

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Remoción de plomo (Pb) de las aguas del rio Chonta  
utilizando biofiltro de arcilla y Cáscara de naranja-  
Cajamarca Perú.**

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

**Autor**

Cerdán Muñoz José Serapio

**Asesor**

Ing. Castañeda Gamboa Rogelio

Chimbote – Perú

2019

## **PALABRAS CLAVE**

<b>TEMA</b>	Remoción de Plomo
<b>ESPECIALIDAD</b>	Hidráulica

## **KEYWORDS**

<b>Topic</b>	Lead Removal
<b>Especialitation</b>	Hydraulics

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

<b>PROGRAMA</b>	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Hidráulica
<b>OCDE</b>	Ingeniería y tecnología Ingeniería Civil Ingeniería de la construcción
<b>Campo de Investigación</b>	Fuentes, y tratamiento de recursos hídricos Gestión de los recursos hídricos.

## **TITULO**

**Remoción de plomo (Pb) de las aguas del rio Chonta utilizando biofiltro de arcilla y de Cáscara de naranja- Cajamarca Perú.**

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal verificar si el biofiltro compuesto de arcilla y Cáscara de Naranja, es efectivo para remover el plomo (Pb) de las aguas del río Chonta Cajamarca. Siendo una investigación aplicada y explicativa, de diseño experimental, en donde se tomó 3 muestras de agua del río Chonta y posterior se analizó un antes y después de haber utilizado el biofiltro propuesto, se obtuvo las muestras de agua con pH 6.83; Durante la investigación se activó térmica la arcilla y Cáscara de naranja, transformándose en material absorbente para remover el plomo (Pb) en el agua, porque la arcilla es un material con alto porcentaje de ligamento (77.05%) y la cascara de naranja es un material orgánico absorbente (7.5%), lo cual se estudió mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x; Y los resultados se dieron mediante análisis realizado a las muestras de agua en el departamento de química del laboratorio Regional del Agua, determinando que el compuesto de arcilla, y Cáscara de Naranja con una dosificación A: 2 y CN: 1, moldeado en esferas de 5 mm de diámetro, fue el más efectivo en remover el plomo, logrando disminuir a una cantidad considerable de un **47.6%**.

## **ABSTRACT**

The main objective of the research was to verify if the biofilter composed of clay and orange peel is effective to remove lead (Pb) from the waters of the Chonta - Cajamarca river. Being an applied and explanatory investigation, of experimental design, where 3 water samples were taken from the Chonta river and later, a before and after having used the proposed biofilter was analyzed, water samples were obtained with pH 6.83; During the investigation, the clay and orange peel were thermally activated, transforming into an absorbent material to remove lead (Pb) in the water, because clay is a material with a high percentage of ligament (77.05%) and the orange peel is a Absorbent organic material (7.5%), which was studied by the X-ray fluorescence assay; And the results were given by analysis carried out on the water samples in the chemistry department of the Regional Water Laboratory, determining that the clay compound, and cáscara de Naranja with a dosage A: 2 and CN: 1, molded in spheres of 5 mm in diameter, was the most effective in removing the lead, managing to decrease to a considerable amount of 47.6%.

## INDICE DE GENERAL

PALABRAS CLAVES .....	i
TITULO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCION.....	1
METODOLOGÍA.....	17
RESULTADOS.....	22
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
AGRADECIMIENTOS.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
APENDICE Y ANEXOS.....	49

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Normas legales de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	Pg.5
<b>Tabla 2.</b> Mecanismos depurativos en tratamientos de agua (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2009). .....	Pg.6
<b>Tabla 3.</b> Variable dependiente. ....	Pg.15
<b>Tabla 4.</b> Variable independiente. ....	Pg.15
<b>Tabla 5.</b> Técnicas de Recolección de Información.....	Pg.18
<b>Tabla 6.</b> Ensayos para encontrar el Límites de plasticidad de la arcilla.....	Pg. 24
<b>Tabla 7.</b> Composición de óxidos de la muestra de arcilla analizada.....	Pg. 26
<b>Tabla 8.</b> Composición de óxidos de la muestra de la cáscara de Naranja analizada .....	Pg.27
<b>Tabla 9:</b> Resultados de pH de la Arcilla .....	Pg. 28
<b>Tabla 10.</b> Resultados de pH de la cáscara de Naranja. ....	Pg. 28
<b>Tabla 11.</b> Resultados de combinación pH de la cáscara de Naranja y arcilla. ....	Pg. 28
<b>Tabla 12.</b> Cantidad de plomo de la muestra (m1) sin tratar con respecto a la muestra (m1) tratada.....	Pg. 31
<b>Tabla 13.</b> Cantidad de plomo de la muestra (m2) sin tratar con respecto a la muestra (m2) tratada.....	Pg.31
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de plomo de la muestra (m3) sin tratar con respecto a la muestra (m3) tratada. ....	Pg. 32

<b>Tabla 15.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Primera muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M1). .....	Pg.33
<b>Tabla 16.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Segunda muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2).....	Pg. 33
<b>Tabla 17.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la tercera muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M3).....	Pg. 33
<b>Tabla 18.</b> Resultados de las muestras analizadas antes de su tratamiento.....	Pg. 34
<b>Tabla 19.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Primera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M1). .....	Pg. 35
<b>Tabla 20.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la segunda muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2). .....	Pg. 35
<b>Tabla 21.</b> Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la tercera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M3). .....	Pg. 36
<b>Tabla 22.</b> Cantidades de plomo disuelto en las muestras del agua después de ser tratado. ....	Pg. 36
<b>Tabla 23.</b> Cantidad de plomo disuelto en las muestras del agua antes y después su tratamiento.....	Pg. 37



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.</b> Evaluación de riesgos del Rio Chonta 2007.....	Pg. 6
<b>Figura 2.</b> Mapa de la cuenca del rio Chonta.....	Pg. 7
<b>Figura 3.</b> Rio chonta-baños del Inca.....	Pg. 7
<b>Figura 4.</b> Elementos químicos disueltos en el agua del rio Chonta Cajamarca. .	Pg. 9
<b>Figura 5.</b> Gráfico de plasticidad.....	Pg. 12
<b>Figura 6.</b> Curva de pérdida de masa para la arcilla. ....	Pg. 22
<b>Figura 7.</b> Curva Calorimétrica de la arcilla – Análisis Termo Gravimétrico...	Pg. 22
<b>Figura 8.</b> Curva de pérdida de masa para la cáscara de naranja. ....	Pg. 23
<b>Figura 9.</b> Curva Calorimétrica de la cáscara de naranja – Análisis Termo Gravimétrico.....	Pg. 23
<b>Figura 10.</b> Límites de plasticidad de la arcilla.....	Pg. 25
<b>Figura 11.</b> Grafica de la curva del límite líquido. ....	Pg. 25
<b>Figura 12.</b> Diseño del biofiltro.....	Pg. 29
<b>Figura 13.</b> Diseño del biofiltro con sus dimensiones en AutoCAD. ....	Pg. 30
<b>Figura 14.</b> Comparación de las muestras del agua con 200 esferas. ....	Pg. 31
<b>Figura 15.</b> Comparación de las muestras del agua con 400 esferas. ....	Pg. 32
<b>Figura 16.</b> Comparación de las muestras del agua con 600 esferas. ....	Pg. 32
<b>Figura 17.</b> Muestras con plomo disuelto en agua (mg/L) .....	Pg. 34
<b>Figura 18.</b> Comparación de las 03 muestras después de su tratamiento por el biofiltro propuesto.....	Pg. 37
<b>Figura 19.</b> Comparación de las 03 muestras antes de su tratamiento y después de ser tratadas por el biofiltro propuesto. ....	Pg. 38
<b>Figura 20.</b> Comparación de resultados finales después de pasar por el Biofiltro propuesto. ....	Pg. 38
<b>Figura 21.</b> Comparación de remoción de plomo después de pasar por el Biofiltro propuesto.....	Pg. 39

## INTRODUCCION

El presente trabajo es el resultado de una investigación que pretende experimentar y aplicar nuevas técnicas de remoción en aguas que contengan plomo, y en especial del río Chonta – Cajamarca. Por ello afianzamos lo expuesto con antecedentes relacionados a la remoción del plomo con arcilla y cáscara de naranja.

De acuerdo a la investigación de Tapia, H., Muñoz, C., Torres, D., y Yarango, R. (2003) en su tema, indica que la cáscara de naranja activada de acuerdo a la propuesta de este trabajo es un buen biosorbente de los iones Pb.

Asimismo, se revisó la investigación de Tejada, C.; Herrera, A.; Núñez, J. (2016), y 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.

.Por otro lado, la investigación de Tejada, C.; Herrera, A.; Núñez, J. (2016). En su investigación sostiene 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 ( $q_{max} = 39.39 \text{ mg Pb/g}$ ) 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 esta investigación utilizamos conceptos relacionados a la remoción del Plomo, la ubicación exacta de donde se encuentra en el río Chonta, propiedades de las esferas de arcilla natural y cáscara de Naranja como un método innovador; y de esta forma comprobamos si serviría de gran aporte a la ingeniería Civil la investigación, por la calidad de un material natural y a bajo precio queriendo aprovechar los recursos inorgánicos que no están siendo aprovechados, Ramírez, L. (2017).

La arcilla del distrito de Llacanora – Cajamarca podría servir como un buen adsorbente del Plomo, ya que este metal en su forma inorgánica es muy tóxico, por tanto beneficiaría a los pobladores del distrito de Baños del Inca y alrededores regenerando las aguas contaminadas por este químico (pb) a un precio económico y accesible para todos los que quieran 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 San Lucas) se realizó un muestreo de 72 puntos, de los cuales 04 se ubican en el río Chonta donde se encontró con la concentración de plomo en el agua (pb) de (0.091mg/L) estando por encima de los valores establecidos del agua, siendo los valores máximos establecidos según el ECA (0.05mg/l) para el riego de vegetales, consumo de animales y de 0.01 mg/l para consumo humano.

Estos resultados son debido a la situación actual del río Chonta 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, busca comprobar que añadiendo este material mencionado se puede remover el plomo del agua. Debido a esta problemática, nos preguntamos:

**¿Cuál es el efecto del Biofiltro de arcilla y cáscara de Naranja en la remoción de plomo (pb) de las aguas del río Chonta - Cajamarca?**

De la bibliografía consultada se pueden revisar definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

Los biofiltro, que son un sistema que imita a los humedales naturales, se consideran una tecnología biológica que permite remover los contaminantes que se encuentran en las corrientes gaseosas o en aguas residuales. Esta tecnología se comenzó a investigar de manera experimental en Alemania en 1960, pero su aplicación para el tratamiento de aguas residuales por pequeñas poblaciones se estableció en las últimas décadas del siglo pasado. En Centroamérica los biofiltros comenzaron a utilizarse en 1996 en Nicaragua con la construcción de una planta piloto en la ciudad de Masaya.

En la actualidad el uso de biofiltros en aguas residuales utilizando plantas acuáticas como lecho filtrante presenta resultados favorables en la remoción de contaminantes como materia orgánica (DBO5 y DQO) y sólidos suspendidos, entre otros, reduciendo así el impacto que causa el vertido de las aguas residuales, Raymundo, J. (2017).

Para reducir el impacto de las aguas contaminadas se han desarrollado nuevas alternativas de depuración, logrando un saneamiento básico del agua por medio de biofiltros, estos pueden actuar como resinas naturales; así mismo por medio de la adsorción y absorción son capaces de fijar diferentes sustancias o contaminantes, reteniéndolos y biodegradándolos, utilizando materiales orgánicos como: cacahuate, jacaranda, bagazo de caña de azúcar y fibra de coco, entre otros, estos no requieren de mayor inversión y se puede considerar utilizarlos en el tratamiento terciario en aguas residuales, Mamani, R. (2014).

Se están realizando pruebas para la aplicación en biofiltros para agua de consumo humano, dado que la filtración biológica es una opción diferente a procesos granulares tradicionales, este proceso purifica el agua formando una capa biológica sobre la superficie del lecho, reteniendo las partículas suspendidas y microorganismos patógenos, removiendo contaminantes no aptos para el agua potable.

La capacidad de intercambio catiónico es una propiedad fundamental de las arcillas. Ellas 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, tales como sustitución isomórfica dentro de la estructura, enlaces insaturados en los bordes y superficie extrema, y la 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. 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 interlaminar donde acomodar los cationes o moléculas que nos interesa eliminar de la solución.

Mientras tanto el Plomo (Pb) es un metal tóxico que se encuentra presente en la corteza terrestre de manera natural y ha sido utilizado extensamente desde la antigüedad, Tiene como número atómico 82 y peso atómico 207.19 de color gris azulado, es resistente a la corrosión, pero cuando llega a formar parte de tuberías soldadas, éstas en presencia de agua ligeramente ácida pueden contaminar el agua potable; también se puede encontrar de forma inorgánica como las pinturas y el polvo y de forma orgánica como los gases de combustión producidos por la gasolina, Saavedra, L. (2016).

Se sabe que existe contaminaciones por el plomo, Las fuentes de contaminación por Pb son variadas y pueden presentarse de manera natural o por actividades antropogénicas como la transportación de material particulado siendo mayor en áreas urbanas que en zonas rurales, debido a la actividad industrial y tráfico automotor; estas partículas son trasportadas por el viento y pueden depositarse en áreas alejadas a su fuente de origen logrando contaminar el agua de ríos, océanos y lagos. Por su capacidad de bioacumularse en plantas y animales logra entrar a la cadena trófica afectando también al ser humano.

Y los efectos del plomo sobre la salud, afectan prácticamente a todos los órganos del ser humano y provoca el incremento de la presión sanguínea, daño renal, Anemia, cáncer, daño al sistema nervioso, problemas de aprendizaje en niños y retraso mental, en mujeres se han registrado efectos negativos en el periodo de embarazo provocando partos prematuros y abortos espontáneos Ramírez, L. (2017).

Cabe indicar que el Plomo es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. La OMS ha definido un valor guía para el plomo en sus Guías para la calidad del agua potable cuya finalidad es servir en

el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera. En estos momentos, el límite recomendado para la concentración de plomo en el agua potable es de **0.01 mg/l** (miligramo por litro), aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del plomo del agua de bebida.

Las reglamentaciones que la OMS realizó, después de un largo estudio acerca de la calidad del agua, lo expusieron para que la población pueda conocer parámetros de aguas que puedan ser potabilizados con desinfección, tratamientos convencionales y con tratamientos avanzados.

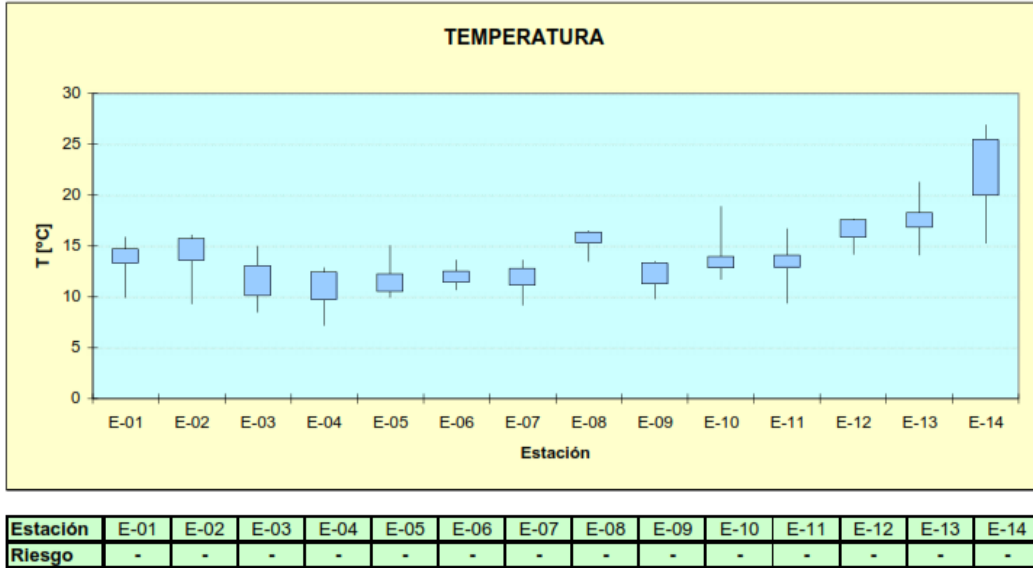
**Tabla 3.** Normas legales de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mgt	0.07	**	**
Plomo	mgt	0.01	0.05	0.05
Selenio	mgt	0.04	0.04	0.05
Uranio	mgt	0.02	0.02	0.02
Zinc	mgt	3	5	5

Fuente: Elaboración del diario El Peruano

Gracias al aporte de, Mamani, R. (2014), que ya mencionamos en el párrafo 18 de la introducción, sabemos que el plomo es un elemento químico toxico, pero también tenemos que tener presente que el plomo absorbe, y esta absorción 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, García, V. (2013).

Para la temperatura de activación, se tuvo en cuenta la dependencia de la adsorción de la temperatura está asociada con varios parámetros termodinámicos. Este estudio se llevó a cabo a 25°C, manteniendo constante los demás parámetros de adsorción.



