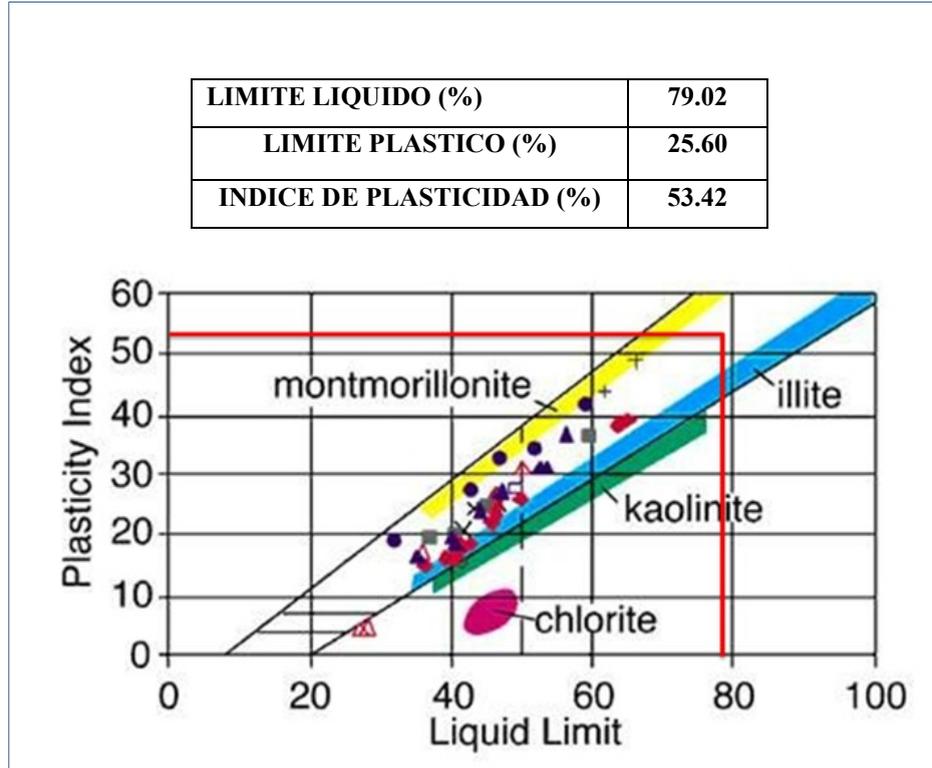
Fuente: elaboración propia

ANALISIS Y DISCUSION

LIMITES DE ATTERBERG

Tabla N° 21.

Clasificación de del tipo de arcilla



Fuente: el tipo de arcilla fue realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

Interpretación: el resultados del límites de Atterberg permitió determinar el tipo de arcilla y el índice de plasticidad como también la cantidad de agua que se utilizó para las mezclas del compuesto arcilla y hojas de nogal para la elaboración de esferas de 5mm de diámetro.

ANALISIS TERMO GRAVIMETRICO

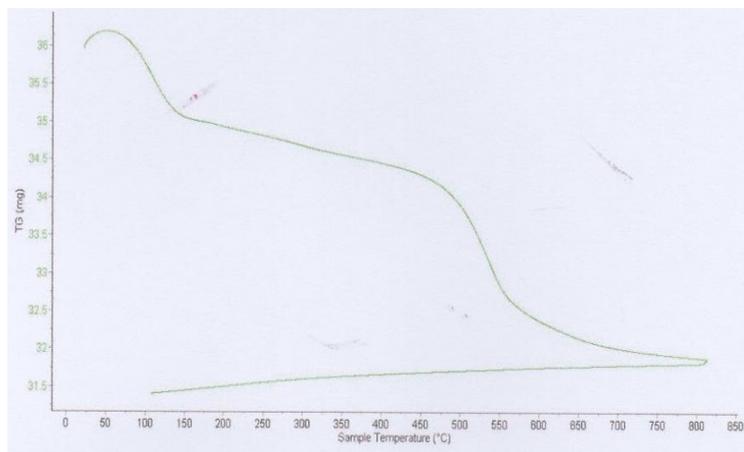


Figura 11: Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

Fuente: laboratorio de polímeros de la UNT.

Interpretación: Según el análisis termo gravimétrico se percibe una pérdida muy significativa de más la primera desde 80 hasta 120°C y la segunda de 460 hasta 550°C y posteriormente se percibe pérdidas lentas y progresivas de masa. En todo el rango de temperatura analizado pierde un aproximado del 12% de su masa inicial.

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

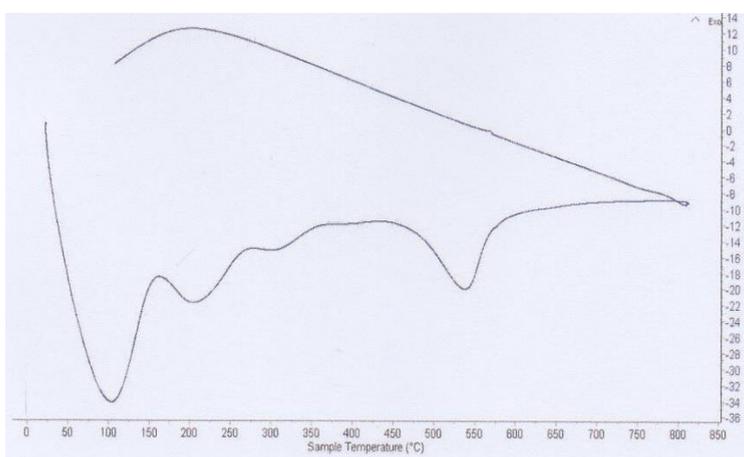


Figura N°: 12 curva calorimétrica - DSC realizado en el laboratorio de polímero de la Universidad Nacional de Trujillo.

Fuente: laboratorio de polímeros de la UNT.

Interpretación: De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 120°C, y una pequeña región endotérmica entre 100° y 200° C. Posteriormente se muestra una ligera región de absorción endotérmica en aproximadamente 500° y 600° C lo que podría resultar en un cambio de fase.

De acuerdo a estos análisis nos indica que la temperatura adecuada a la que se debe calcinar la arcilla de pumac es entre 500 a 600°c.

INFORME DEL ENSAYO DEL AGUA

Tabla N° 22.

Cantidades de plomo promedio disuelto en el agua en las 4 primeras muestras antes de ser tratada.

