

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Remoción de arsénico de las aguas del Rio Santa usando
arcilla natural del centro poblado de Otuzco - Cajamarca**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Zare Aurora, Kenyu Erik

Asesor

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Remoción de Arsénico
Especialidad	Hidráulica

KEY WORDS:

Theme	Arsenic Removal
Speciality	Hydraulic

LINEA DE INVESTIGACION:

Código	Línea
01.	Ingeniería
02.	Ingeniería y Tecnología
02.01.	Ingeniería Civil

**Remoción de arsénico de las aguas del Rio Santa
usando arcilla natural del centro poblado de Otuzco -
Cajamarca**

RESUMEN

El propósito del proyecto de investigación es determinar si la arcilla natural activada del centro poblado de Otuzco - Cajamarca remueve el arsénico que se encuentra a 100 metros antes de la desembocadura de las aguas del río Santa al mar, para ello se necesita hacer un análisis de las muestras obtenidas de las aguas del río Santa, un antes y después de ser tratadas.

Es una investigación explicativa con un enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental. El desarrollo del análisis de los datos se realizó con tablas y porcentajes en Excel.

Los resultados mostraron que la concentración de arsénico en la muestra antes del tratamiento es 0.0878mg/L y al ser tratada se reduce a 0.079mg/L, siendo efectiva en un 10.02% de la cantidad inicial. Este resultado sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos por la calidad ambiental del agua que es 0.010 mg/L de agua para el consumo humano.

ABSTRACT

The purpose of the research project is to determine if the activated natural clay from the town of Otuzco - Cajamarca removes the arsenic that is 100 meters before the mouth of the Santa river to the sea, for this it is necessary to make an analysis of The samples obtained from the waters of the Santa River, before and after being treated.

It is an explanatory research with a quantitative and pre-experimental design approach. The development of the analysis of the data was done with tables and percentages in Excel.

The results showed that the concentration of arsenic in the sample before treatment is 0.0878mg / L and when treated it is reduced to 0.079mg / L, being effective in 10.02% of the initial amount. This result exceeds the maximum permissible limits established by the environmental quality of water, which is 0.010 mg / L of water for human consumption.

INDICE

Contenido	
Palabras Clave – Key words – Línea de investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Introducción	1
Metodología	26
Resultados	37
Análisis y discusión	39
Conclusiones	41
Recomendaciones	42
Agradecimiento	43
Referencias bibliográficas	44
Apéndices y anexos	47

Índice de Tablas

Tabla 1: Movilidad relativa de algunos elementos	9
Tabla 2: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua	11
Tabla 3: Composición química de algunos minerales arcillosos	16
Tabla 4: Grado de plasticidad de la arcilla	19
Tabla 5: Capacidades típicas de intercambio catiónico de las arcillas	20
Tabla 6: Valores estimados de la porosidad (%)	21
Tabla 7: Composición química expresada como óxidos	38
Tabla 8: Cuantificación de las principales fases en la muestra analizada	38
Tabla 9: Determinación cuantitativa de arsénico en la muestras de agua	38

Lista de Figuras

Figura 1: Monitoreo de 13 puntos Cuenca Rio Santa	05
Figura 2: Desembocadura del rio santa-Distrito de Santa	06
Figura 3: Tres maneras de dibujar el silicio tetraédrico	12
Figura 4: Estructura de una lamina por apilamiento	13
Figura 5: Estructura de los filosilicatos	14
Figura 6: Grafico de Plasticidad de la arcilla	19
Figura 7: Agua del rio santa en el distrito de santa	25
Figura 8: Cantera de arcilla del Centro poblado de Otuzco-Cajamarca. 2016	27
Figura 9: Agitando la arcilla para homogenizarla	27
Figura 10: Extendiendo la arcilla en las fuentes	28
Figura 11: Llevar la arcilla al horno aproximadamente 24 horas	28
Figura 12: Arcilla despues de secar por 24 horas en el horno	29
Figura 13: La arcilla tamizada por la malla N° 200	29
Figura 14 Colocando la arcilla mezclada en el cucharon Casagrande	30
Figura 15: Pesando la muestra seca para ver el contenido de humedad	30
Figura 16: La arcilla se moldea en forma cilíndrica	31
Figura 17: Pesando la muestra para ver su contenido de plasticidad	31
Figura 18: Materiales para la elaboración de las esferas de arcilla	32
Figura 19: Moldeando la masa y dejándola secar por 24h a temperatura ambiente	33
Figura 20: Se llevo a la mufla para ser calcinada a una temperatura de 540° C	33
Figura 21: Extracción de la muestra de agua	34