**Figura 4.** Evaluación de riesgos del Rio Chonta 2007

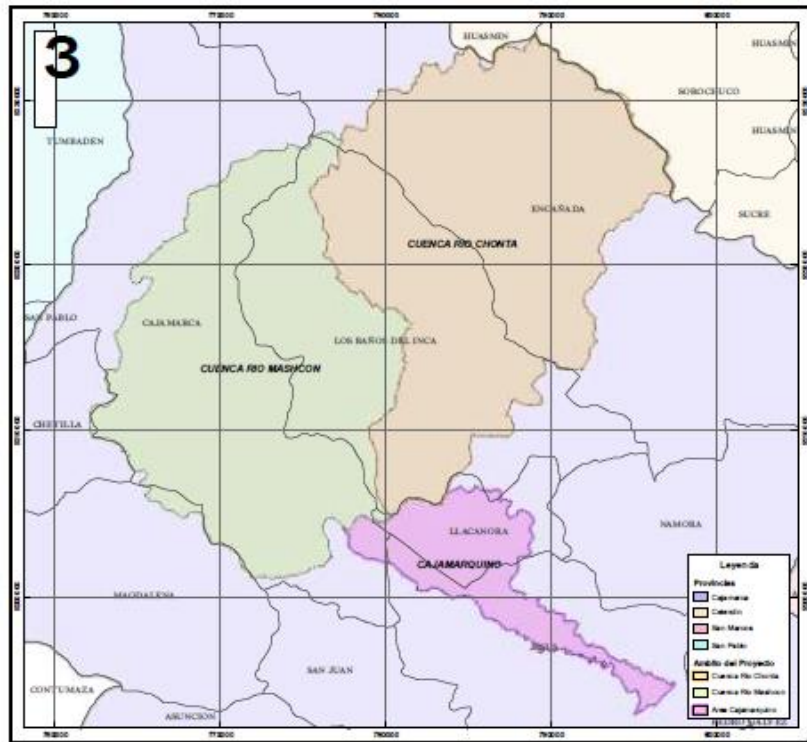
Fuente: Elaboración de DIGESA 2017

**Tabla 2.** Mecanismos depurativos en tratamientos de agua (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2009)

Contaminante	Mecanismo depurativo
	Precipitación con cationes ( Fe, Al, Ca) presentes en el medio
<b>Plomo</b>	Adsorción en arcilla o sustancias orgánicas presentes en el medio.
	Asimilación por plantas

Fuente: Elaboración propia

La investigación estuvo centrada en el río Chonta, que es parte de la cuenca del Océano Pacífico y según la Autoridad Nacional del Agua. Se ubica mediante las coordenadas Latitud: -7.18333 Longitud: -78.4667 (N). Comprende altitudes desde el nivel del mar hasta los 2515m.s.n.m. correspondiente a la Zona 17M.



**Figura 2.** Mapa de la cuenca del río Chonta

Fuente: Elaboración por PGRH-Cajamarca 2010.



**Figura 3.** Río chonta-baños del Inca

Fuente: Elaboración por Google Maps.

El río Chonta está ubicado en el norte del Perú, Región Cajamarca, Provincia de

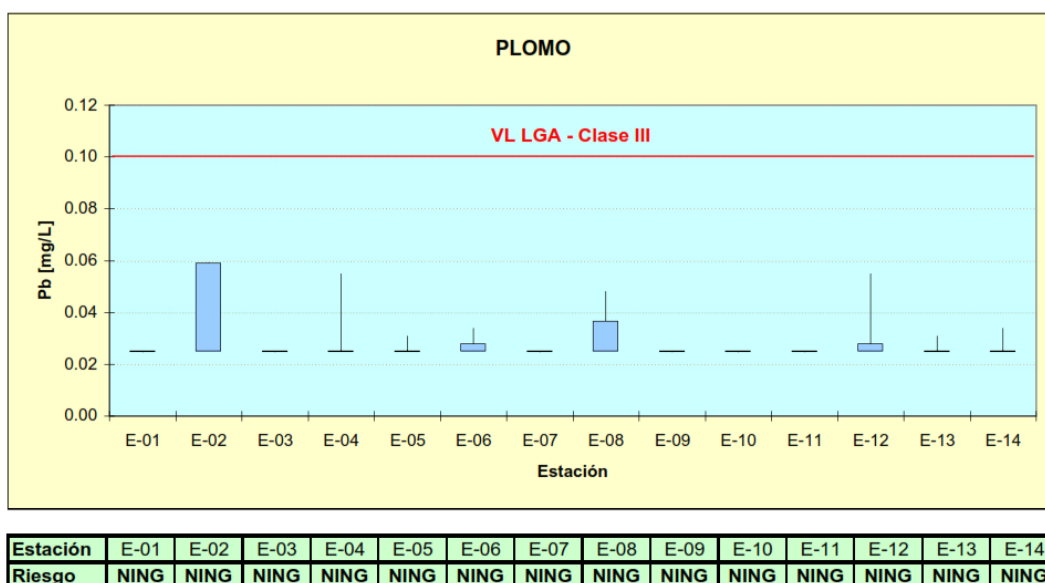


Cajamarca y forma parte de la vertiente del Atlántico. Limita por el norte con la cuenca del río Llaucano, por el sureste con la sub cuenca del río Grande de Mashcón, y por el suroeste con la subcuenca del río Namora (Encañada).

Este recurso tiene su origen en los cerros Carachugo y Chaquicocha, entre sus principales tributarios tenemos a los ríos Azufre por la margen derecha y al río Paccha por la margen izquierda. La sub cuenca del río Chonta tiene un área de 13500 hectáreas, con un caudal promedio estimado de aproximadamente 2500 L/s. En su jurisdicción encontramos a las microcuencas del río Azufre que tiene 7760 hectáreas y la del río Paccha con 5290 hectáreas, cuyos caudales promedios son de 1500 L/s y 1000 L/s respectivamente. Los ríos Azufre y Paccha se juntan a 7.4 km al sureste del distrito de Yanacocha, luego toma el nombre de río

En la sub cuenca del río Chonta se encuentra localizada la empresa Minera Yanacocha S.R.L. con el Proyecto Maqui Maqui, ubicado en la naciente de la quebrada del mismo nombre, y el Proyecto Carachugo, ubicado en las nacientes de las quebradas Chaquicocha y Ocuchamachay los mismos que se encuentra en la etapa de cierre. Por otro lado, el Proyecto Exploración Yanacocha Zona Este (Carachugo segunda parte) se encuentra cercano a la naciente de la red hídrica del río Azufre, conformado por las quebradas Chaquicocha, Ocuchamachay, Arnacocha y La Sacsha. Las localidades más próximas a la zona de exploración son: El Porvenir - Combayo, San Luis - Combayo, Bellavista Alta, Combayo, Bellavista Baja, San José, Quinuamayo, Tres Tingos, Barrojo, Apalin, El Calvario, Muyoc, Carhuaquero, Zarcilleja y Aliso Colorado.

Los problemas ambientales en la cuenca del río Chonta son, en mayor o menor grado, responsables de la alteración de las condiciones naturales de los ecosistemas. Entre las actividades más impactantes en la cuenca y que ejercen impactos directos sobre los ecosistemas tenemos: Minera Yanacocha. (DIGESA 2007). Con sus actividades mineras informales, el cambio de suelo de paredes alto andinas, Deficientes sistemas de saneamiento (tratamiento de aguas servidas y residuos sólidos) y Actividad turística informal.



**Figura 4.** Elementos químicos disueltos en el agua del río Chonta Cajamarca.

Fuente: Elaboración por DIGESA – Cajamarca.

Ante estos problemas ambientales en el río Chonta, la investigación optó por hacer usos de la arcilla y cáscara de naranja, para remover el plomo del agua, por lo mismo es necesario definir estos materiales, sus propiedades y características de cada uno; empezando por la 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.

Tiene la característica de que 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 y Adquiere gran dureza al ser sometida a temperaturas mayores a 600°C.

Se clasifican en arcillas catiónicas que suelen ser 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; También está la arcilla illita que 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.

Y por último la arcilla montmorillonita que se caracteriza por ser 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. E los cristales y presentan una fuerte tendencia a la inestabilidad.

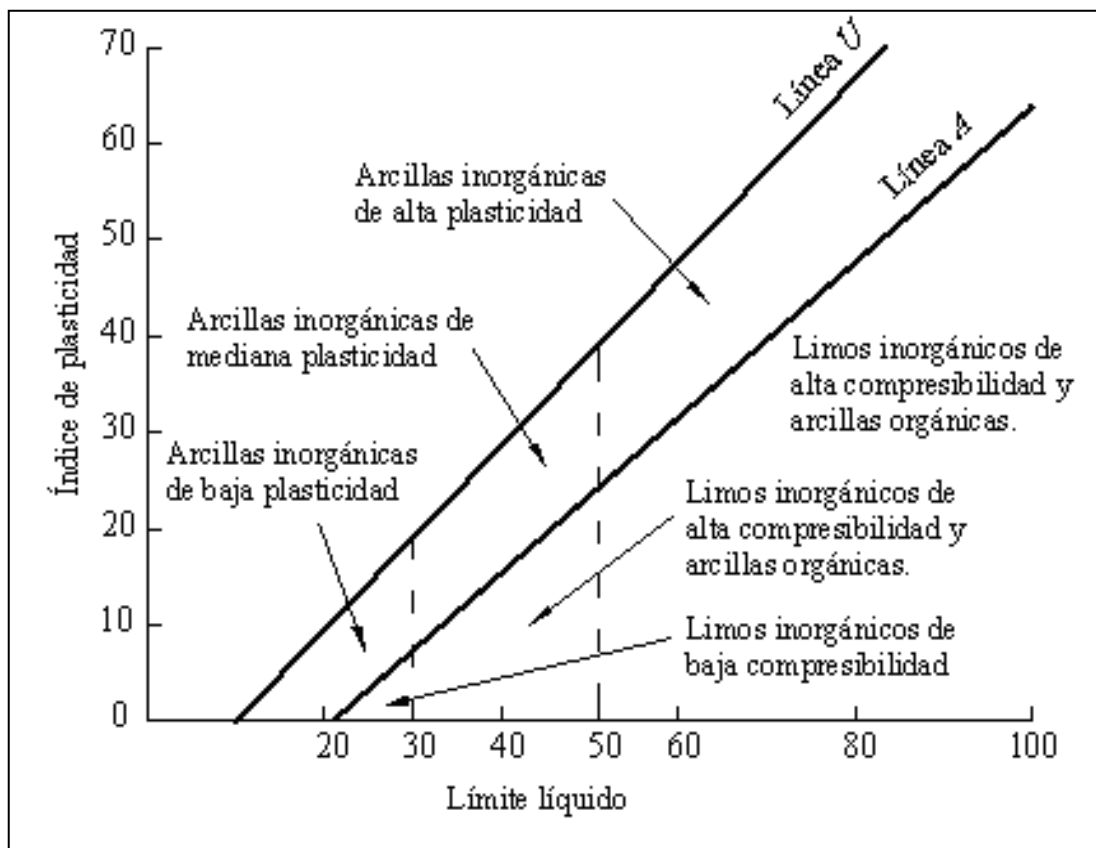
En cuanto a sus propiedades físico-químico; La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de 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.

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.

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.

También tenemos la propiedad de plasticidad, ya que 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.



**Figura 5.** Gráfico de plasticidad

Fuente: Casagrande

Y la propiedad de Capacidad de intercambio catiónico, esta 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/o superficies externas y 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. 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 interlaminar donde acomodar los cationes o moléculas que nos interesa eliminar de la solución.

Es importante saber que existen múltiples usos de la arcilla, sin embargo el uso principal que realizaremos se enfoca en el tratamiento de agua con arcilla.

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.

El otro material de estudio es la cáscara de naranja, para esto definimos a la naranja que es la fruta que más se produce en el mundo y la de mayor consumo.

Proviene del sureste de Asia y el centro de China, Filipinas y el archipiélago Indomalayo hasta Nueva Guinea.

Pertenece al género Citrus de la familia de las Rutáceas (Rutaceae). De entre los diferentes tipos de naranja, las variedades de naranja dulce (*Citrus sinensis*) son las más importantes a nivel comercial.

Tiene la caracterización bioadsorbente, para ello se realizó una preparación previa de la misma, esto con el fin de retirar impurezas u otros compuestos que pudieran afectar el proceso de adsorción, para esto fue necesario someter la biomasa a procesos de lavado, reducción de tamaño y secado.

Para la preparación del bioadsorbente de la cáscara de naranja primero se realiza la Obtención de la cáscara de naranja, tomando residuos de las ventas ambulatorias de jugos de naranja, los cuales usan naranja en gran cantidad.

Segundo, para su Preparación de la biomasa residual, el material bioadsorbente, fue recolectado en cantidad suficiente, para luego ser sometido a través de las etapas que se describen a continuación, las cuales permitieron la adecuación y el tratamiento de la biomasa residual, que posteriormente fue caracterizada.

Tercer paso es la selección, en esta operación se tuvo en cuenta como requisito indispensable el mejor estado de la cáscara, para evitar su pronta descomposición y garantizar una operación de secado con material en condiciones adecuadas. Se tomó una muestra inicial de 5000 g de naranja, lo cual arrojó, aproximadamente 2000 g de cáscara. Las cáscaras fueron cortadas en pequeños trozos de aproximadamente 1 cm, de forma manual, esto con el fin de facilitar su manipulación en las posteriores etapas.

El cuarto paso es limpieza, el material vegetal se sometió a un lavado con abundante agua destilada a una temperatura de 60°C y agitación magnética durante 30 min, con el fin de eliminar impurezas y compuestos solubles tales como: taninos, resinas azúcar-reductoras y agentes colorantes.

Quinto paso es Secado, una vez limpia las cáscaras de naranja, se sometieron a un proceso de secado, durante 15 días hasta llegar a un estado de trituración.

Y por último la reducción y clasificación por tamaños; para reducir el tamaño del material, se usó un molino de cuchillas, marca Black & Decker durante 120 min hasta obtener partículas pequeñas de biomasa. La clasificación se llevó a cabo en una tamizadora tipo Shaker mediante el tamiz tamices, en cual presenta el siguiente tamaño: 0.300 mm, correspondiendo a mallas # 50, según Norma ASTM, respectivamente.

Una vez que reconocimos nuestros antecedentes, justificación por la que realizamos la investigación, problemática y definiciones. Procedimos a identificar nuestras Operacionalización de variables por medio de tablas.

**Tabla 3.** Variable dependiente.

Variable	definición conceptual	definición operacional	Indicador
Remoción del plomo	Es la cantidad que se remueve de plomo a aquellas aguas superficiales que contiene este elemento químico. Pb (plomo)	La remoción del plomo en el agua, es una prueba que consiste en introducir al agua esperas de 5mm de diámetro, hasta obtener el porcentaje de remoción que se puede extraer de estas aguas.	Mg/l

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.** Variable independiente.

Variable	definición conceptual	definición operacional	Indicador
Sustitución de 5% de arcilla y 2% cáscara de Naranja	Consisten de un compuesto a base de arcilla y cáscara de naranja en forma de masas esféricas.	Es la aplicación de un compuesto de arcilla 5% y cáscara de Naranja. 2% que se aplicara para absorber el plomo en el agua.	5% y 2%

Fuente: Elaboración propia

En la investigación se formuló la siguiente hipótesis, el biofiltro de arcilla y cáscara de Naranja. Removerá la cantidad de plomo (pb) de las aguas del rio Chonta - Cajamarca.



**El objetivo general que he planteado para la investigación ha sido:**

Determinar la remoción de plomo de las aguas del rio Chonta - Cajamarca utilizando Biofiltro de arcilla y cáscara de Naranja.

En cuanto a los objetivos específicos que se determinó en la investigación fueron los siguientes:

- Determinar la temperatura de calcinación de la de la arcilla y cáscara de naranja a través del análisis térmico diferencial (ATD).
- Determinar el Limite Liquido y plástico de la arcilla.
- Determinar la composición de óxidos mediante un análisis de fluorescencia de rayos x tanto para la arcilla como para la cáscara de Naranja.
- Obtener el valor de la alcalinidad de la combinación de la arcilla y cáscara de Naranja.
- Diseñar el Biofiltro para la remoción de plomo.
- Comparar la remoción de plomo adicionando 200,400 y 600 esferas durante la filtración del agua.
- Comparar la cantidad de plomo que existe en las aguas del rio Chonta – Cajamarca antes y después de utilizar el Biofiltro.

## METODOLOGIA DEL TRABAJO

La investigación fue Aplicada, porque sirvió como una técnica nueva para la elaboración de biofiltro con arcilla y cáscaras de naranja, Se logró consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso de Diseño

El enfoque de la investigación fue Cuantitativo, porque se estudió las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, se basó en la aplicación de los métodos estadísticos. El proceso de medición fue fundamental para la investigación cuantitativa, ya que proporcionó la conexión fundamental entre la observación empírica y la expresión matemática de las relaciones cuantitativas. Los datos cuantitativos fueron de forma numérica, tales como estadísticas, porcentajes, etc.

La investigación fue de nivel cuasi-experimental, porque se evaluó las dos muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtuvo los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control y Grupo Experimental.

Se estudió el análisis experimental del agua para reducir la cantidad de plomo por medio del biofiltro con (esferas biofiltrantes de 5ml) , en diferentes tiempos y cantidades de esferas como es de 200,400 y 600 esferas para su remoción de plomo , las muestras realizadas del agua se analizó en el Laboratorio regional del agua ,certificado por Inacal.

Para esta investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de esferas elaboradas de 5mm de acuerdo al estándar de construcción. La cual quedo limitada por las variables a tratar: Variable Dependiente (Remoción del plomo) y Variable Independiente (Sustitución de 5% de arcilla y 2% cáscara de Naranja)

La muestra estuvieron constituidos por 6 unidades de un 1 litro de agua, 3 litro antes de pasar por el Biofiltro de arcilla y cáscara de Naranja y 3 litro después de pasar por el Biofiltro de arcilla y cáscara de Naranja.

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Técnicas de Recolección de Información

<b>Técnicas de recolección de información</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Ámbito de la investigación</b>
Observación científica	Guía de observación (fichas técnicas de pruebas de laboratorio)	Grupo control y grupo experimental

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se obtuvo las técnicas e instrumentos de investigación, se hizo el procesamiento y análisis de la información con los programas Excel y SPSS. También se utilizó métodos estadísticos tanto en su fase descriptiva como en su fase inferencial, para efectos de clasificar, procesar y resumir la información.