Fecha	Muestras	Características	parámetros	resultados (mg/l)
06-11-17	M1	Plomo	OMS	0.050
Hora	M2	Plomo	0.01	0.046
13:00	M3	Plomo	ANA	0.042
(MP %)	M4	Plomo	0.056	0.038

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: Según el cuadro de resultados de la muestra de agua tomada del río san Lucas de las 04 primeras muestras realizado en el laboratorio LASACI de la universidad nacional de Trujillo dio como resultado que el agua tiene un contenido de plomo que está por encima de los límites permisibles de la OMS que es 0.01gm/l lo que significa que esta agua no es apta para consumo.

Tabla N° 23.

Cantidad de plomo primera muestra experimental (M1)

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	parámetros	identificación de la muestra
fecha	muestra (1)	OMS	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	0.01	lugar de muestreo
Dosificación	200 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	ANA	tipo
Hora 13:00	0.034	0.056	agua superficial

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: según el cuadro de resultados del primer experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT dio como resultado que las esferas de 5mm de diámetro echas de arcilla A: 2 Y hojas de nogal HN: 1 que se agregó a las 400 esferas como muestra, agua contaminada del rio san Lucas para su respectiva remoción, los resultados fueron óptimos ya que se logró remover el plomo a una cantidad de 0.034.

Tabla N° 24.

Cantidad de plomo segunda muestra experimental (M2)

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	parámetros	identificación de la muestra
fecha	muestra (2)	OMS	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	0.01	lugar de muestreo
Dosificación	400 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	ANA	tipo
Hora 13:00	0.030	0.056	agua superficial

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: según el cuadro de resultados del segundo experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT indica que las esferas de 5mm de diámetro echas de arcilla A: 2 y hojas de nogal HN: 1 que se agregó a las 400 esferas como muestra, agua contaminada del rio san Lucas para su respectiva remoción, los resultados fueron óptimos ya que se logró remover el plomo a una cantidad de 0.030 m/l de la muestra del agua superficial.

Tabla N° 25.

Cantidad de plomo tercera muestra experimental (M3)

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	parámetros	identificación de la muestra
fecha	muestra (3)	OMS	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	0.01	lugar de muestreo
Dosificación	600 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	ANA	tipo
Hora 13:00	0.026	0.056	agua superficial

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: según el cuadro de resultados del tercer experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT define que las esferas de 5mm de diámetro echas de arcilla A: 2 y hojas de nogal HN: 1 que se agregó a las 600 esferas como muestra, agua contaminada del rio san Lucas para su respectiva remoción, los resultados fueron óptimos ya que se logró remover el plomo a una cantidad de 0.026 mg/l.

Tabla N° 26.

Cantidad de plomo cuarta muestra experimental (M4)

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	parámetros	identificación de la muestra
fecha	muestra (4)	OMS	determinación de plomo
06-11-17	mg/l	0.01	lugar de muestreo
Dosificación	800 esferas	(A2 / HN1)	agua del rio san Lucas
hora	resultado	ANA	tipo
Hora 13:00	0.022	0.056	agua superficial

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: según el cuadro de resultados del cuarto experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT en la última muestra experimentada arcilla A: 2 y hojas de nogal HN: 1 da como resultado final de la última muestra comprobando que las esferas de 5 ml de diámetro si son efectivas para remover elementos químicos del agua superficial, dando como resultado un 0.022 mg/L (pb)

Comparación de resultados

Cantidad de plomo disuelto en el agua por cada una de las muestras antes y después de su tratamiento

Tabla N° 27.

Cantidad de plomo de la muestra (ml) sin tratar con respecto a la muestra (ml) tratada

muestras	periodo de tratamiento (días)	resultados (pb mg/l)
M1 (sin tratar)	01 días	0.050
M1 (tratada)	01 días	0.034
200 esferas	Cantidad removido (%)	32% (Pb mg/l)

Fuente: elaboración propia remoción del plomo en el Agua (mg/L)

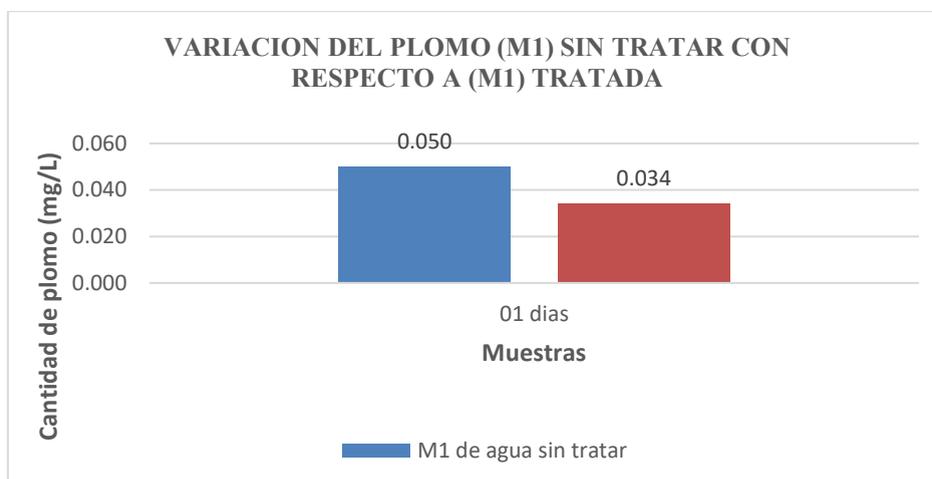


Gráfico N° 04 comparación de las muestras del agua

Fuente: elaboración propia

Interpretación: según el cuadro de resultados de las muestras experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT antes y después de su tratamiento nos indica que la remoción de plomo en la primera muestra antes de su tratamiento es alta, de tal manera se utilizó 200 esferas en la primera muestra analizada en el biofiltro por lo cual tenemos un resultado de 32 % mg/l de plomo absorbido por las esferas en el agua superficial del río san Lucas –Cajamarca.

Tabla N° 28.