Se elaboró tablas y gráficos estadísticos para analizar y visualizar el comportamiento de la variable estudiada.

Por otro lado, para efectos de mostrar y contrastar la hipótesis de trabajo planteada se usó la metodología estadística inferencial para la cual se dio el uso de la aplicación prueba de hipótesis para muestras relacionadas.

Para el estudio del (agua) analizado antes y después de su tratamiento se realizó la siguiente metodología:

Como primer paso se diseñó el biofiltro, en un recipiente de vidrio con una base cuadrada de aproximadamente 40cm de lado y una altura de aproximadamente 40cm. La tubería de drenaje del agua filtrada consistió de un tubo de PVC de 1/2" de diámetro, colocado como se especifica en el ANEXO N°1 – fotos de la N° 39 a la 42, perforado en la parte que está dentro del recipiente para la captación del agua filtrada y la parte que sale fuera del recipiente se empotro en una de las paredes del mismo.

En cuanto a 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, Por ello localizamos primero el lugar de la cantera de la materia prima, ver (**Foto N° 01**). Y así 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° 08). Después 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.

Luego fue pulverizado y tamizo por la malla N° 200 en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, ver (Foto N° 03,4 y 5).

Se llevó la arcilla al laboratorio de la Universidad San Pedro y de esta manera se obtuvo el límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad ver (Fotos N° 9, 10,11, 12, y 13); y enseguida se metió al horno las muestras a una temperatura de 110 °c durante un tiempo de 16 horas pasando por una pérdida de masa de agua la arcilla, ver (Foto N° 14). Pasado el tiempo se procedió a sacar la arcilla y se pesó.

Mientras tanto a las cáscara de Naranja se han extraído de las juguerías de la ciudad de Cajamarca debido a la abundancia y desperdicio que existe del material, ver (Foto N°16), la cáscara extraída es un material muy fino, que cuando se separó mediante una maquina cortadora, ver (Fotos N°17), previo a es la cáscara de naranja fue lavada en agua potable para eliminar el azúcar, polvo y algunas impurezas durante la recolección, ver (Foto N°18); Se dejó sumergido en agua durante 24 horas para eliminar el yodo, ver (Foto N°19).

Después del lavado se dejó secar durante 15 días a la sombra para su fácil chancado, ver (Foto N°20), y a de los 15 días de secado se chanco y se molió en molinillo, ver (Foto N°21), y de esta forma el material fue pasado por tamiz de malla N° 200 en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, ver (Foto N°23-24)

Para la elaboración de las esferas biofiltrantes se utilizó 20 g. de arcilla y 10 g. de cáscara de Naranja con la (dosificación A: 2, CN:1), ver (Fotos N° 24), una vez pesado y mezclado los materiales, se agregó agua destilada, ver (Fotos N° 27 y 28 );

Y de esta forma se obtuvo las esferas biofiltrantes de 5 mm en forma manual, ver (Foto N° 29).

Siguiendo con el proceso, se pesó las esferas biofiltrantes antes de ser calcinadas, ver (Foto N° 30), en la mufla a una temperatura de 450 °C durante un tiempo de 20 min, para luego pesar las esferas ya calcinadas.

Cabe indicar que antes de formar todas las esperas, se sacó un poco de muestra para realizar el pH en la Universidad Nacional de Cajamarca de la combinación de la Arcilla y la cáscara de Naranja dosificación A:2 / CN:1 ver (Foto N° 26)

Para seguir con la investigación se ubicó el río Chonta en el Distrito Baños del Inca provincia de Cajamarca (ver mapa N° 06, 07 y foto N° 34),

En donde la primera muestra se extrajo en las coordenadas de ubicación **E: -7.163576, N: -78.466335** y se llevó al Laboratorio Regional Del Agua - Gobierno Regional Cajamarca para su respectivo análisis, ver (Foto N° 35).

La segunda muestra se ha extraído de las coordenadas **E: -7.162381, N: -78.467471**, ver (Foto N° 36) y la **tercera muestra** se ha extraído de las coordenadas **E: -7.159821, N: -78.466730**, y todas las muestras se la llevó al Laboratorio Regional Del Agua - Gobierno Regional Cajamarca para su respectivo análisis, ver (Foto N° 36).

Las 3 muestras de agua se han extraído de diferentes puntos del Río Chonta Distrito de Baños del Inca provincia y departamento de Cajamarca, se han almacenado en botellas de PVC de 1 litro c/u, transportadas en una hielera para tener una perfecta conservación del líquido elemento ver (Foto N° 38).

Se utilizó Biofiltro prototipo para remover el plomo del agua superficial del río Chonta – Baños del Inca - Cajamarca, ver (Foto N° 39), donde su muestreo se realizó durante 3 horarios establecidos que es 7.00am-12.00pm y 6.00pm para luego ser llevado al Laboratorio Regional del Agua Certificado por Inacal.

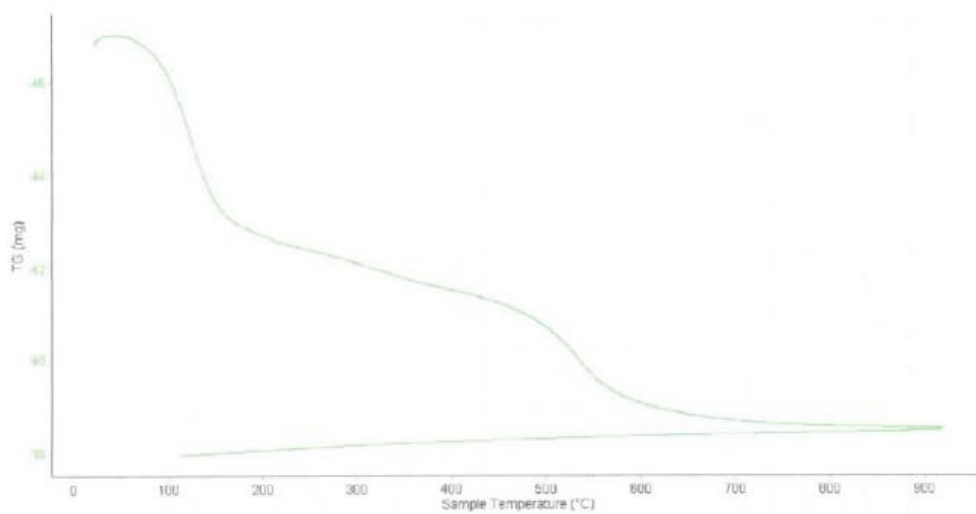
Se tomó de la primera muestra de agua después de pasar por el biofiltro se realizó a las 7.00am, la segunda muestra de agua después de pasar por el biofiltro se realizó a las 12.00pm, para luego ser llevado al LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA para su respectivo análisis, ver (Foto N° 41).

Y por último se tomó la tercera muestra de agua después de pasar por el biofiltro se realizó a las 6.00pm, para luego ser llevado al LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA para su respectivo análisis, ver (Foto N° 42).

## RESULTADOS

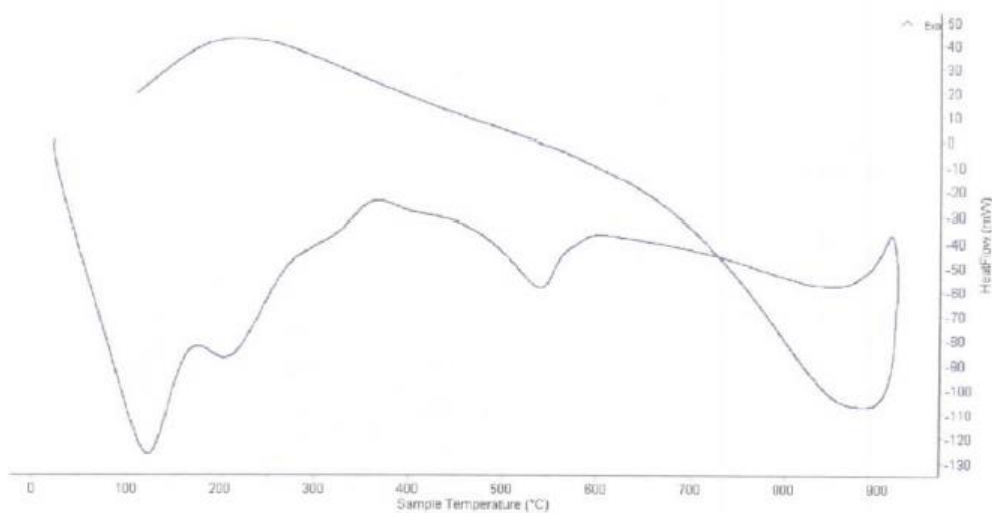
### Análisis Térmico Diferencial de arcilla y cáscara de Naranja.

Se observó en la figura 6, 7, 8 y 9 los resultados del análisis térmico diferencial, que existe una curva calorimétrica donde la arcilla y la cáscara de naranja pasa por dos etapas conocidas como térmica y endotérmica.



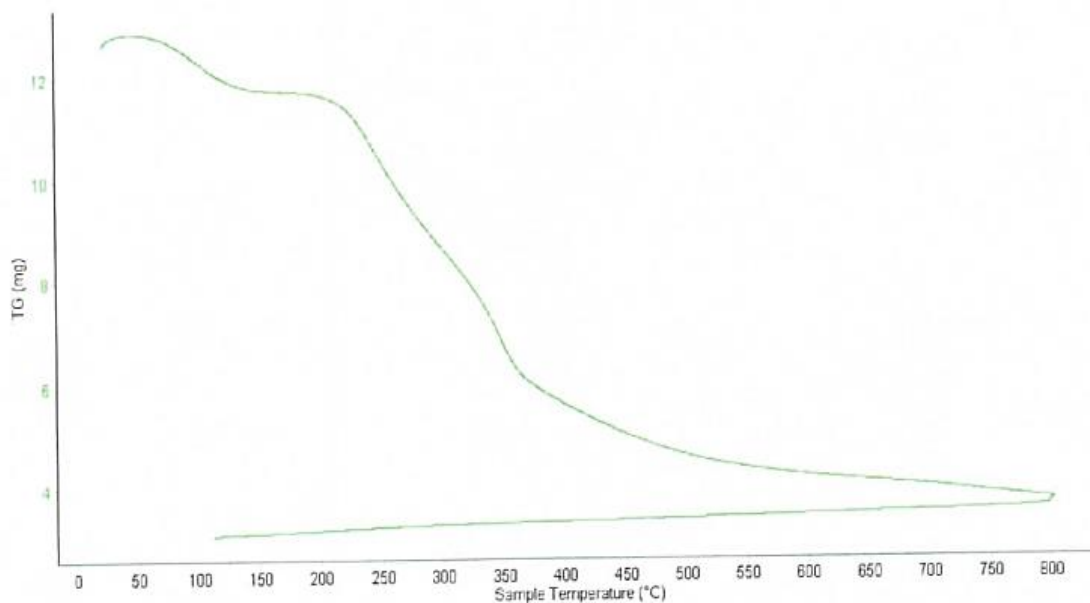
**Figura 6.** Curva de pérdida de masa para la arcilla

**Fuente:** Laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.



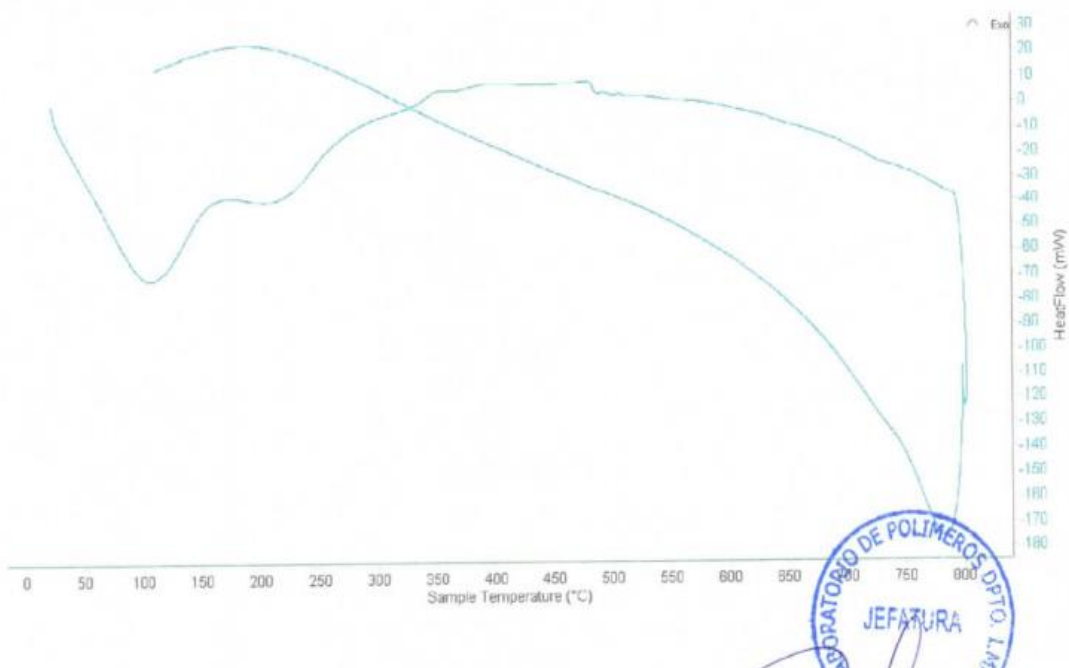
**Figura 7.** Curva Calorimétrica de la arcilla – Análisis Termo Gravimétrico.

**Fuente:** Laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.



**Figura 8.** Curva de pérdida de masa para la Cáscara de naranja.

**Fuente:** Laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.



**Figura 9.** Curva Calorimétrica de la cáscara de naranja – Análisis Termo Gravimétrico.

**Fuente:** Laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.



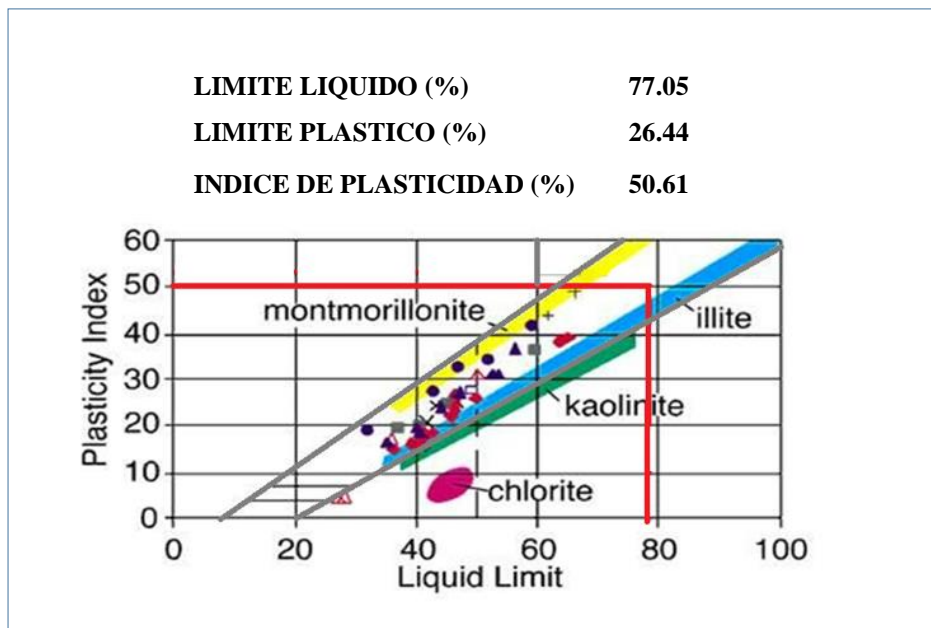
### **Análisis de límite líquido y plástico de la arcilla.**

Los resultados que se obtuvo, se aprecia en la figura 10 y 11, y el desarrollo de este resultado lo vemos en la tabla 6; Se interpretó que la arcilla de esta investigación es Montmorillonite por el alto porcentaje de ligamento (77.05%)

**Tabla 6.** Ensayos para encontrar el Límites de plasticidad de la arcilla

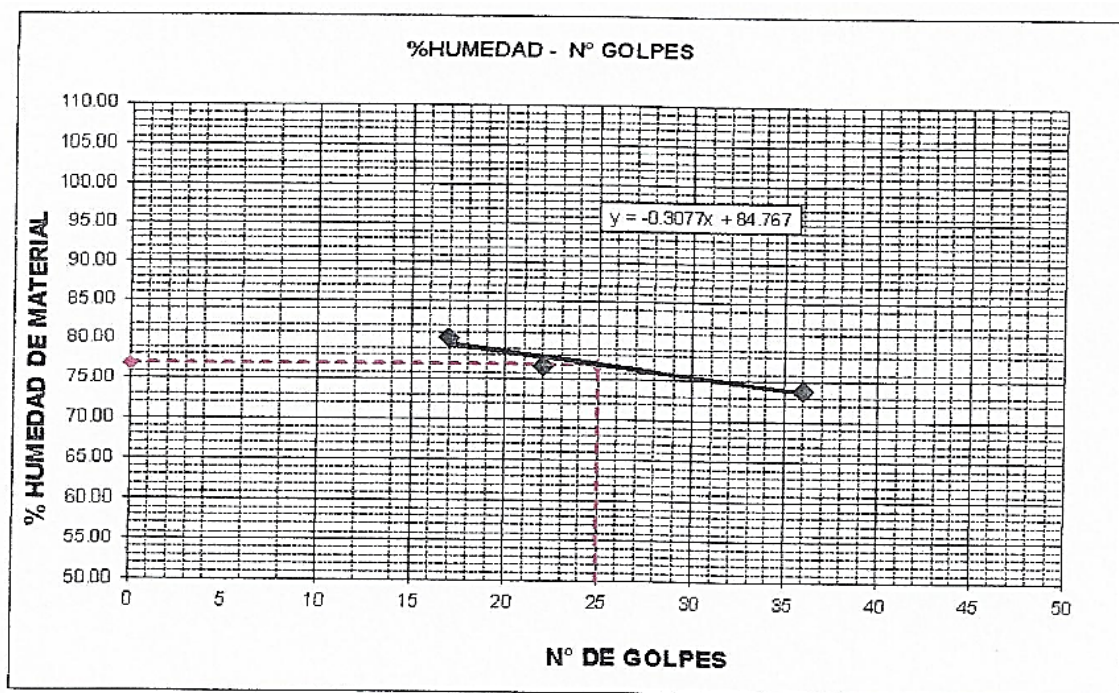
MUESTRA DE ARCILLA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
N° DE ENSAYO						
PESO TARA+ SUELO HUMEDO (gr)	40.20	43.10	43.80	22.70	27.30	23.80
PESO TARA+ SUELO SECO (gr)	30.40	34.10	33.00	21.80	26.20	22.20
PESO DE LA TARA (gr)	18.20	22.40	18.40	18.30	22.10	16.22
PESO DEL AGUA (gr)	9.80	9.00	10.80	0.90	1.10	1.60
PESO SUELO SECO (gr)	12.20	11.70	14.60	3.50	4.10	5.98
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	80.33	76.92	73.97	25.71	26.83	26.77
N° DE GOLPES	17	22	36		26.44	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 10.** Límites de plasticidad de la arcilla

**Fuente:** Tipo de arcilla realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.



**Figura 11.** Grafica de la curva del límite líquido

**Fuente:** Ensayos realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

**Composición de óxidos mediante un análisis de fluorescencia de rayos x tanto para la arcilla como para la cáscara de Naranja.**

Los resultados que se obtuvieron, se aprecia en la tabla 7 y 8.

**Tabla 7.** Composición de óxidos de la muestra de arcilla analizada

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.947	23.028
SiO <sub>2</sub>	39.530	65.272
K <sub>2</sub> O	0.459	0.758
CaO	0.507	0.838
TiO <sub>2</sub>	0.427	0.706
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.018	0.029
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.018
MnO	0.006	0.011
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.510	9.098
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.006
CuO	0.010	0.016
ZnO	0.013	0.021
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.012
SrO	0.028	0.046
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.004
ZrO <sub>2</sub>	0.018	0.029
BaO	0.065	0.107
<b>Totales</b>	<b>60.653</b>	<b>100.00</b>

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

De la tabla 7, se interpretó que: De los resultados obtenidos del ensayo de fluorescencia de Rayos X realizados a la muestra de arcilla, muestran que el componente químico más abundante es el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) 65.272%, luego el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 23.028%. 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.

**Tabla 8.** Composición de óxidos de la muestra de la cáscara de Naranja analizada

Óxido	% masa
Al	2.74
Si	0.674
P	0.108
S	0.159
Cl	0.029
K	1.127
Ca	2.514
Ti	0.008
Mn	0.004
Fe	0.146
Cu	0.005
Zn	0.003
As	0.005
Sr	0.008
Subtotal	7.53
Otros	92.47
Totales	100

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

De la tabla 8, se interpretó que: De los resultados obtenidos del ensayo de fluorescencia de Rayos X de la muestra de la cáscara de naranja 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 7.5 % la cual indica que es un material orgánico y contiene compuestos de

carbono, oxígeno e hidrógeno, también tiene aluminio y silicio dándonos como buen resultado para absorción de metales pesados en el agua tales como el plomo.

**Valor de la alcalinidad de la combinación de la arcilla y cáscara de Naranja.**

Los resultados que se obtuvieron, se aprecia en la tabla 9, 10 y 11; en donde se interpretó que con los análisis de potencial hidrógeno, se obtuvo para la arcilla un material alcalino y en la cáscara de naranja se tiene elementos ácido; en cuanto a los resultados para la mezcla de ambos materiales obtuvimos un pH de 5.6

**Tabla 9:** Resultados de pH de la Arcilla.

Análisis pH de la arcilla	ensayo
Muestra N°01	pH
Arcilla	<b>7.20</b>

**Fuente:** Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) laboratorio Físico-químico

**Tabla 10.** Resultados de pH de la Cascara de Naranja.

Análisis PH de la cáscara de Naranja	ensayo
Muestra	pH
Cascara de Naranja	<b>4.00</b>

**Fuente:** Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) laboratorio Físico-químico

**Tabla 11.** Resultados de combinación pH de la cáscara de Naranja y arcilla.

Combinación pH de la cáscara de Naranja y Arcilla	ensayo
Muestra	pH
Cáscara de Naranja/arcilla	<b>5.6</b>

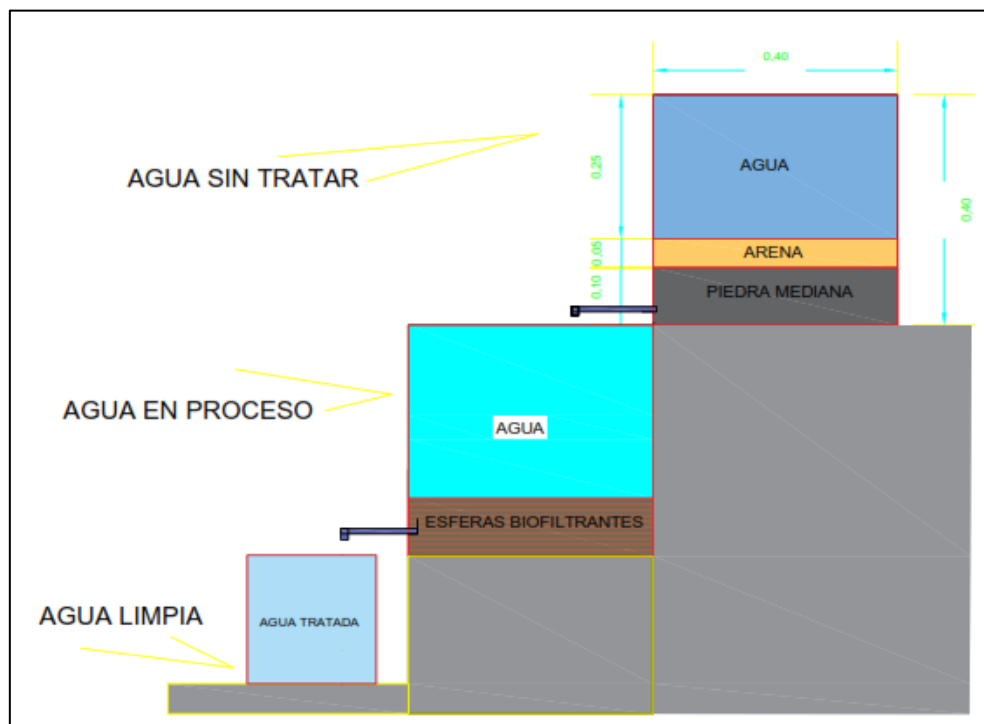
**Fuente:** Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) laboratorio Físico-químico.

### Diseño del biofiltro.

El recipiente fue diseñado de vidrio, hablando de dimensiones internas, tuvo una base cuadrada de aproximadamente 40 cm. de lado y una altura de aproximadamente 40 cm.

La tubería de drenaje del agua filtrada consistió de un tubo de PVC de 1/2" de diámetro, colocado como se especifica en la figura 10, perforado en la parte que está dentro del recipiente para la captación del agua filtrada y la parte que sale fuera del recipiente estando empotrada en una de las paredes del mismo.

El material filtrante, consistió de una capa de 10 cm. de grava gruesa (piedra triturada de 1/2"), colocado en el fondo del recipiente, envolviendo el tubo de drenaje y sobre ella una capa de 05 cm. de arena fina, es decir de tamaño efectivo entre 0.15 y 0.3 mm y coeficiente de uniformidad menor que 5, aunque según la experiencia cualquier arena fina limpia de un banco local, podría ser utilizada satisfactoriamente.

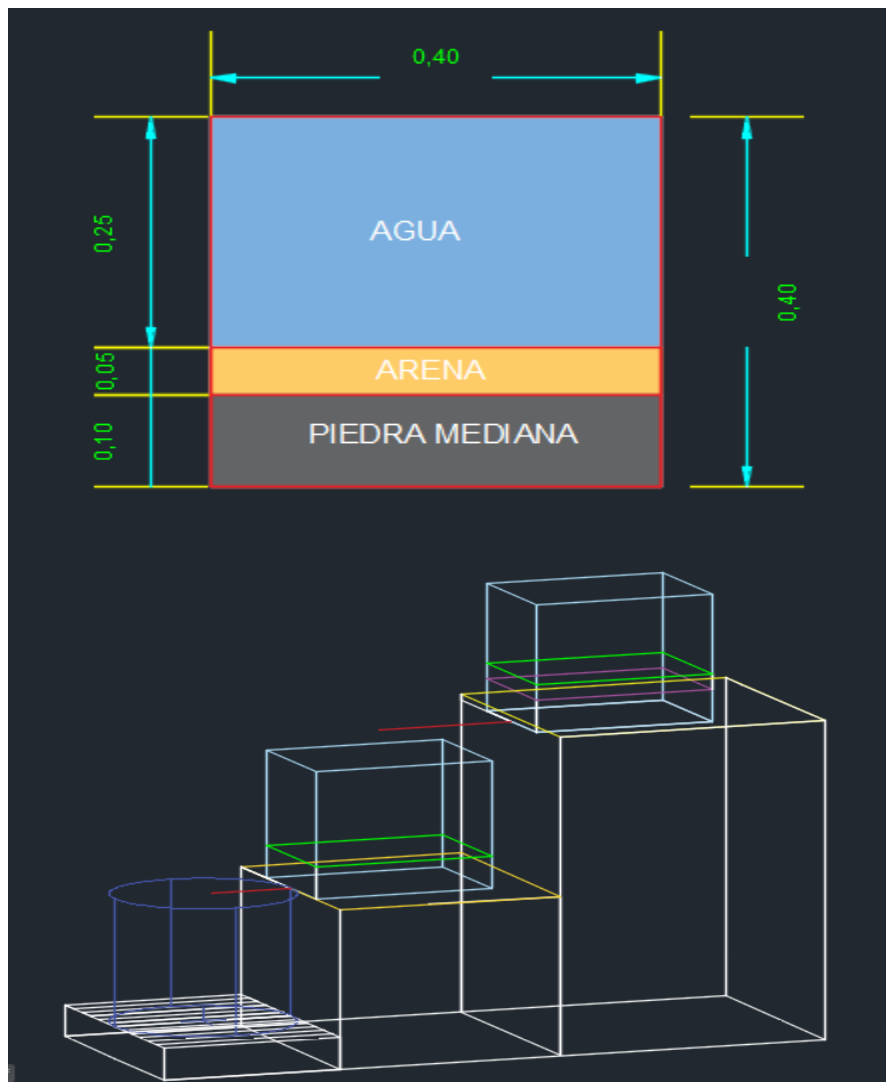


**Figura 12.** Diseño del biofiltro

**Fuente:** Elaboración propia

Una vez que se observó la velocidad con que pasa el agua por el material filtrante

ha disminuido, es decir que si para filtrar un mismo volumen de agua tardamos dos veces más de lo que normalmente se tardaba, entonces se quitó una capa de arena de 2 o 3 cm. de espesor. Esta arena debe ser repuesta inmediatamente, esa misma después de lavarla o con arena nueva limpia.



**Figura 13.** Diseño del biofiltro con sus dimensiones en AutoCAD.  
**Fuente:** Elaboración propia

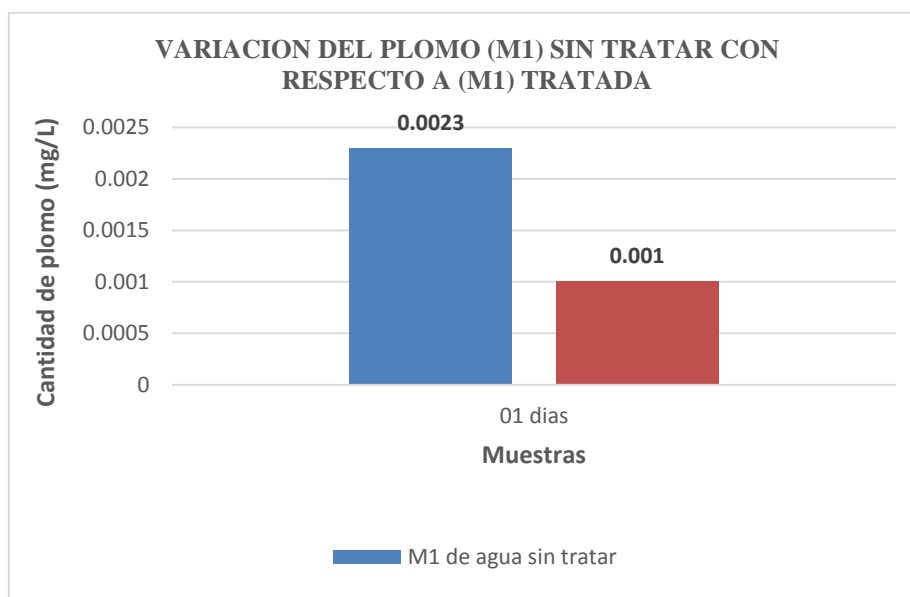
### **Remoción de plomo adicionando 200,400 y 600 esferas durante la filtración del agua.**

El resultado que obtuvo las 3 muestras con 200, 400 y 600 esferas como se aprecian en la tabla 12, 13 y 14.

**Tabla 12.** Cantidad de plomo de la muestra (m1) sin tratar con respecto a la muestra (m1) tratada

muestras	periodo de tratamiento (días)	resultados (pb mg/l)
M1 (sin tratar)	01 días	0.0023
M1 (tratada)	01 días	0.001
200 esferas	Cantidad removido (%)	<b>43.4% (Pb mg/l)</b>

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



**Figura 14.** Comparación de las muestras del agua con 200 esferas.

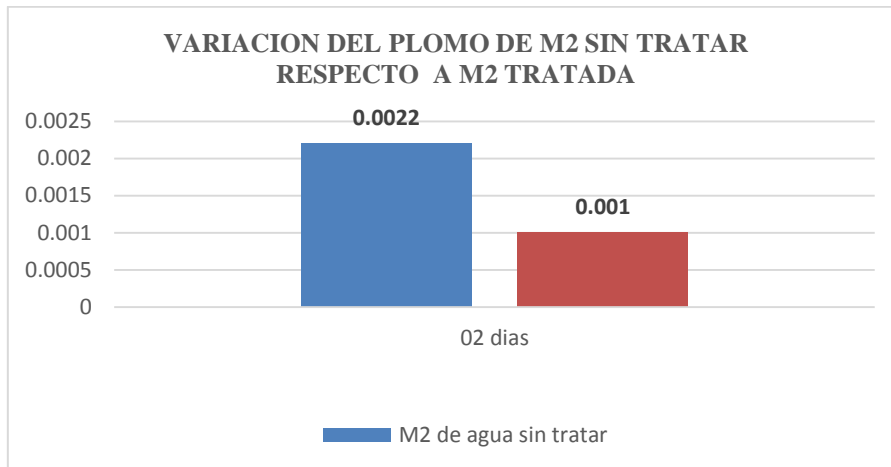
**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 13.** 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)	01 días	0.0022
M2 (tratada)	01 días	0.001
400 esferas	Cantidad removido (%)	<b>45.45 % (Pb mg/l)</b>

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





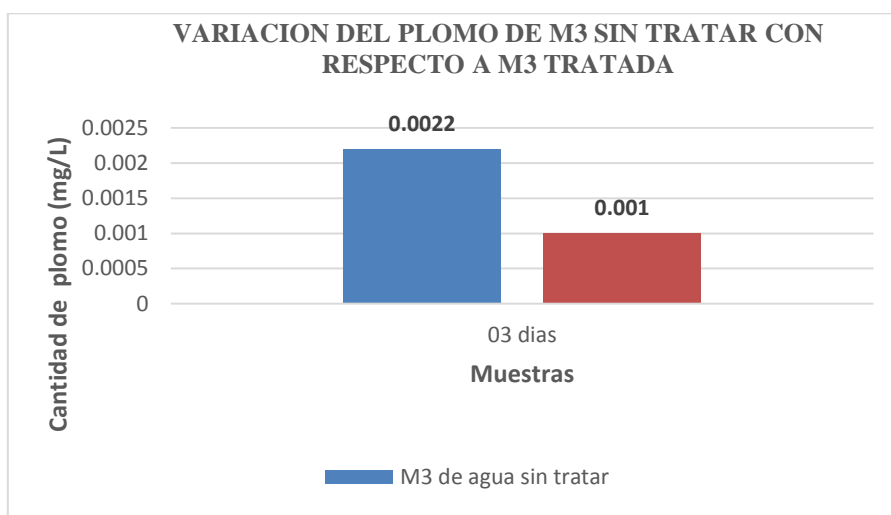
**Figura 15.** Comparación de las muestras del agua con 400 esferas.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.** 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)	01 días	0.0021
m3 (tratada)	01 días	0.001
600 esferas	Cantidad removido (%)	<b>47.6 % (pb mg/l)</b>

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



**Figura 16.** Comparación de las muestras del agua con 600 esferas

**Fuente:** elaboración propia

**Cantidad de plomo que existe en las aguas del rio Chonta – Cajamarca antes y después de utilizar el Biofiltro.**

**Resultados del agua antes de pasar por el biofiltro:**

**Tabla 15.** 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
23-07-18	mg/l	mg/l	Agua del rio Chonta
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:30 pm	<b>0.0023</b>	<b>0.01/0.056</b>	Agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 16.** Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Segunda muestra antes de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2).unidad mg/l