Cantidad de plomo de la muestra (m2) sin tratar con respecto a la muestra (m2) tratada

muestras	periodo de tratamiento(días)	resultados (pb mg/l)
M2 (sin tratar)	03 días	0.046
M2 (tratada)	03 días	0.030
400 esferas	Cantidad removido (%)	35 % (Pb mg/l)

Fuente: elaboración propia Remoción del plomo en el Agua (mg/L)

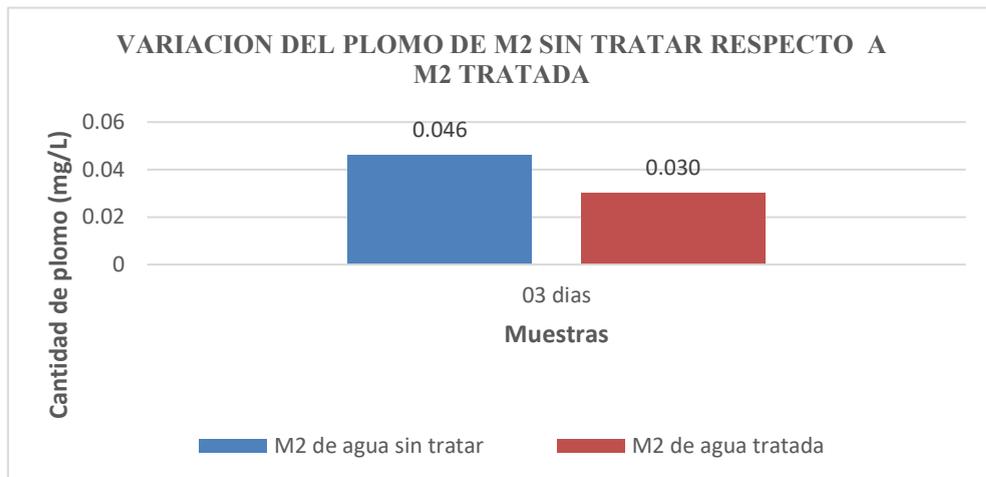


Grafico N° 05 comparación de las muestras del agua con diferencia de días
Fuente: elaboración propia

Interpretación: según los resultados de las muestras experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT antes y después de su tratamiento nos indica que la remoción de plomo en la segunda muestra antes de su tratamiento es alta, de tal manera se utilizó 400 esferas para la segunda muestra analiza en el biofiltro por lo cual tenemos un resultado de 35 % mg/l de plomo absorbido por las esferas en el agua superficial del rio san Lucas -Cajamarca.

Tabla N° 29.

Cantidad de plomo de la muestra (M3) sin tratar con respecto a la muestra (M3) tratada

muestras	periodo de tratamiento (días)	resultados (pb mg/l)
m3 (sin tratar)	05 días	0.042
m3 (tratada)	05 días	0.026
600 esferas	Cantidad removido (%)	38 %(pb mg/l)

Fuente: elaboración propia Remoción del plomo en el Agua (mg/L)

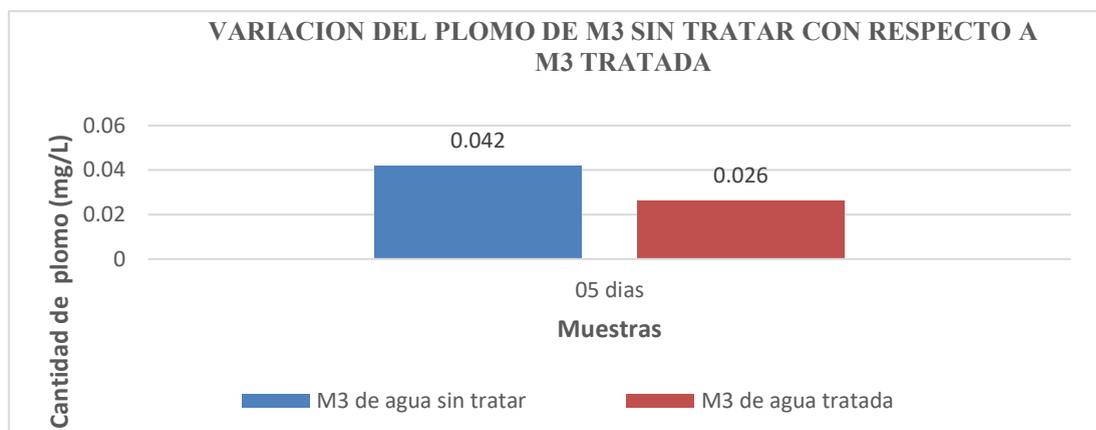


Grafico N° 06 comparación de las muestras
Fuente: elaboración propia

Interpretación: según los resultados de las muestras experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT antes y después de su tratamiento nos indica que la remoción de plomo en la tercera muestra antes de su tratamiento es alta, de tal manera se utilizó 600 esferas para la tercera muestra analiza en el biofiltro por lo cual tenemos un resultado de 38 % mg/l de plomo absorbido por las esferas en el agua superficial del rio san Lucas -Cajamarca.

Tabla N° 30.

Cantidad de plomo de la muestra (M4) sin tratar con respecto a la muestra (M4) tratada

muestras	periodo de tratamiento (días)	resultados (pb mg/l)
m4 (sin tratar)	07 días	0.038
m4 (tratada)	07 días	0.022
800 esferas	Cantidad removido (%)	43 %(pb mg/l)

Fuente: elaboración propia Remoción del plomo en el Agua (mg/L)

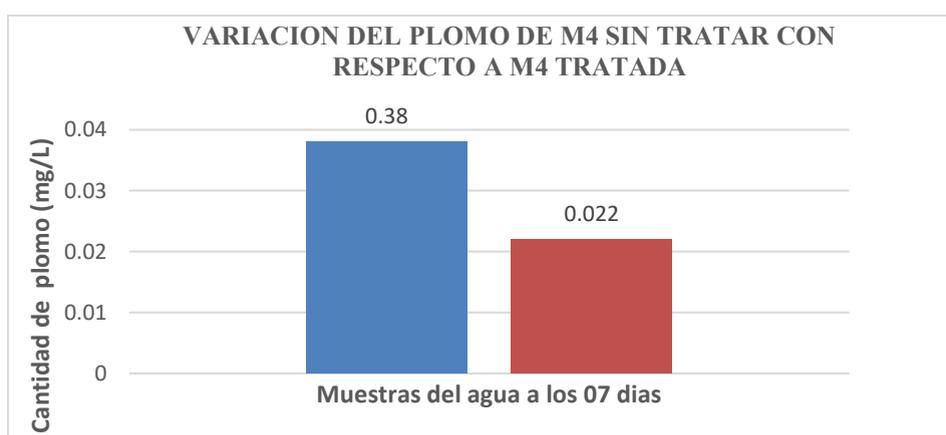


Grafico N° 07 comparación de las muestras

Fuente: elaboración propia

Interpretación: según los resultados de las muestras experimento realizado en el laboratorio LASACI DE LA UNT antes y después de su tratamiento nos indica que la remoción de plomo en la cuarta muestra antes de su tratamiento es alta, de tal manera se utilizó 800 esferas para la cuarta muestra analiza en el biofiltro por lo cual tenemos un resultado de 43 % mg/l de plomo absorbido por las esferas en el agua superficial del rio san Lucas -Cajamarca.