Fecha	cantidad de plomo en la muestra	OMS Y ANA	identificación de la muestra
Fecha	Muestra (2)	Unidad	Lugar de muestreo
23-07-18	mg/l	mg/l	Agua del rio Chonta
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:40	<b>0.0022</b>	<b>0.01/0.056</b>	agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 17.** 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
23-07-18	mg/l	mg/l	Agua del rio Chonta

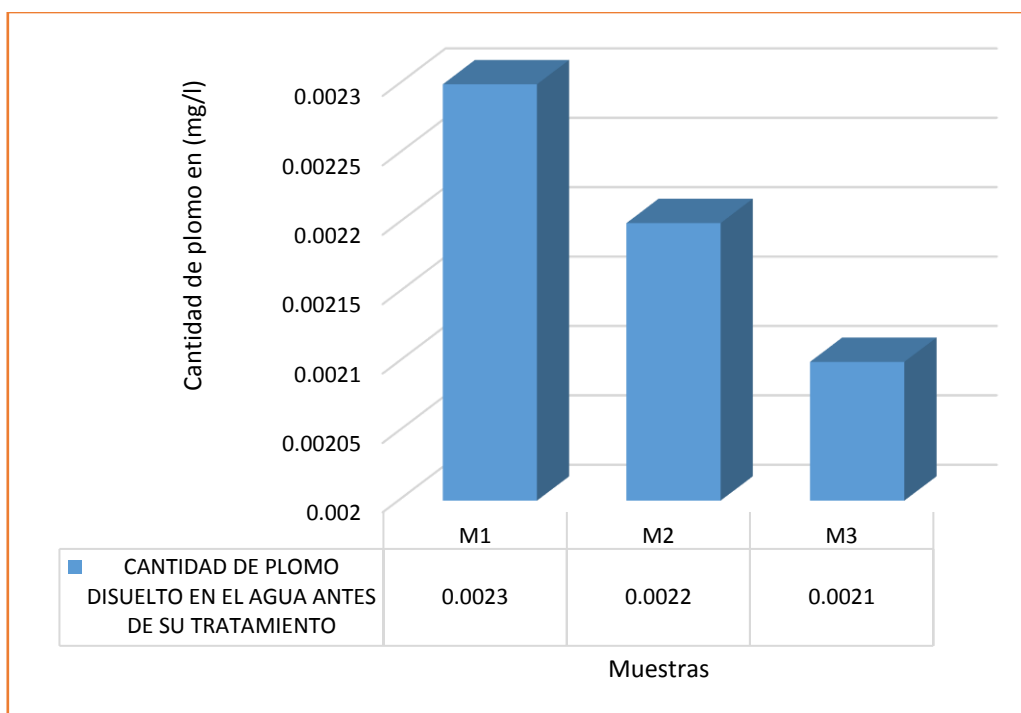
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 13:55	<b>0.0021</b>	<b>0.01/0.056</b>	agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 18.** Resultados de las muestras analizadas antes de su tratamiento

MUESTRAS	CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS (MG/L)
M1	Plomo	<b>0.0023</b>
M2	plomo	<b>0.0022</b>
M3	plomo	<b>0.0021</b>

**Fuente:** Prueba de metales por espectrometría de absorción atómica Laboratorio del Agua- GRC.



**Figura 17.** Muestras con plomo disuelto en agua (mg/L)

**Fuente:** Elaboración propia cantidad de plomo disuelto en el agua.

### Resultados del agua después de pasar por el biofiltro:

**Tabla 19.** Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la Primera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M1).

Fecha	Cantidad de pb en la muestra	OMS Y ANA	Identificación de la muestra
Fecha	Muestra (1)	Unidad	Determinación de plomo
25-07-18	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	200 esferas	(A2 / CN1)	Agua del rio Chonta
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 7:00am	<b>0.001</b>	<b>0.01/0.056</b>	agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 20.** Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la segunda muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M2).

Fecha	cantidad de pb en la muestra	OMS Y ANA	Identificación de la muestra
Fecha	Muestra (2)	Unidad	determinación de plomo
25-07-18	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	400 esferas	(A2 / CN1)	Agua del rio Chonta
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 12:00pm	<b>0.001</b>	<b>0.01/0.056</b>	agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 21.** Determinación del contenido de plomo (mg/l) en la tercera muestra después de ser tratada en el biofiltro propuesto (M3).

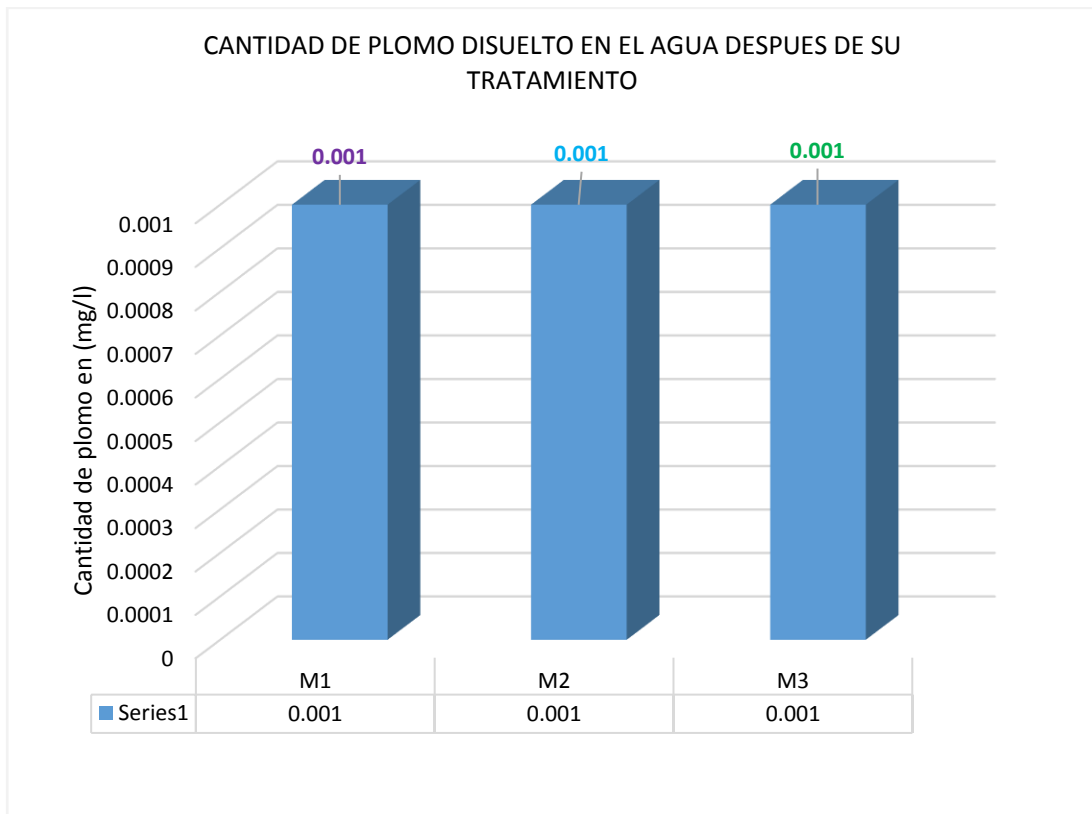
<b>Fecha</b>	<b>cantidad de pb en la muestra</b>	<b>OMS Y ANA</b>	<b>identificación de la muestra</b>
Fecha	Muestra (3)	Unidad	Determinación de plomo
25-07-18	mg/l	mg/l	lugar de muestreo
Dosificación	600 esferas	(A2 / CN1)	Agua del rio Chonta
hora	resultado	parámetros	tipo
Hora 6:00pm	<b>0.001</b>	<b>0.01/0.056</b>	agua superficial

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.

**Tabla 22.** Cantidades de plomo disuelto en las muestras del agua después de ser tratado.

<b>MUESTRAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>RESULTADOS (MG/L)</b>
M1	Plomo	<b>0.001</b>
M2	Plomo	<b>0.001</b>
M3	Plomo	<b>0.001</b>

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua - Gobierno Regional Cajamarca.



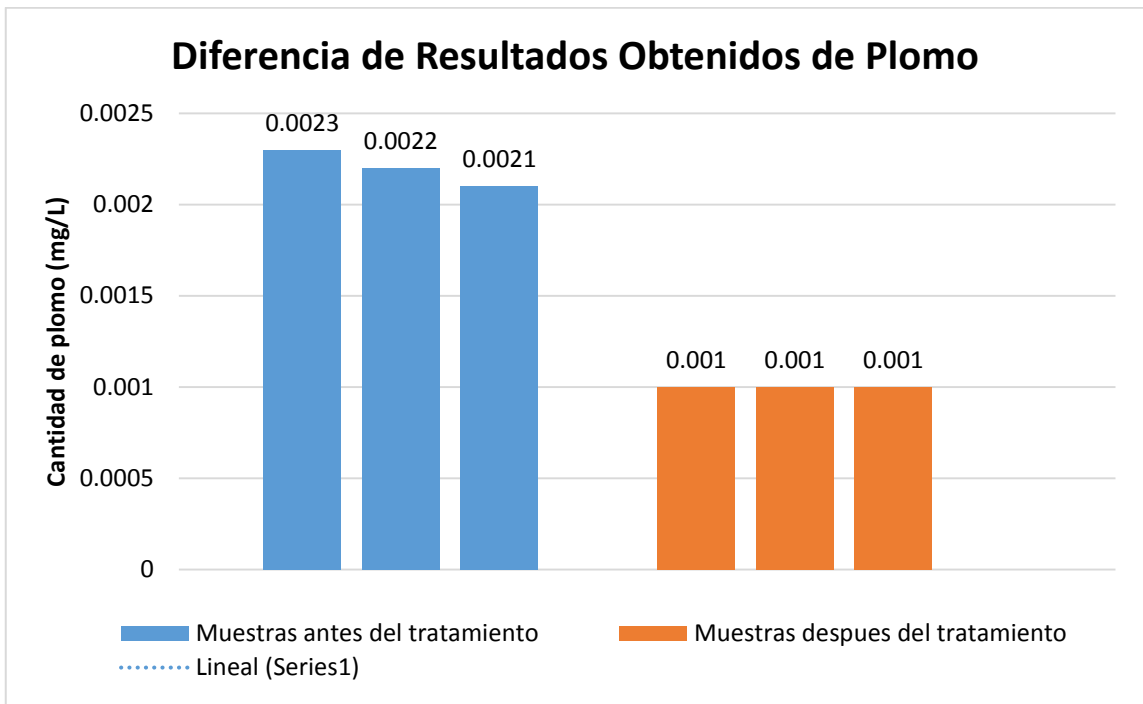
**Figura 18.** Comparación de las 03 muestras después de su tratamiento por el biofiltro propuesto.

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 23.** Cantidad de plomo disuelto en las muestras del agua antes y después su tratamiento.

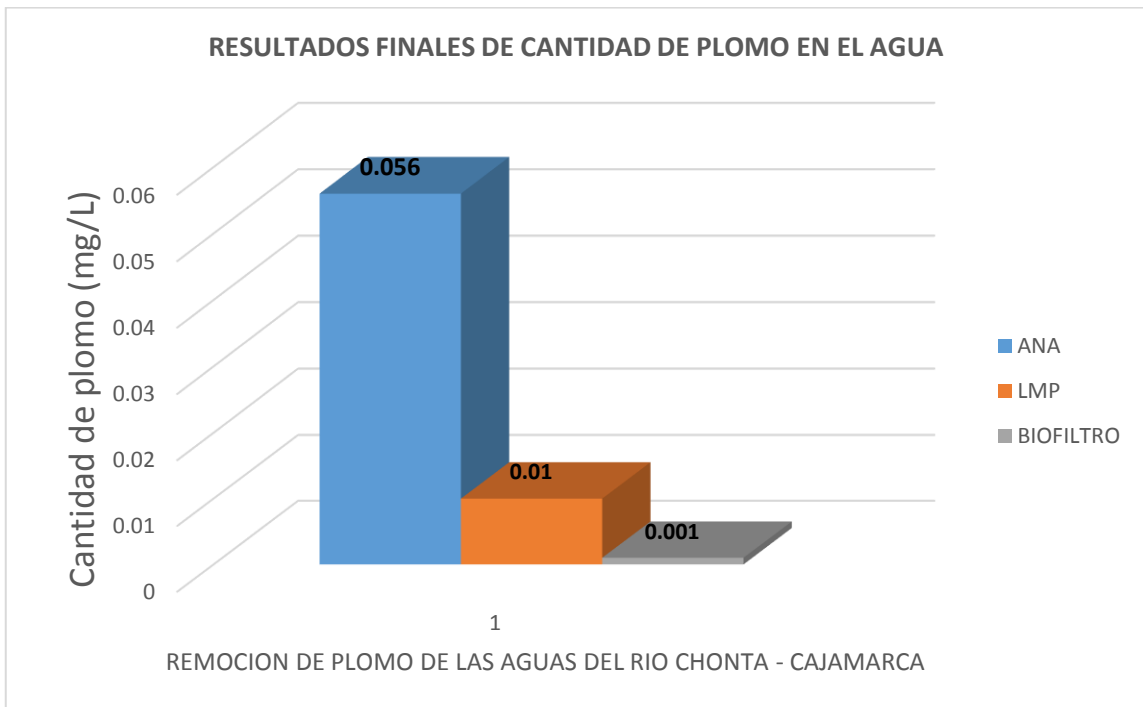
MUESTRAS	RESULTADOS ANTES DEL TRATAMIENTO	RESULTADOS DESPUES DEL TRATAMIENTO
M1 (DOS. A:2, CN:1), 200 ESFERAS	0.0023	0.001
M2 (DOS. A:2, CN:1), 400 ESFERAS	0.0022	0.001
M3 (DOS. A:2, CN:1), 600 ESFERAS	0.0021	0.001

**Fuente:** Laboratorio Regional del Agua



**Figura 19.** Comparación de las 03 muestras antes de su tratamiento y después de ser tratadas por el biofiltro propuesto.

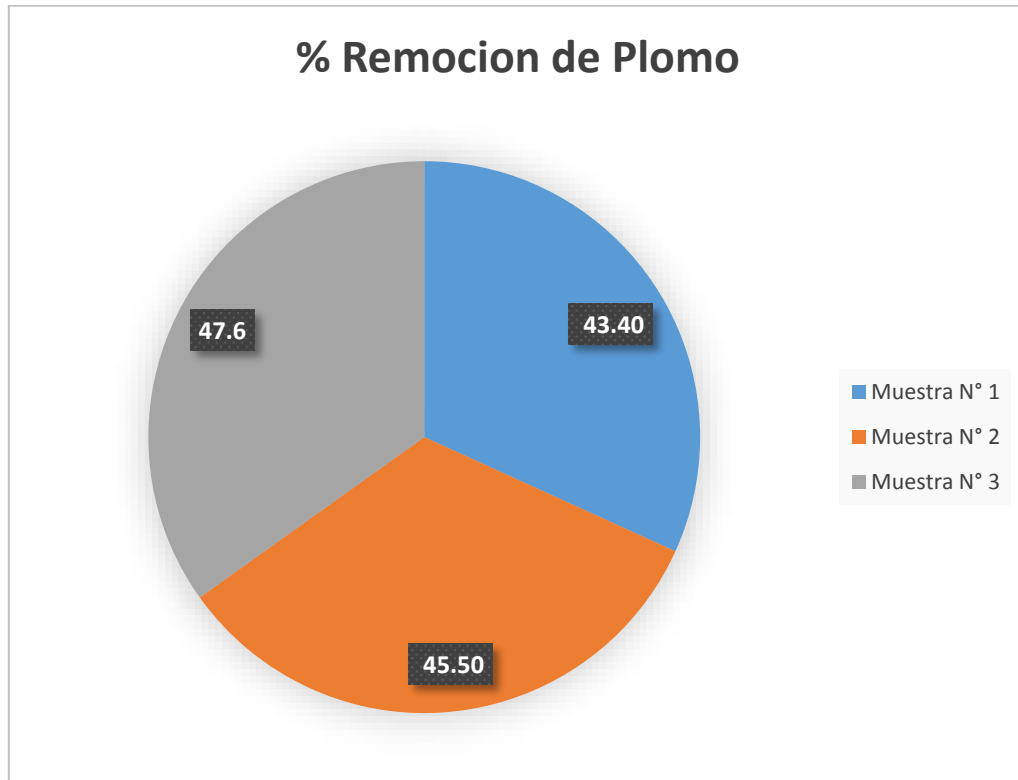
**Fuente:** elaboración propia



**Figura 20.** Comparación de resultados finales después de pasar por el Biofiltro propuesto.

**Fuente:** ANA, OMS, Laboratorio regional del Agua.

De los resultados obtenidos en la figura 19 y haciendo una comparación con datos existentes según el ANA y la OMS se observa en la figura 20, se ha podido remover el plomo en una gran cantidad llegando a concluir que el Biofiltro remueve los metales pesados.



**Figura 21.** Comparación de remoción de plomo después de pasar por el Biofiltro propuesto.

**Fuente:** Elaboración propia



## ANALISIS Y DISCUSION

Con respecto al análisis térmico diferencial realizado, se percibe en la figura 6, el proceso que pasa la arcilla antes de convertirse en óxidos, ocurriendo que en el rango de 70°C y 140 °C existe pérdida de masa de agua, en el tramo 470 y 560°C comienza un cambio de fase, pasando de elemento a óxidos, produciéndose óxidos principales tal es el caso del óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y el óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Analizando los resultados de la Figura 7, observamos que existe un cambio estructural del material debido a un ligero pico endotérmico ubicado a 540°C, siendo el punto donde se produce la activación de los óxidos del material, por esa razón la temperatura a calcinar de la arcilla es de 540°C por un período de 20 minutos; Y para la cáscara de naranja se aprecia en la figura 8. En la curva de pérdida de masa dos importantes caída de masa del material, la primera transcurre entre 80 y 120°C, y la segunda entre 210 y 370°C, el material manifiesta una pérdida total de aproximadamente 76 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo y analizando los resultados de la figura 9. Observamos un ligero pico endotérmico ubicado a 480°C, por esa razón tomé esa temperatura a calcinar de cáscara de naranja por un período de 20 minutos.

En cuanto a los resultados del Limite Liquido y plástico de la arcilla se determinó que el tipo de arcilla es Montmorillonite por el alto porcentaje de ligamento (77.05%) que se aprecia en la figura 10 y 11, 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.

De los resultados de la tabla 7. Obtenidos de la Difracción de Rayos X para analizar la composición estructural de la arcilla natural activada, nos indica que los porcentajes más relevantes encontrados son el Trióxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>). Estos resultados señalan que tenemos un material con excelente capacidad de absorción. En cuanto a la tabla 8, indica que la cáscara de naranja es un material orgánico y contiene compuestos de carbono, oxígeno e hidrógeno, aluminio y silicio dándonos como buen resultado para absorción de metales pesados en el agua tales

como el plomo. Estos resultados tienen relación a los que indica Tejada, C.; Herrera, A.; Núñez, J. (2016). que señala que la cáscara de naranja y el zuro de maíz presentan una gran capacidad de adsorción de iones Pb (II) en agua sintética.

Con respecto al pH se aprecia en la tabla 9 que la arcilla obtuvo un valor de 7.2, demostrando que es un material alcalino, mientras que en la tabla 10, la cascara de naranja presento un material ácido con pH de 4 y en la tabla 11 tenemos la combinación que se utilizará para el biofiltro obteniendo pH de 5.6, este resultado se asemeja a la investigación de Muñoz C. y Tapia H. (2007). Que demostró 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 5.53 la capacidad de biosorción de Plomo es excelente.

Según al diseño del biofiltro para la remoción de plomo, se aprecia en las figuras 12 y 13. La estructura adecuada para realizar la remoción del plomo en aguas afectadas por este elemento químico, siendo un diseño parecido a la investigación de Tapia, H., Muñoz, C., Torres, D., y Yarango, R. (2003).

En cuanto a la comparación de la remoción de plomo adicionando 200,400 y 600 esferas durante la filtración del agua, de acuerdo a las tablas 12,13 y 14, se obtiene 43.4% de plomo absorbido con 200 esferas de biofiltro, al utilizar 400 esferas de biofiltro se obtiene 45.45% de plomo absorbido por la esfera y con 600 esferas de biofiltro obtenemos 47.6% de plomo absorbido por las esferas en el agua superficial del río Chonta –Cajamarca, al analizar y comparar los resultados, se observó un óptimo tratamiento de biofiltro con 600 esferas ya que se logró remover el plomo a una cantidad de 47.6%; comparando estos resultados se obtiene que a mayor esferas de biofiltro, mayor será la cantidad de plomo removido.

Y para la Comparación de la cantidad de plomo que existe en las aguas del río Chonta – Cajamarca antes y después de utilizar el Biofiltro, se analizó de las tablas 15, 16, 17 y 18, los resultados del agua contaminada antes de pasar por el biofiltro fueron de 0.0023mg/l para la muestra 1, 0.0022mg/l de la muestra 2 y 0.0021mg/l de la muestra 3, demostrando que la muestra 1 contiene mayor cantidad de plomo en comparación a las otras muestras; Mientras que en las tablas 19, 20, 21 y 22, los

resultados del agua contaminada después de pasar por el biofiltro fueron de 0.001mg/l para la muestra 1, 0.001mg/l de la muestra 2 y 0.001mg/l de la muestra 3, demostrando que después de su tratamiento la remoción de plomo es alta, por lo cual tenemos un resultado de **47.6 %** de plomo absorbido por las 600 esferas de la muestra 3 en el agua superficial del río Chonta Distrito de Baños del Inca -Cajamarca.

## CONCLUSIONES.

Se activó térmicamente la arcilla a 540°C y la cáscara de naranja a 480°C, que es una temperatura óptima debido al cambio de fase, originando los óxidos que serán favorables para tener un material absorbente deseado por un tiempo de 20 minutos.

Se determinó que el tipo de arcilla es Montmorillonite por el alto porcentaje de ligamento (77.05%), siendo la indicada para trabajar en procesos de remoción de elementos químicos pesados en el agua como el plomo.

A través de los ensayos de fluorescencia de Rayos X, la arcilla contiene Óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con 65.272% y de trióxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con 23.028%, concluyendo que es un buen material absorbente para aguas contaminadas y en cuanto a la cascara de naranja presentan una gran capacidad de adsorción de iones Pb .

Mientras que con el ensayo del potenciómetro, se concluyó que la mezcla de arcilla y cáscara de naranja contienen 5.6 de pH, siendo la capacidad de biosorción de Plomo es excelente.

Para el diseño del biofiltro se concluyó que su estructura es de vidrio y de esta forma se pudo observar cómo el funcionamiento del tratamiento de las esferas de biofiltro.

Se comparó la remoción de plomo adicionando 200,400 y 600 esferas durante la filtración del agua, concluyendo un óptimo tratamiento de biofiltro con 600 esferas, logrando remover el plomo a una cantidad de 47.6%. 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.

Se comprobó que las muestras del agua superficial tomada del río Chonta antes del tratamiento, si contenía plomo disuelto en el agua en una cantidad aproximada de 0.0023 pb mg/l, debido al análisis de las 03 muestras se concluye que tiene plomo que está dentro de sus límites máximos permisibles dados por la OSM y el ANA.

## **RECOMENDACIONES.**

En las posteriores investigaciones se recomienda calcinar el compuesto de arcilla y cáscara de Naranja a una temperatura de cocción de 540°C, para garantizar que el compuesto removedor de plomo sea uniforme y sólido al entrar en contacto con el agua superficial.

Para la arcilla natural puede mezclarse con otro material para mejorar sus propiedades químicas y lograr hacer el intercambio catiónico con los componentes químicos del arsénico, dándole una mejor capacidad de adsorción.

De la fluorescencia de Rayos X se recomienda seguir incrementando los porcentajes de proporción de la arcilla y cáscara de naranja, realizar un nuevo análisis de fluorescencia de Rayos X para comprobar la composición química de la investigación.

Se recomienda que, para tener una mejor alcalinidad de las arcillas, se debería calcinar el material a temperaturas mayores a 540°C y determinar los nuevos parámetros de pH para comprobar resultados.

Para el diseño, se recomienda utilizar un biofiltro completo de arcilla y cáscara de Naranja para purificar el agua superficial como el agua del río Chonta Distrito de Baños del Inca – Cajamarca a fin de determinar el grado de contaminación y obtener con certeza la remoción de estos agentes contaminantes utilizando este compuesto, (arcilla y cáscara de Naranja), debido a que su elaboración es cómoda y accesible para el tratamiento de aguas contaminadas.

Se recomienda comparar la remoción de plomo adicionando 200,400 y 600 esferas con otras dosificaciones, durante la filtración del agua.

Y por último se recomienda tomar al menos tres 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.

## **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 durante todo este periodo Universitario.

### **A mi madre:**

María Filomena Muñoz Carrera quien fue y será mi mayor apoyo y fuerza para seguir siendo una mejor persona y lograr alcanzar todas mis metas.

### **A mi Padre:**

José Enrique Cerdán Abanto 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 Hermano:**

José Santos Cerdán Muñoz, quien siempre estuvo apoyándome y brindándome sus consejos para seguir adelante y cumplir este gran reto.

### **A mis Hermanos:**

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. Castañeda Gamboa Rogelio por la orientación brindada durante la realización de mi proyecto de investigación de Tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Apaza, D.** (2015). *Remoción de metales plomo (pb) y zinc (zn) de las aguas del rio toro gocha por precipitación alcalina en la ciudad de Juliaca*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno; recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1774/Apaza\\_Asqui\\_Derly\\_Willer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1774/Apaza_Asqui_Derly_Willer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Izquierdo, I.** (2016). *Efecto de un biofiltro de piedra pómez en la remoción del material orgánico del efluente agroindustrial Casa grande*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejos, Trujillo; recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6797/izquierdo\\_bi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6797/izquierdo_bi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, V.** (2013). *Equilibrio de Biosorción de plomo (ii) y caracterización mediante ft-ir y sem-edax en pectina reticulada proveniente de cáscaras de naranja*. Revista de la Sociedad Química del Perú, Lima; recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2013000300008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000300008)
- Muñoz, J.** (2007). *Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja "Citrus cinensis" pretratada*. Tesis para optar el Título profesional de ingeniero químico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú; recuperado de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/391/Mu%C3%B1oz\\_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/391/Mu%C3%B1oz_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mamani, R.** (2014). *Bioadsorción de plomo (ii) de las aguas del río Ayaviri, mediante el uso de salvado de cebada*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno; recuperado de [file:///C:/Users/HP/Downloads/Mamani\\_Cruz\\_Rony\\_Angel%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Mamani_Cruz_Rony_Angel%20(1).pdf)

- Paredes, J.** (2012). *Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción*. Tesis para optar el título de Maestro, Universidad Nacional Autónoma de México, México; recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5084/Tesis.pdf>
- Raymundo, J.** (2017). *Modelo de Tratamiento de Aguas Residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta - Sapallanga*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad del centro del Perú, Huancayo; recuperado...de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3873/Raymundo%20Montes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saavedra, L.** (2016). *Remoción de fósforo en aguas residuales por el método de floculación y sedimentación utilizando cal artesanal y alumbre – kollpa*. . Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos, Puno; recuperado de [http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4336/Lizet\\_Marlene\\_SAAVEDRA\\_S%C3%81NCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4336/Lizet_Marlene_SAAVEDRA_S%C3%81NCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, L.** (2017). *Propuesta de desarrollo de un biofiltro para remoción de plomo en el agua de consumo de los pobladores del recinto Yurima – Daule*. Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental, Universidad de Guayaquil, Colombia; recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21020/1/Tesis%20Lissette%20Ramirez%20Moreira.pdf>
- Tejada, C.; Herrera, A.; Núñez, J.** (2016). *Remoción de plomo por biomasa residuales de cáscara de naranja (citrus sinensis) y zuro de maíz*. Artículo Científico .Universidad de Cortegana, Colombia; recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a20.pdf>
- Tapia, H., Muñoz, C., Torres, D., y Yarango, R.** (2003). *Biosorsion de PB por cáscara de naranja Modificada*. Artículo Científico. Universidad Mayor de San Marcos, Lima; recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing\\_quimica/vol5\\_n2/a06.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing_quimica/vol5_n2/a06.pdf)



## **ANEXOS**

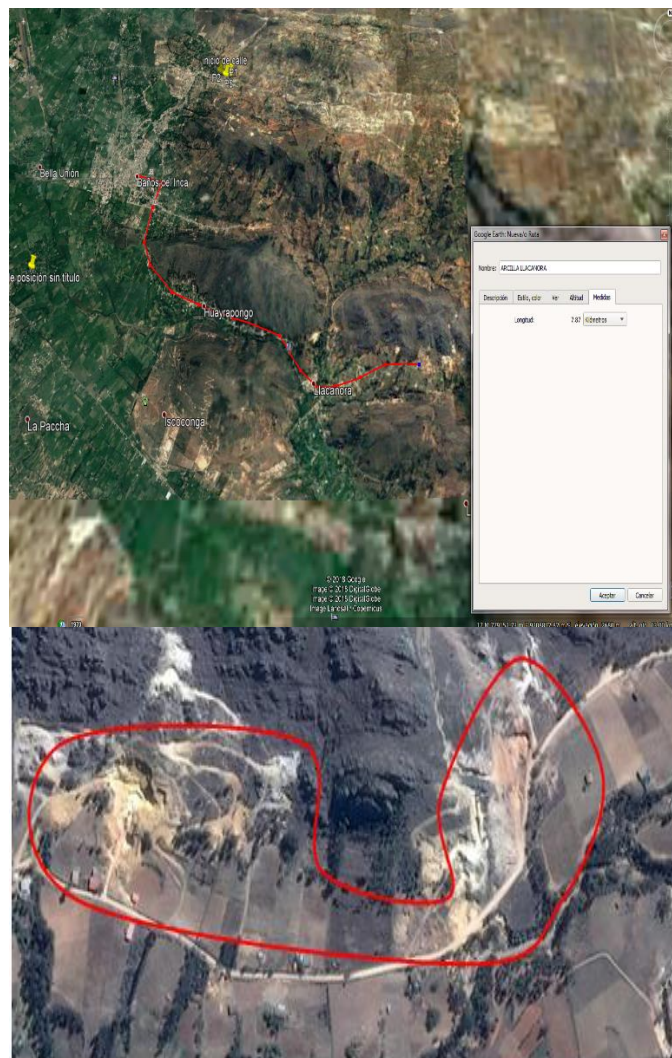
**ANEXO I**

**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 2018



**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 - Llacanora, 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.

## **PROCEDIMIENTO DE ARCILLA**

### **Lavado y sedimentación de arcilla**

- La arcilla fue limpiada en seco.
- La arcilla fue lavada con agua potable y pasada por el Tamiz de malla N° 200 de propiedad de la (Universidad Nacional de Cajamarca –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:** Arcilla lavada y puesta en reposo



**Foto N° 5:** 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° 6:** colocación de la arcilla al horno



**Foto N°7:** Arcilla sacado del horno después de 24 hr

### **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° 8:** Pulverización de la arcilla



**Foto N° 9:** Tamizado de la arcilla en la malla N° 200



## Realización del límite líquido y plástico



**Foto N° 10:** Realizando el límite líquido



**Foto N° 11:** Peso de las taras



**Foto N° 12:** Peso de la muestra húmeda



**Foto N° 13:** Peso de los palitos para el límite plástico



**Foto N° 14:** Colocación de las muestras al horno



**Foto N° 15:** Muestras sacadas del horno

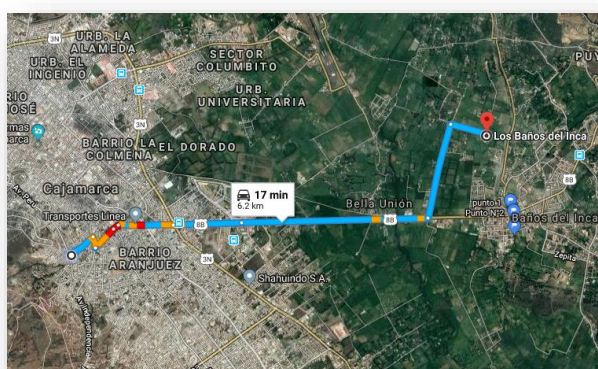
## Extracción de la cáscara de Naranja:

### Datos de la Zona:

- **Ubicación** : Juguerias de Baños del Inca
- **Distrito** : Baños del Inca
- **Provincia** : Cajamarca
- **Departamento** :Cajamarca
- **Coordenadas:** E: 981046; N: 84241226.
- **Elevación** : 3.200 m.s.n.m.

### Lavado y secado de Cascara de Naranja:

- La cáscara de Naranja fue recolectado en 1 saco limpio.
- La cáscara de Naranja fue lavada con agua potable y sumergidas en agua durante 24 horas.
- Todo el material lavado fue recogido en un plástico para su respectivo secado durante 15 días
- La cáscara de Naranja después de estar secado durante 15 días fue triturado con una piedra bien limpia y tamizada en la malla 200.
- Se adquirió de las señoras que venden jugo todos los días pelada mediante una maquina cortadora en el distrito de Baños del Inca – Cajamarca.
- El PH de la combinación de arcilla y Cascara de Naranja fue sacado en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.



**MAPA N° 04:** La zona elegida fue la plaza de armas del Distrito de Baños del Inca-Cajamarca

**Fuente:** Google Eart 2018



**Mapa 5:** Ubicación de la Zona en donde se realizó la extracción de cáscara de Naranja coordenadas E: 981046; N: 84241226.

**Fuente:** Google Eart 2018



**FOTO N° 16:** Cáscara de Naranja Recolectada

- La cáscara de Naranja fue juntado en un saco de plástico un peso de 15 kilogramos.



**FOTO N° 17:** Recolección de la cáscara de Naranja

- La cáscara de Naranja fue lavada 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° 18:** Lavado de cáscara de Naranja



**FOTO N° 19:** cáscara de Naranja sumergidas en agua para eliminar el yodo



**FOTO N° 20:** Proceso de secado de la cáscara de Naranja después de ser lavada en un lugar fresco y con entrada del sol.



**FOTO N° 21:** Las cáscara de Naranja resecadas y listas para su trituración después de 15 días calendarios



**FOTO N° 22:** Trituración de la cáscara de naranja en molinillo





**FOTO N° 23:** Cáscara de naranja triturada en molinillo.

### **Elaboración de las esferas de 5 mm de diámetro.**

#### **Materiales:**

- Arcilla pulverizada y tamizada en la malla N° 200.
- Cascara de Naranja pulverizada y tamizado en la malla N°200
- Agua destilada.
- Lavador para la mescla.