Comparación de muestras analizadas

Plomo disuelto en el agua superficial del rio san Lucas – Cajamarca de las muestras antes y después del tratamiento en el biofiltro.

Tabla: N° 31.

Cantidad de plomo disuelto en las muestras del agua antes y después su tratamiento.

MUESTRAS	RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO	RESULTADOS DESPUES DEL TRATAMIENTO
M1 (DOS. A:2, HN:1), 200		
ESFERAS	0.050	0.034
M2 (DOS. A:2, HN:1), 400		
ESFERAS	0.046	0.030
M3 (DOS. A:2, HN:1), 600		
ESFERAS	0.042	0.026
M4 (DOS. A:2, HN:1), 800		
ESFERAS	0.038	0.022

Fuente: laboratorio de LASACI UNT

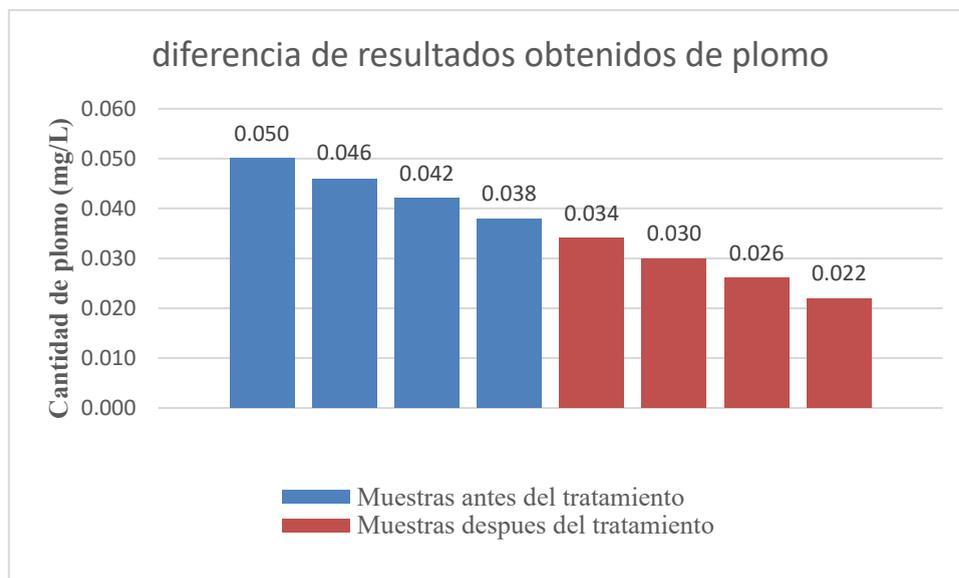


Grafico n° 08 comparación de las 04 muestras antes de su tratamiento y después de ser tratadas por el biofiltro propuesto.

Fuente: Laboratorio LASACI UNT. Para la determinación cuantitativa de plomo en el agua.

Interpretación: De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica para determinación cuantitativa de plomo en el agua, podemos observar que en el Grupo Control agua antes del su tratamiento presentan alta concentración de plomo Así mismo en el Grupo Experimental del agua después del su tratamiento podemos observar la reducción de plomo según las muestras.

Tabla N° 32.

Cantidad de plomo disuelto en las muestras de agua antes del tratamiento en relación al límite máximo admisible por la organización mundial de la salud.

muestras antes del tratamiento	resultados (pb) mg/l
M1	0.050
M2	0.046
M3	0.042
M4	0.038
OMS	0.010

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

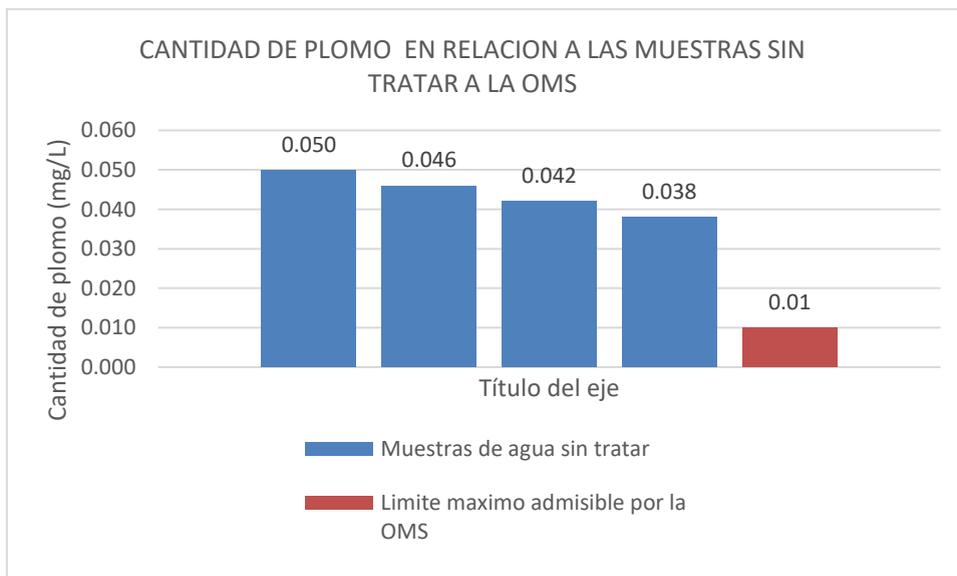


Grafico N°: 09 comparación de las 09 muestras antes de su tratamiento con respecto al límite máximo permisible OMS

Fuente: laboratorio LASACI UNT.

Interpretación: De los resultados obtenidos la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica para determinación cuantitativa de plomo antes de su tratamiento del agua, podemos observar que en el Grupo Control agua analizada presenta alta concentración de plomo superando los límites permisibles de la OSM.

Tabla N° 33.

Cantidad de plomo disuelto en las muestras de agua después del tratamiento en relación al límite máximo admisible por la organización mundial de la salud.

muestras después del tratamiento	resultados (pb) mg/l
M1	0.034
M2	0.030
M3	0.026
M4	0.022
OMS	0.010

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la OMS.

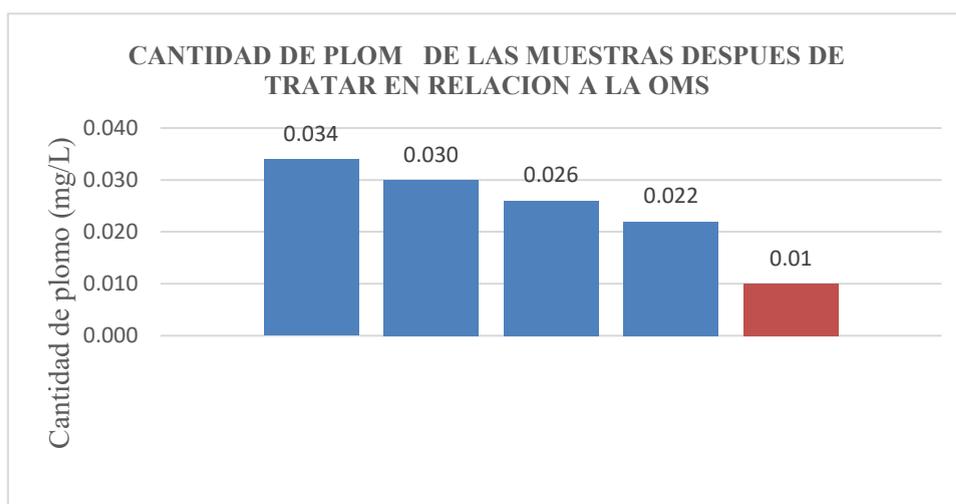


Gráfico N°: 10 comparación de las 04 muestras después de su tratamiento con respecto al límite máximo permisible OMS

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la OMS.

Interpretación: De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica para determinación cuantitativa de plomo después de su tratamiento del agua, podemos observar que en el Grupo Control agua analizada presentan alta concentración de plomo superando los límites permisibles del OSM

Tabla N° 34.

Cantidad de plomo disuelto en las muestras de agua Antes de su tratamiento en relación a los resultados de la autoridad nacional del agua.

muestras antes del tratamiento	resultados mg pb/l
M1	0.050
M2	0.046
M3	0.042
M4	0.038
ANA	0.056

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la ANA.

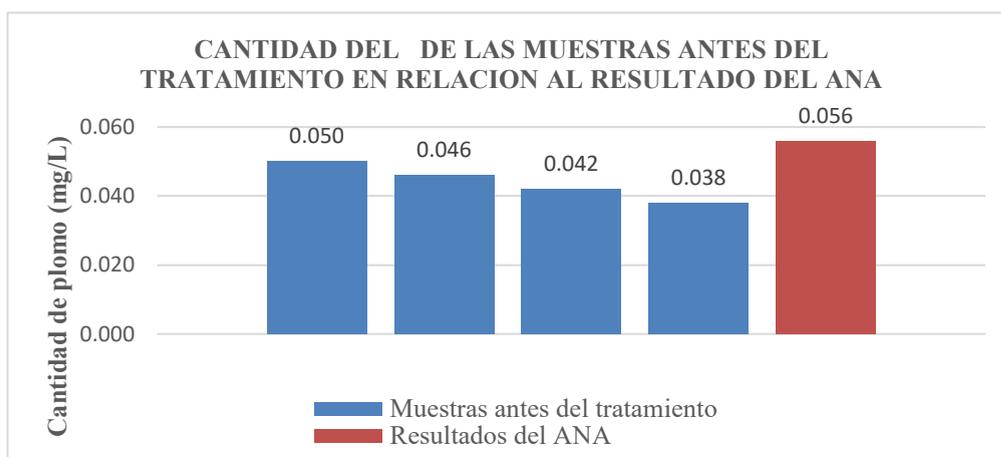


Gráfico N° 11. Comparación de las 04 muestras antes de su tratamiento con respecto al límite máximo permisible ANA.

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la ANA.

Interpretación: De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica para determinación cuantitativa del plomo en el agua, podemos observar que en el Grupo Control agua antes de su tratamiento tiene una mínima diferencia al resultado obtenido según el ANA ya que se obtuvieron las muestras en época de esquiaje y en un bajo caudal del agua.

Tabla N° 35.

Cantidad de plomo disuelto en las muestras de agua después del tratamiento en relación a los resultados de la autoridad nacional del agua.

muestras despues del tratamiento	resultados mg pb/l
M1	0.034
M2	0.030
M3	0.026
M4	0.022
ANA	0.056

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la ANA.

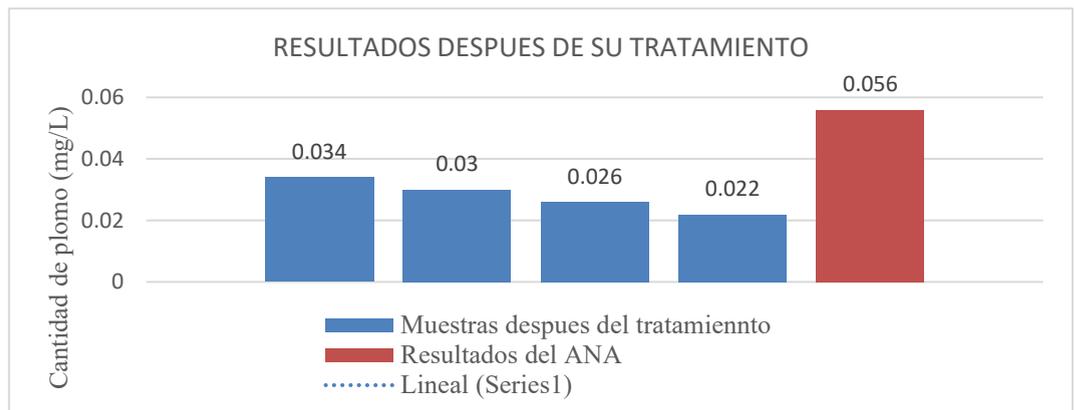


Grafico N°: 12 comparación de las 04 muestras después de su tratamiento con respecto al límite máximo permisible ANA.

Fuente: elaboración propia comparación de resultados según la ANA.

Interpretación: De los resultados obtenidos en la Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica para determinación cuantitativa de plomo en el agua, podemos observar que en el Grupo Control agua después de su tratamiento presenta baja concentración de plomo al respecto de la muestra obtenido del ANA.

CONCLUSIONES.