#### **Herramientas manuales:**

- Lamina de vidrio
- Prensa papas.
- barbilejo
- Jeringa

**Dosificación: A: 2, CN: 1**

- Se pesó 20.00 gr de arcilla Y 10.00 (A:2, CN:1) gr de cáscara de Naranja 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 540°C durante un tiempo 45 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, CN:1).
- Se elaboraron en total 1200 esferas biofiltrantes.
- Para cada tratamiento del agua se aumentó la cantidad de esferas biofiltrantes



**Foto N° 24:** Peso de la arcilla



**Foto N° 25:** Peso de la cáscara de Naranja



**FOTO N° 26:** Ph de la combinación de la arcilla y la cáscara de Naranja con una cantidad limitada de agua destilada.



**Foto N° 27:** Cantidad de agua destilada para agregar a las muestras



**Foto N°28:** Moldeando la mezcla en forma manual.



**Foto N° 29:** Obtención de esferas de 5mm en sus diferentes dosificaciones.



**Foto N° 30:** Peso de las esferas de arcilla de 5mm antes de calcinarlo.



**Foto N° 31:** Colocación de esferas al horno (gr)



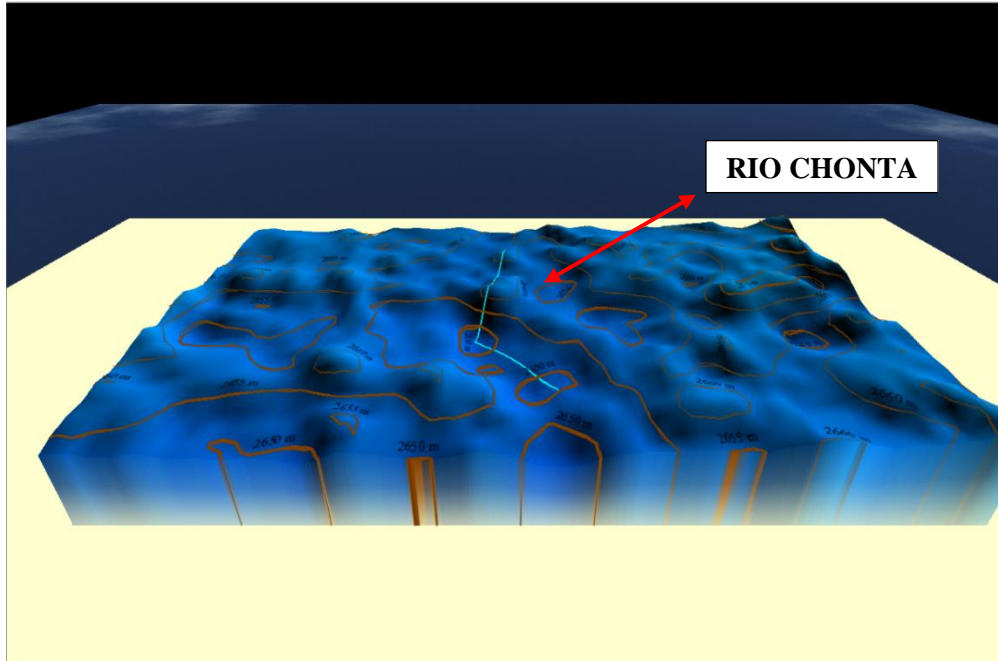
**Foto N° 32:** temperatura de calcinación (450°C x 45min)



**Foto N° 33:** Esferas calcinadas

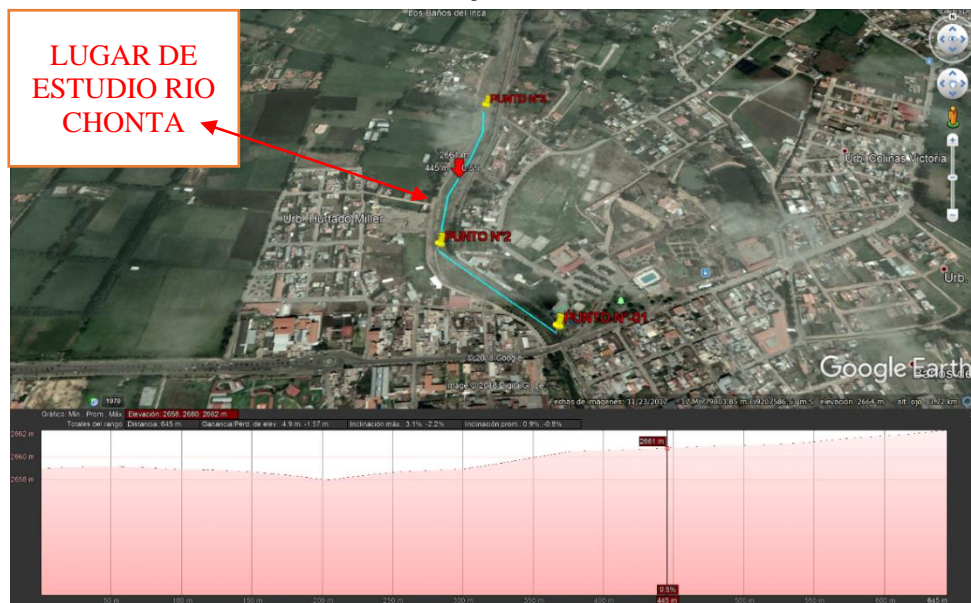
## ANEXO II

### UBICACIÓN DEL RIO CHONTA – CAJAMARCA.



Mapa N° 06 Cuenca del rio Chonta – Cajamarca

Fuente: Global Mapper.



Mapa: N° 7 Estudio del rio Chonta

Fuente: Google eart



## SELECCIÓN DE LA ZONA PARA EXTRAER LAS MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL

### DATOS DE LA ZONA:

- **Ubicación** : Rio Chonta Baños del Inca
- **Provincia** : Cajamarca
- **Departamento** : Cajamarca
- **Elevación** : 2750 m s. n. m.



**Foto N° 34:** Ubicación de la zona en donde se muestrea el agua.

- Las muestras de agua fueron extraídas del rio Chonta Distrito de Baños del Inca – Cajamarca.
- Se almacenaron en tres botellas PVC de 1 litros c/u. para su posterior análisis.
- Las 03 muestras de agua fueron extraídas del rio Chonta de diferentes puntos.



**FOTO N° 35:** Extracción de la primera muestra (M1), coordenadas E: 981056, N: 6212484



**Foto N° 36:** Extracción de la segunda muestra (M2), coordenadas E: 287586, N: 6212484



**Foto N° 37:** Extracción de la tercera muestra (M3), coordenadas E: 159086, N: 9213484



**Foto N° 38:** Muestras del agua extraída del río Chonta.

## Biofiltro prototipo para remover el plomo del agua

Biofiltro donde se ha tratado la 3 muestras de agua del rio Chonta –Baños del Inca.



**Foto N° 39:** 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 3 muestras de agua tratada fueron tomada en distintos horarios:
  - ✓ Muestra N° 01 : 7.00 am de la mañana
  - ✓ Muestra N° 02 : 12.pm am de la tarde
  - ✓ Muestra N° 03 : 6.00 pm de la tarde
- Se almacenaron en tres 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

- Se trataron 15 litros de agua por cada muestra haciendo un total de 45 litros.
- El tratamiento duro 20 minutos por cada muestra haciendo un total de 1 hora en las 03.
- Las muestras analizadas se recogieron en envases plastificados y conservados en un culer para su análisis correspondiente en el **Laboratorio Regional del Agua** (Gobierno regional de Cajamarca).

### MUESTREO N° 01.



**Foto N° 40:** Toma de la primera muestra (M1) a las 7.00 am.

## MUESTREO N° 02.



**Foto N° 41:** Toma de la segunda muestra (M2) a las 12pm.

## MUESTREO N° 03.



**Foto N° 42:** Toma de la tercera muestra (M3) a las 6.00pm

## **ANEXO III**

### **ENSAYOS EN LABORATORIO**

- Ensayo de Limite Plástico y Limite Liquido de la Arcilla
- Análisis físico de PH de la Arcilla y cáscara de Naranja
- Análisis térmico Diferencial de la arcilla –UNT
- Análisis térmico Diferencial de la cáscara de Naranja -UNT
- Análisis de Eflorescencia de rayos x de la arcilla y de la cáscara de Naranja
- Análisis Fisicoquímico de las Muestras del agua del rio chonta –Cajamarca
- Análisis Bacteriológico de las muestras del agua del rio Chonta – Cajamarca.
- Calcinación de las esferas Biofiltrantes de arcilla y cáscara de naranja.
- Informe de análisis de agua antes de ser tratada (Laboratorio Regional del Agua)
- Informe de análisis de agua despues de ser tratada (Laboratorio Regional del Agua)
- Resultados de la Valides estadística

- Ensayo de Limite Plástico y Limite Liquido de la Arcilla



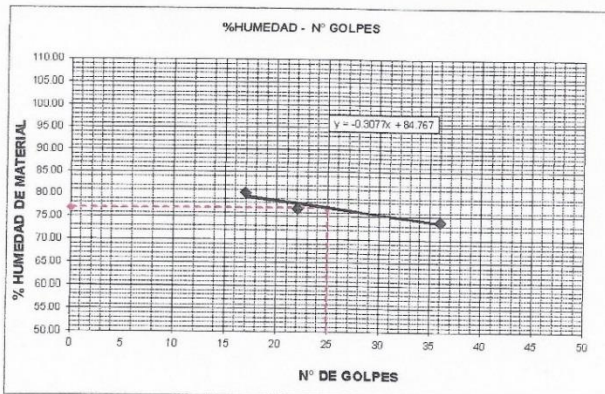
**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

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

**SOLICITA** BACH. CERDAN MUÑOZ JOSE SERAPIO  
**TESIS** REMOCION DE PLOMO (Pb) DE LAS AGUAS DEL RIO CHONTA UTILIZANDO BIOFILTRO DE ARCILLA Y CASCARA DE NARANJA - CAJAMARCA PERU  
**LUGAR** BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA  
**MUESTRA** ARCILLA  
**FECHA** 16/05/2018

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	40.20	43.10	43.80	22.70	27.30	23.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	30.40	34.10	33.00	21.80	26.20	22.20
PESO DE LA TARA (gr.)	18.20	22.40	18.40	18.30	22.10	16.22
PESO DEL AGUA (gr.)	9.80	9.00	10.80	0.90	1.10	1.60
PESO SUELO SECO (gr.)	12.20	11.70	14.80	3.50	4.10	5.98
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	80.33	76.92	73.97	25.71	26.83	26.77
Nro. DE GOLPES	17	22	36	26.44		



<b>LIMITE LIQUIDO</b> (MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 77.05
<b>LIMITE PLASTICO</b> (MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 26.44
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b> ASTM D-438	
IP :	% 50.61



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
JEFE



- Análisis físico de PH de la Arcilla y cáscara de Naranja



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

SOLICITA : JOSE CERDAN MUÑOZ  
 DNI : 48035571  
 PROCEDENCIA : LLACANORA - EL TAMBO – CAJAMARCA (ARSILLA)  
 BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA-CAJAMARCA (CASCARA DE NARANJA)  
 MUESTRA : M-1  
 MUESTRA : M-2  
 PROYECTO : TESIS  
 FECHA : 06/07/18

**TEMA:**

“REMOCION DE PLOMO (Pb) DE LAS AGUAS DEL RIO CHONTA UTILIZANDO  
 BIOFILTRO DE ARCILLA Y CASCARA DE NARANJA – CAJAMARCA PERU”


**ANÁLISIS FÍSICO**

MUETRA	PH
M-1 ARCILLA	7,20
M-2 CASCARA DE NARANJA	4.00

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado a este laboratorio para su análisis respectivo.

  
 Ing. MSc. Hugo Mosquera Estraver  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 27664

- Análisis térmico Diferencial de la arcilla –UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

---

Trujillo, 18 de mayo del 2018

**INFORME N° 146 - MAY-18**

Solicitante: José Cerdán Muñoz – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

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

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	J-146MAY	46,8 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: 46.8 mg

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

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



Tel.: 44-2055135-40750801508995003 [www.untrujillo.edu.pe](http://www.untrujillo.edu.pe) | Av. Juan Pablo Elías - Ciudad Universitaria - Trujillo - Perú

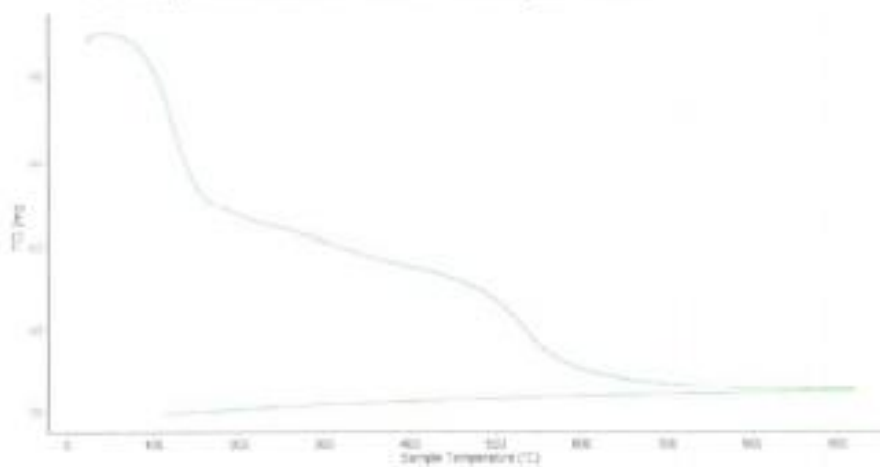


Trujillo, 18 de mayo del 2018

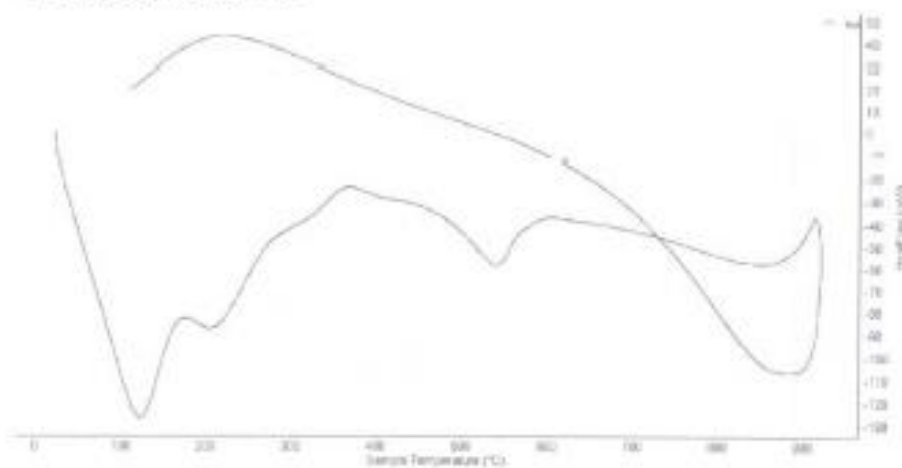
INFORME N° 146 - MAY-18

4. RESULTADOS:

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



II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 18 de mayo del 2018

INFORME N° 146 - MAY-18

## 5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termogravimétrico se muestra un importante descenso como consecuencia de su pérdida de masa frente a la temperatura, en el rango entre 70 y 140°C esto por causa de eliminación de humedad. Posteriormente se evidencia otra pérdida de masa, aunque más leve, entre 470 y 560°C, luego el descenso es imperceptible hasta llegar a perder un total de aproximadamente 18% de su masa inicial en el rango de temperatura estudiado.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente a 120 y una región endotérmica en torno a 210°C. Posteriormente experimenta un pico endotérmico a 540°C aproximadamente lo que indicaría un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material.

Trujillo, 18 de mayo del 2018



*[Firma]*  
U N Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

• Análisis térmico Diferencial de la cáscara de Naranja -UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 15 de mayo del 2018

**INFORME N° 261 - MAY-18**

Solicitante: José Cerdán Muñoz – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

**1. MUESTRA:** Cáscara de naranja (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CN-261 M	12.5 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 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 12.5 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa



Tel.: 44-203510/949790880/958669003 [dannylhvcz@hotmail.com](mailto:dannylhvcz@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria – Trujillo, Per.

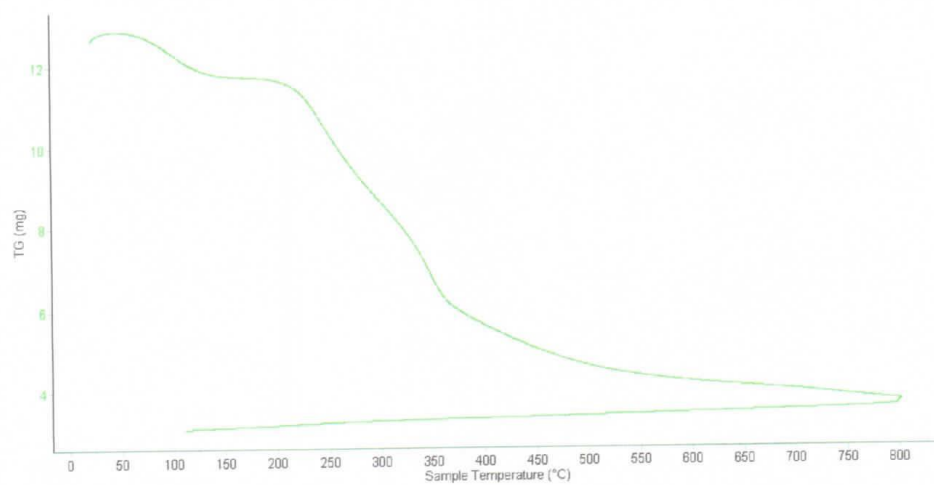


Trujillo, 15 de mayo del 2018

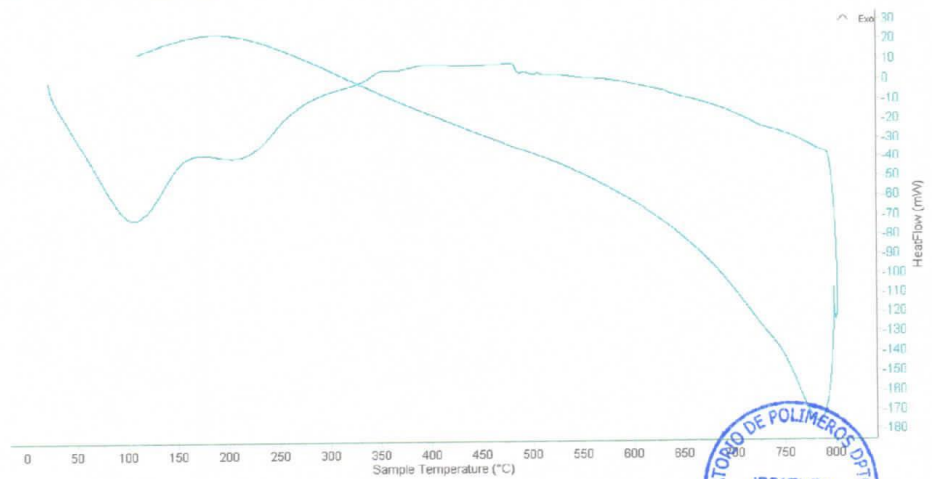
INFORME N° 261 - MAY-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel.: 44-203510/949790880/958869003 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú





Trujillo, 15 de mayo del 2018

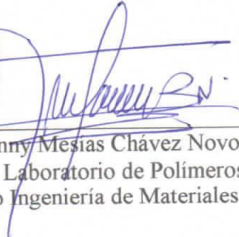
**INFORME N° 261 - MAY-18**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la segunda se da entre 210 y 370°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, y llegar a perder un total de 76% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C, también se puede evidenciar un pico endotérmico muy ligero a 480°C, todas esas temperaturas involucrarían cambios estructurales y con ella, en las propiedades del material.