Del análisis de fluorescencia de Rayos X realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos se determinó que la arcilla activada térmicamente es de tipo Montmorillonite limpia con 91% arcilla y es altamente pura y del análisis Termogravimétrico realizado en la Universidad Nacional de Trujillo, se determinó que la activación térmica del compuesto se realizó a través de una temperatura de calcinación de 550°C por 40 minutos, bajo un exhaustivo control del tiempo y las hojas de nogal activada mecánicamente nos dio un buen resultado con elementos químicos saludables entre aluminio y silicio.

Se comprobó que las muestras del agua superficial tomada del río San Lucas antes del tratamiento, si contenía plomo disuelto en el agua en una cantidad aproximada de 0.044 pb mg/l, debido al análisis de las 04 muestras superando los límites máximos permisibles dados por la OSM y el ANA según su último sondeo del (ANA) análisis del agua del río San Lucas, en marzo del 2016 obtuvieron un resultado de 0.056 (pb) mg/l.

Del análisis realizado de las cuatro muestras de agua grupo experimental en el departamento de ciencias químicas, laboratorio LASACI de la UNT denominados como (M1, M2, M3 Y M4, después del tratamiento), se determinó que el compuesto de arcilla, y hojas de nogal con una dosificación A:2 y HN:1 moldeado en esferas de 5 mm de diámetro fue el más efectivo en remover el plomo de las 04 muestras analizadas, ya que se logró disminuir a una cantidad considerable de un 32%M1; un 35% M2; un 38%M3 Y un 47%M4.

Se comprobó que al cambiar y agregar una cierta cantidad de esferas para cada muestra la remoción del plomo disuelto en el agua superficial es más eficiente dando como resultado un porcentaje superior a la primera muestra.

RECOMENDACIONES.

Calcinar el compuesto de arcilla y hojas de nogal a una temperatura de cocción de 550°C, para garantizar que el compuesto removedor de plomo sea uniforme y sólido al entrar en contacto con el agua superficial.

Tomar al menos cuatro muestras de agua que sirva como patrón y que contenga plomo disuelto en el agua superficial y que se encuentre por encima de los límites máximos permisibles dados por el ANA y el ECA, a fin de que se pueda emplearse el compuesto removedor.

Utilizar un compuesto de arcilla y hojas de nogal (polvo) con una dosificación A: 2 y HN: 1, mezclarlo y agitarlo agregando agua destilada posteriormente convertirlo a esferas de 5 mm de diámetro, el cual garantiza una efectividad de remoción de plomo disuelto en el agua superficial.

Utilizar un biofiltro completo de arcilla y hojas de nogal para purificar el agua superficial como el agua del río San Lucas – Cajamarca a fin de determinar el grado de contaminación y obtener con certeza la remoción de estos agentes contaminantes utilizando este compuesto, (arcilla y hojas de nogal), debido a que su elaboración es cómoda y accesible para el tratamiento de aguas contaminadas.

AGRADECIMIENTO

Quiero dirigirme de una manera muy especial y afectuosa a todos mis seres queridos quienes nunca perdieron la confianza y la fe en mi persona para lograr mis metas y objetivos trazados.

A mi madre:

María Celestina Chávez Arce quien fue y será mi mayor apoyo y fuerza para seguir siendo una mejor persona y lograr alcanzar todas mis metas.

A mi Padre:

Enrique Sánchez Chávez quien es mi ejemplo a seguir, le agradezco que él se haya convertido en mi mejor amigo y guiador por el buen camino por lo cual le tengo gran admiración y respeto.

A mis Hermanos:

Elmo Sánchez Chávez, Nelida Sánchez Chávez, Lidia melva Sánchez Chávez. Y a mi esposa Johana Vigo arrollo.

Los cuales siempre estuvieron pendientes de mi bienestar y siempre inculcándome valores y dándome el apoyo incondicional en cualquier momento en que los necesitaba.

A mi Alma Mater:

Universidad San Pedro por haberme acogido en sus aulas, a los docentes por el apoyo académico brindado.

A mi asesor:

Ing. Solar Jara Miguel por la orientación brindada durante la realización de mi proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Borano T., Boonchai W., Chatpet Y. (2015) “La modificación de arcillas naturales comunes como adsorbentes de bajo costo para la adsorción de plomo”. Revista Internacional de Ciencias del Medio Ambiente y Desarrollo

Cruz Ruiz Araceli,(2014) “Clasificación de las arcillas en base a su estabilidad” Instituto Tecnológico de Tijuana

Emilia García, (2012) “Las Arcillas: Propiedades y Usos” Universidad Complutense (Madrid).

Flanagan, SV, Johnston Y RB y Zheng (2012). tubo plomo en el tubo de agua de pozo en Bangladesh: en la salud e impactos económicos y las implicaciones para la mitigación de plomo. Organización Mundial de Salud

[http://www.plantasparacurar.com/categoria/plantas-medicinales/002-plantas-medicinales-por-nombre-cientifico/juglans-\(2010\)](http://www.plantasparacurar.com/categoria/plantas-medicinales/002-plantas-medicinales-por-nombre-cientifico/juglans-(2010)) . Estudio de las plantas naturales y medicinales como el nogal.

Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, (2009). Mecanismos depurativos típicos en tratamientos de Fito depuración. Recuperado el 25/08/2016.

María S., Salvador B. (2010) “Utilización de adsorbentes para la eliminación de contaminantes en aguas y efluentes líquidos”. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Perú.

Salvador, C.A (2009) “La aplicación de adsorbentes de bajo costo para la eliminación de plomo”. Departamento de Ingeniería Química- Diario Oficial.

Víctor E.M (2014)“Adaptación de la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del río San Lucas ante la incidencia del Cambio Climático” de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente (RENAMA)

ANEXOS

ANEXO I

PANEL FOTOGRAFICO Y PROCEDIMIENTO

Extracción de la arcilla.

Datos de la Zona:

- **Ubicación** : Tambo
- **Distrito** : Llacanora
- **Provincia** : Cajamarca
- **Departamento** :Cajamarca
- **Coordenadas** E: 781142, N: 9213340
- **Elevación** : 2.800 m.s.n.m.



Mapa 3: Ubicación de la Zona en donde se realizara la calicata para extraer arcilla

Fuente: Google Eart 2017



Foto N° 1: localización de la zona de la materia prima.



Foto N° 2: extracción de la muestra coordenadas E: 781142, N: 9213340

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG

La arcilla extraída del caserío el tambo, fue llevada al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y se determinó:

- Límite Líquido.
- Límite Plástico.
- Índice de Plasticidad.