Trujillo, 15 de mayo del 2018



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

- Análisis de Efluorescencia de rayos x de la arcilla y de la cáscara de Naranja



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°93-LAQ/2018**

**Análisis de una muestra de cáscara de naranja por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de naranja a pedido del Sr. **Cerdán Muñoz, José**, alumno de la Universidad de San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Remoción de Plomo (Pb) de las Aguas del Río Chonta Utilizando un Biofiltro de Arcilla y Cáscara de Naranja-Cajamarca-Perú.”**

La muestra es de color amarillo claro y en forma de polvo.

#### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 20  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4485 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por los elementos que contiene la muestra. La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de las muestras se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada “Suelo de San Joaquín” adquirida de la NIST.





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Resultados.**

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra de cáscara de naranja en línea roja en escala semi-logarítmica. La línea azul representa el espectro simulado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los elementos presentes identificados. Estas concentraciones llegan a un poco más de 7.5%, lo cual indica que la muestra es orgánica, que no ha sido calcinada, y debe contener compuestos de carbono, oxígeno e hidrógeno, principalmente. Por este motivo no es adecuado dar el resultado en términos de óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de cáscara de naranja en % de masa.

Óxido	% masa
Al	2.740
Si	0.674
P	0.108
S	0.159
Cl	0.029
K	1.127
Ca	2.514
Ti	0.008
Mn	0.004
Fe	0.146
Cu	0.005
Zn	0.003
As	0.005
Sr	0.008
Subtotal	7.530
Otros	92.470
Total	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

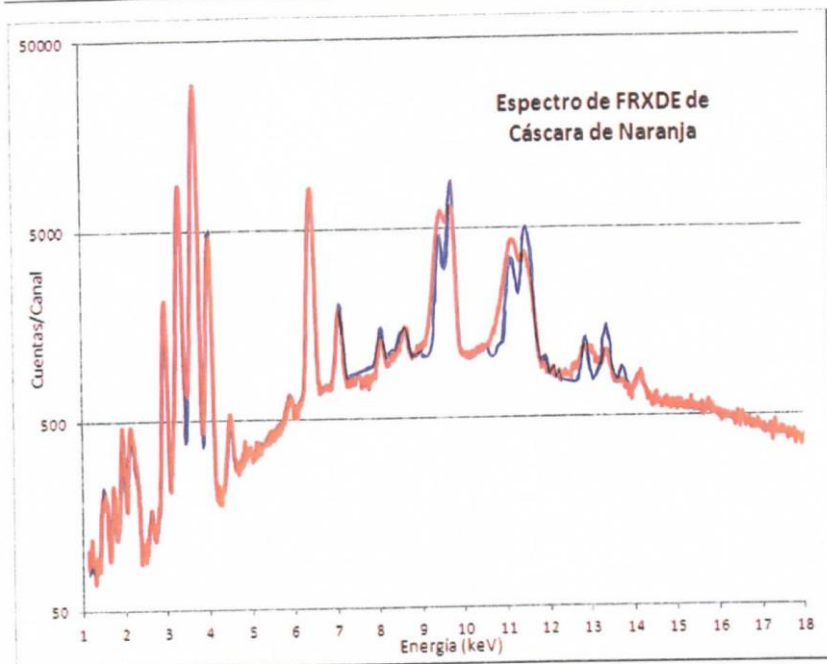


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de cáscara de naranja en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul representa el espectro simulado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 13 de julio del 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

**Informe N°92-LAQ/2018**  
**Análisis de una muestra de arcilla por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla a pedido del Sr. **Cerdán Muñoz, José**, alumno de la Universidad de San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Remoción de Plomo (Pb) de las Aguas del Río Chonta Utilizando un Biofiltro de Arcilla y Cáscara de Naranja-Cajamarca-Perú.”**

La muestra es de color amarillo claro y en forma de polvo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un 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 espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 4795 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo K y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por los elementos que contiene la muestra. La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio y bromo, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de las muestras se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada “Suelo de San Joaquín” adquirida de la NIST.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Resultados.**

La Figura 1 muestra el espectro de FRXDE de la muestra de arcilla en línea roja en escala semi-logarítmica. La línea azul representa el espectro simulado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. A pesar que las concentraciones de Al y Si son relativamente altas, sus picos característicos son débiles debido a su bajo número atómico y la baja energía de sus rayos-X característicos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de la muestra de arcilla. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos de los elementos presentes y normalizadas al 100%. Pero debe de recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de arcilla en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.947	23.028
SiO <sub>2</sub>	39.530	65.272
K <sub>2</sub> O	0.459	0.758
CaO	0.507	0.838
TiO <sub>2</sub>	0.427	0.706
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.018	0.029
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.018
MnO	0.006	0.011
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.510	9.098
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.006
CuO	0.010	0.016
ZnO	0.013	0.021
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.012
SrO	0.028	0.046
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.004
ZrO <sub>2</sub>	0.018	0.029
BaO	0.065	0.107
Totales	60.653	100.00

La suma de las concentraciones de los óxidos es bastante menor que 100% indicando que no se ha detectado picos de algunos elementos livianos como Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o hay compuestos orgánicos diferentes de óxidos, y/o una deficiencia en la



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

calibración del instrumento. Merece mencionar que esta muestra contiene menos silicio (arcilla) que una muestra típica de arcilla.

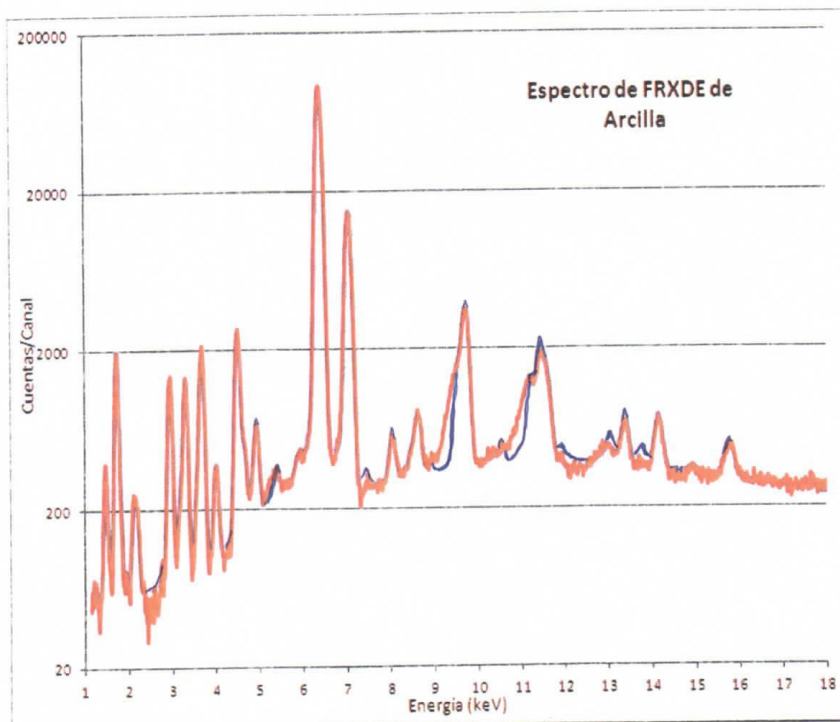


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de arcilla en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva azul representa el espectro simulado.

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 13 de julio del 2018

- Análisis Fisicoquímico de las Muestras del agua del rio chonta –Cajamarca



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

### **ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA DE RIO**


SOLICITA : JOSE CERDAN MUÑOZ  
 DNI : 48035571  
 PROCEDENCIA : RIO CHONTA-BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA  
 MUESTRA : M1  
 FECHA : 23/07/2018

TIPO DE ANALISIS  
 PARAMETROS FISIOQUIMICOS DEL AGUA DE RIO

TEMA: REMOCION DE PLOMO (PB) DE LAS AGUAS DEL RIO CHONTA UTILIZANDO UN  
 BIOFILTRO DE ARCILLA Y CASCARA DE NARANJA CAJAMARCA -PERU.

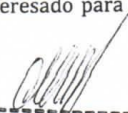
### **RESULTADOS DE ANÁLISIS**

Nº ORDEN	CARACTERÍSTICAS	UND MEDIDA	RESULTADOS	MÁXIMO RECOMENDADO OMS	MÁXIMO ADMISIBLE DIGESA CLASE I
01	ASPECTO	-	TRANSPARENTE	-	LIMPIO
02	OLOR	-	INODORO	-	INOFENSIVO
03	SABOR	-	DESAGRADABLE	-	INOFENSIVO
04	COLOR	-	INCOLORO	12	15
05	CONDUCTIVIDAD A 20°C	US/CM	108	-	2000
06	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	ppm	180	488	1000
07	SÓLIDOS SUSPENSIÓN	ppm	130	240	300
08	DUREZA CALCIO	ppm	190	92	200
09	DUREZA MAGNESIO	ppm	90	45	150
10	pH	unid	6,83	7.5	6.5 – 8.5
11	ALCALINIDAD TOTAL	ppm	17.3	-	25

  
 Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrover  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 27664

12	TURBIDEZ	NTU	1.2	4	-
13	ARSÉNICO	ppm	-	0.1	-
14	PLOMO	ppm	-	0.1	-
15	SELENIO	ppm	0.001	0.03	-
16	FÓSFORO	ppm	1.4	0.1	-
17	OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	-	1.8	-	2.5
18	CLORUROS (Cl <sup>1-</sup> )	ppm	26.5	-	250
19	ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	ppm	0.01	0.2	0.2
20	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	ppm	45.2	239	400
21	FIERRO (Fe)	-	0.01	0.1	1.0
22	COBRE (Cu)	ppm	0.02	0.04	1.5
23	MANGANESO (Mn)	ppm	< 0.01	0.4	0.5
24	NITRITO (NO <sub>2</sub> ) <sup>1-</sup>	ppm	< 0.01	2.0	3.0
25	ZINC (Zn)	ppm	-	2.0	3.00
26	NITRATO (NO <sub>3</sub> ) <sup>1-</sup>	ppm	-	42.00	50.0
27	CADMIO (Cd)	ppm	-	0.002	0.003
28	CROMO (Cr)	ppm	-	0.07	0.05
29	FLORURO F <sup>-</sup>	-	-	1.3	1.0

**NOTA** : La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado para el análisis respectivo.

  
Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrover  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 27664

### ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE UNA MUESTRA DE AGUA POTABLE

SOLICITA : JOSE CERDAN MUÑOZ  
 PROCEDENCIA : RIO CHONTA-BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA  
 MUESTRA : M1  
 FECHA : 23/07/2018

### ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

MÉTODO FILTRO DE MEMBRANA

### REGISTRO

VOLUMEN FILTRADO	Nº COLIFORMES ENCONTRADAS	Nº COLIFORMES FECALES TOTALES
ml	mpn/100 ml	mpn/ 100ml
100	1.00	0.00


**OBSERVACIONES:**

### CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

CATEGORÍA	RECuento DE COLIFORMES FECALES mpn/ 100 ml
A	0 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE APTA
B	1-10 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
C	11-50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
D	Mayor a 50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)

**CONCLUSIÓN** : La muestra de agua se encuentra en la categoría B, el cual no se encuentra dentro de los límites permisibles de acuerdo de la norma DIGESA y OMS para su consumo como agua potable.

**NOTA** : La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado para el análisis respectivo.

  
 Ing. MSc. Hugo Mosquera Estraver  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP 27664



- Calcinación de las esferas Biofiltrantes de arcilla y cáscara de naranja.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

**CALCINACION DE ESFERAS BIOFILTRANTES DE ARCILLA Y CASCARA DE NARANJA**

SOLICITA : JOSE CERDAN MUÑOZ  
 DNI : 48035571  
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA-LLACANORA  
 MUESTRA : ESFERAS DE ARCILLA-CASCARA DE NARANJA  
 FECHA : 18/07/18

**TESIS: REMOCION DE PLOMO DE LAS AGUAS DEL RIO CHONTA UTILIZANDO BIOFILTRO DE ARCILLA Y CASCARA DE NARANJA - CAJAMARCA PERU.**

**PROCEDIMIENTO**

CANTIDAD	DIAMETRO	TEMPERATURA	TIEMPO	MUESTRA
1200 und	5mm	450°	45min	Arcilla-cascara de naranja

**CONCLUSIÓN** : La muestra de esferas de arcilla y cascara de naranja se calcinó de acuerdo a sus parámetros establecidos y con la temperatura obtenida por el análisis térmico diferencial (ATD) con su tiempo establecido.

**NOTA** : La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado para el análisis respectivo, contando con la presencia del tesista.

  
 Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrayer  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 27664

- Informe de análisis de agua antes de ser tratada (Laboratorio Regional del Agua)



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
 CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0718411**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **JOSÉ CERDAN MUNOZ**  
 Dirección: **Jr. Apurímac N°888**  
 Persona de contacto: - Correo electrónico: **cerdan1993@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo: **23.07.18** Hora: **13:30 a 13:55**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **03 Muestras** N° Frascos x muestra: **01**  
 Ensayos solicitados: **Químicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **RÍO CHONTA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 422** Cadena de Custodia: **CC - 411 - 18**  
 N° Orden de Trabajo: **0718411**  
 Fecha y Hora de Recepción: **23.07.18** 14:50 Inicio de Ensayo: **23.07.18** 16:00  
 Reporte Resultado: **02.08.18** 15:00

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	-	-	-
Código Laboratorio			0718411-01	0718411-02	0718411-03	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra			Río Chonta	Río Chonta	Río Chonta	-	-	-
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LDM</b>	<b>Resultados</b>					
Plomo (Pb)	mg/L	0.001	0.0023	0.0022	0.0021	-	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

*Mariano de la Cruz Sarmiento*  
 Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Cajamarca, 02 de Agosto de 2018.

Página: 1 de 1



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
**GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA**  
**CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0718418**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **JOSÉ CERDAN MUÑOZ**  
 Dirección **Jr. Apurimac N°888 - Cajamarca.**  
 Persona de contacto - Correo electrónico **cerdan1993@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo **26.07.18** Hora: **07:30 a 07:55**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **03 Muestras** N° Frascos x muestra **01**  
 Ensayos solicitados **Químicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **RÍO CHONTA - BAÑOS DEL INCA. Las muestras analizadas son tomadas antes de pasar por tratamiento de biofiltro.**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 422** Cadena de Custodia **CC - 418 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **0718418**  
 Fecha y Hora de Recepción **26.07.18** 11:30 Inicio de Ensayo **01.08.18** 16:00  
 Reporte Resultado **02.08.18** 15:00

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	D1 Muestra N° 01	D2 Muestra N° 02	D3 Muestra N° 03			
Código Laboratorio	0718418-01	0718418-02	0718418-03	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra	E: 7.163576 N: 78.46635	E: 7.162381 N: 78.467471	E: 7.159821 N: 78.466730	-	-	-
Parámetro	Unidad	LDM	Resultados			
Plomo (Pb)	mg/L	0,001	<LDM	<LDM	<LDM	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Cajamarca, 02 de Agosto de 2018.

Página: 1 de 1

- Resultados de la Valides estadística

## RESULTADOS ESTADISTICOS

Tabla: Resultados de Remoción de plomo en el agua pasados por biofiltro según proporciones de arcilla y cascara de naranja en diferentes momentos. Rio chonta Distrito Baños del Inca Cajamarca.

Tratamiento	Momento		Diferencia
	Antes	Después	
M 1	0,0023	0,001	0,0013
M 2	0,0022	0,001	0,0012
M 3	0,0021	0,001	0,0011
Media	0,0022	0.001	0,0012

Fuente: Elaboración propia

$$t = 20,785 \quad p=0.002 \quad p<0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y  $p<0.05$  podemos decir que la media de las diferencias antes y después de aplicar las esferas de la combinación de arcilla y cascara de naranja es significativamente diferente de cero ( $p=0.002$ ), por lo que podemos indicar que el material compuesto es efectivo para la remoción del plomo en el agua del río Chonta Cajamarca distrito de Baños del Inca.

Handwritten signature and initials, possibly reading 'V. B.' or similar.