Los resultados de los Límites de Atterberg aparecen en el anexo II.

Lavado y sedimentación de arcilla

- La arcilla fue limpiada en seco.
- La arcilla fue lavada con agua potable y pasada por la malla 200 de propiedad da la UNC.
- Todo el material lavado fue recogido en un balde plástico hasta completar 20 litros.
- Se dejó sedimentar por espacio de 24 horas, tapado casi en su totalidad para que el aire pueda ingresar libremente.
- Se retiró el agua a otro balde plástico con evitando el contacto directo con la arcilla sedimentada.



Foto N° 3: arcilla limpiada seca



Foto N° 4: agitación de la arcilla para limpiar las impurezas



Foto N° 5: arcilla lavada y puesta en reposo



Foto N° 6: Retirando el agua cuidadosamente.

Secado de la arcilla

La arcilla sedimentada fue vertida en una fuente de aluminio y en vasos de vidrio para colocarlo al horno por el espacio de 24 horas a una temperatura de 180°C.



Foto N° 7: colocación de la arcilla al horno



Foto N°8: arcilla sacado del horno

Pulverización de arcilla

Luego de que la arcilla se sacó del horno, se pulverizó con ayuda de una piedra y se guardó herméticamente en baldes plastificados.



Foto N° 9: pulverización de la arcilla



Foto N° 10: tamizado de la arcilla en la malla N° 200

Realización del límite líquido y plástico



Foto N° 11: realizando el límite líquido



Foto N° 12: peso de las taras



Foto N° 13: peso de la muestra húmeda



Foto N° 14: peso de los palitos para el límite plástico



Foto N° 15: colocación de las muestras al horno



Foto N° 16: muestras sacadas del horno

Extracción de las hojas de nogal:

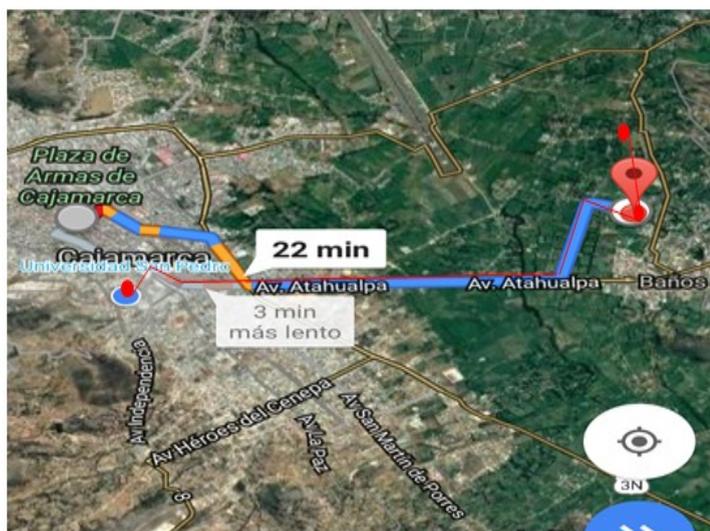
Datos de la Zona:

- **Ubicación** : Tartar chico
- **Distrito** : baños del inka
- **Provincia** : Cajamarca
- **Departamento** :Cajamarca
- **Coordenadas:** E: 981046; N: 84241226.
- **Elevación** : 3.200 m.s.n.m.

Lavado y secado de las hojas de nogal

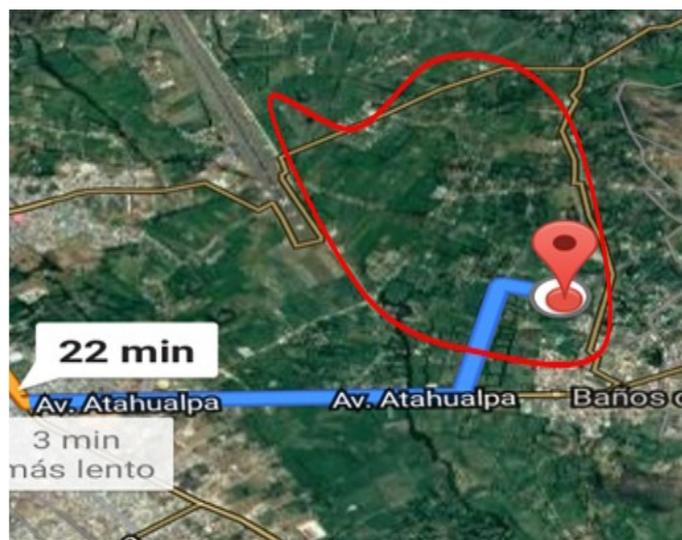
- Las hojas de nogal fue recolectado en dos sacos limpios.
- Las hojas de nogal fue lavada con agua potable y sumergidas en agua durante 24 horas.

- Todo el material lavado fue recogido en una manta para su respectivo secado durante 15 días
- Las hojas de nogal fue triturado con una piedra bien limpia y tamizada en la malla 200.
- Se adquirió un árbol en su máximo esplendor alcanzando una altura de 20 metros en el caserío Tartar chico en el distrito de Baños del Inca – Cajamarca.
- Ph de la combinación de arcilla y hojas de nogal en la UNC.



MAPA N° 04: La zona elegida fue el caserío de Tartar chico a 22 minutos de Cajamarca

Fuente: Google Eart 2017



Mapa 5: Ubicación de la Zona en donde se realizó la extracción de las hojas de nogal coordenadas E: 981046; N: 84241226.

Fuente: Google Eart 2017



FOTO N° 17: hojas de nogal a una altura de 20 metros en su máximo esplendor

- Las hojas de nogal son juntadas en dos sacos con peso aproximado de 15 kilogramos.



FOTO N° 18: recolección de las hojas de nogal

- Las hojas de nogal son lavadas con agua para eliminar todo tipo de impurezas presentes en ellas durante la recolección y posteriormente dejado en agua para eliminar el yodo.



FOTO N° 19: lavado de las hojas de nogal



FOTO N° 20: hojas de nogal sumergidas en agua para eliminar el yodo



FOTO N° 21: proceso de secado de las hojas de nogal después de ser lavada en un lugar fresco y con entrada del sol



FOTO N° 22: las hojas de nogal resacas listas para su trituración después de 15 días calendarios



FOTO N° 23: trituración de las hojas e nogal



FOTO N° 24: tamizado de las hojas de nogal

Elaboración de las esferas de 5 mm de diámetro.

Materiales:

- Arcilla pulverizada y tamizada en la malla N° 200.
- Hojas de nogal pulverizada y tamizado en la malla N°200
- Agua destilada.
- Plato de porcelana.

Herramientas manuales:

- Lamina de vidrio
- Prensa papas.
- Paleta de madera
- Jerin

Dosificación: A: 2, H: 1

- Se pesó 20.00 gr de arcilla Y 10.00 (A:2, HN:1) gr hojas de nogal se combinaron estos materiales hasta obtener una mezcla homogénea luego se agregó agua destilada en relación al índice de plasticidad de la arcilla.
- Colocar la masa obtenida en una lámina de vidrio y deslizar con un rodillo para así incorporar el agua en toda la masa.
- Se moldeó en pequeñas masas en forma manual hasta obtener las esferas biofiltrantes con un diámetro de 5 mm.
- Dejar secar las esferas a temperatura ambiente por el tiempo de 24 horas.
- Las esferas se calcinó a una temperatura de 550°C durante un tiempo 40 minutos.
- Una vez calcinado se sacó del horno y colocarlo en una mufla para su enfriamiento y posterior aplicación en el tratamiento de agua.
- Las esferas biofiltrantes se elaboró en una sola dosificación (A: 2, HN:1).
- Se elaboraron en total 2000 esferas biofiltrantes.
- Para cada tratamiento del agua se aumentó la cantidad de esferas biofiltrantes



Foto N° 25: peso de la arcilla



Foto N° 26: peso de las hojas de nogal



FOTO N° 27: ph de la combinación de la arcilla y las hojas de nogal con una cantidad limitada de agua destilada.



Foto N° 28: cantidad de agua destilada para agregar a las muestras



Foto N°29: Moldeando la mezcla en forma manual.



Foto N° 30: obtención de esferas de 5mm en sus diferentes dosificaciones.



Foto N° 31: peso de las esferas de arcilla de 5mm antes de calcinarlo.



Foto N° 32: colocación de esferas al horno (gr)

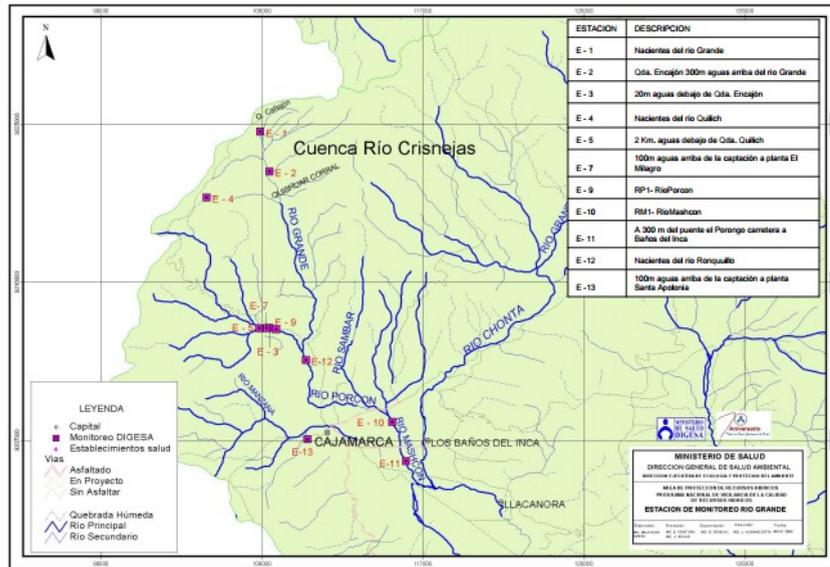


Foto N° 33: temperatura de calcinación (550°C x 40min)



Foto N° 34: esferas calcinadas

ANEXO II
UBICACIÓN DEL RIO SAN LUCAS –
CAJAMARCA.



Mapa N° 06 cuenca del rio san Lucas – Cajamarca

Fuente: EQUIPO TÉCNICO PDU 2016-2026.



Mapa: N° 7 estudio del rio san Lucas

Fuente: EQUIPO TÉCNICO PDU 2016-2026.

SELECCIÓN DE LA ZONA PARA EXTRAER LAS MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL

DATOS DE LA ZONA:

- **Ubicación** : Rio san Lucas
- **Provincia** : Cajamarca
- **Departamento** : Cajamarca
- **Elevación** : 2750 m s. n. m.



Foto N° 35: ubicación de la zona en donde se muestrea el agua.

- Las muestras de agua fueron extraídas del rio san Lucas – Cajamarca.
- Se almacenaron en cuatro botellas PVC de 1 litros c/u. para su posterior análisis.
- Las 04 muestras de agua fueron extraidas del rio san Lucas de diferentes puntos.



FOTO N° 36: extracción de la primera muestra (M1), coordenadas E: 981056, N: 6212484



Foto N° 37: extracción de la segunda muestra (M2), coordenadas E: 287586, N: 6212484



Foto N° 38: extracción de la tercera muestra (M3), coordenadas E: 159086, N: 9213484



Foto N° 39 extracción de la cuarta muestra (M4), coordenadas E: 61486, N: 5212464



Foto N° 40: muestras del agua extraída del rio san Lucas.

Biofiltro prototipo para remover el plomo del agua

Biofiltro donde se ha tratado la 4 muestras de agua del rio san Lucas.



Foto N° 41: biofiltro prototipo en donde se realizó el experimento del agua.

Las muestras de agua extraídas fueron colocadas en un balde plastificado para cada muestra.

- Las 4 muestras de agua tratada fueron tomada en distintos días: a los 01 días, a los 03 días, a los 05 días, y a los 07 días.
- Se almacenaron en cuatro botellas PVC de 1 litros c/u. para su posterior análisis
- La cantidad de esferas biofiltrantes aumentaran en cada tratamiento:
1° tratamiento 200 esferas
2° tratamiento 400 esferas
3° tratamiento 600 esferas
4° tratamiento 800 esferas
- Se trataron 12 litros de agua por cada muestra haciendo un total de 48 litros.
- El tratamiento duro 15 minutos por cada muestra haciendo un total de 1 hora en las 04.
- Las muestras analizadas se recogieron en envases plastificados para su analisis correspondiente en el laboratorio de LASACI de la UNT.



Foto N° 42: toma de la primera muestra (M1) a los 01 días.



Foto N° 43: toma de la segunda muestra (M2) a los 03 días.



Foto N° 44: toma de la tercera muestra (M3) a los 05 días



Foto N° 45: toma de la cuarta muestra (M4) a los 07 días.