Figura 22: Se pesó 2 unidades de 10 gramos	35
Figura 23: Luego se vació las esferas a cada jarra de ½ litro	35
Figura 24: Se dejó a 100 revoluciones por 3 minutos	36
Figura 25: Se dejó a 50 revoluciones por 15 minutos	36
Figura 26: Análisis Calorimétrico	37
Figura 27: Análisis Termo Gravitatorio	37
Figura 28: Comparación cuantitativa de arsénico en (mg/L)	40
Figura 29: Coordenadas de referencia para el muestreo del agua en el rio santa	49
Figura 30: Muestras de agua en frascos esterilizados en el punto Rsant 13	49

INTRODUCCIÓN

El agua superficial en el Perú es abundante, sin embargo su calidad es crítica en algunas regiones del país. Este deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas mas graves que sufre el país, pues constituye un impedimento para lograr el eficiente uso del recurso, lo que compromete el abastecimiento tanto en calidad como en cantidad. Es importante considerar que en los últimos años este recurso natural se está volviendo más escaso.

La contaminación del agua varía en intensidad de acuerdo con las distintas zonas del país y dependen de las actividades humanas y productivas en dichas zonas.

El agua en el rio santa se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta y además de los deshielos de la Cordillera Blanca, cuyos aportes contribuyen a mantener una considerable descarga, aún en época de estiaje, lo cual hace del río Santa uno de los ríos más regulares de la Costa peruana, sin embargo estas aguas están siendo influenciadas por la actividad minera que es la iniciadora de los procesos de contaminación.

Los relaves mineros que se encuentran en los distritos de ticapamapa y recuay son las que desechan una mezcla de residuos hacia las aguas del rio, la mayoría de estos residuos contienen metales como el arsénico lo cual es una fuente de contaminación para la salud de quienes la consumen el agua.

Dado que el agua de buena calidad en las comunidades rurales y urbanas es parte fundamental para el mejoramiento de las condiciones de vida, el interés de esta investigación es saber si la arcilla activada adsorbe el arsénico que esta dentro de las aguas del rio santa evaluando el tiempo de contacto.

También tiene como interés brindar datos para una posterior evaluación de las aguas con biofiltros para tratar las aguas de las poblaciones que no cuentan con un sistema de plantas de tratamiento.

De los antecedentes encontrados se ha abordado los trabajos mas relevantes a estas investigación, como el de **Te B., Wichitsathian B. & Yossapol C. (2015)**, nos dice que: En este estudio, se utilizaron arcillas comunes naturales como materia prima para ser modificados con soluciones férrico y ferroso para desarrollar adsorbentes mejorados de costos eficientes y bajos. Los adsorbentes (en bruto de la arcilla, la arcilla / FeSO₄, y arcilla / FeCl₃) se investigaron para la eliminación de arseniato de solución acuosa sintética en los estudios de lotes con respecto al tiempo de contacto, solución de pH, la concentración medida inicial (V), y la temperatura. Los resultados mostraron que las arcillas naturales comunes, materiales de bajo costo y ampliamente disponibles, se pueden modificar con soluciones férrico y ferroso para ser los adsorbentes para la eliminación de arsénico del agua. En comparación con la absorción de arseniato de arcilla en bruto, proceso de modificación de hierro tiene efecto sobre la eficiencia de adsorción arseniato de una solución acuosa sintética. La solución férrico ha aumentado la eficiencia de absorción de dos veces, y la solución ferrosa ha aumentado la eficiencia de tres pliegues.

Por otro lado la investigación de **Zehhaf A., Benyoucef A., Quijada C., Taleb S. & Morallón E. (2013)**, nos dice que: La adsorción de As (III) a partir de soluciones acuosas utilizando montmorillonitas naturales y modificadas de Argelia se ha investigado en función del tiempo de contacto, pH y temperatura. Los estudios cinéticos revelan que la captación de As (III) los iones es rápida dentro de las primeras 3 horas, y se ralentiza a partir de entonces. Estudios de equilibrio demuestran que As (III) muestra la afinidad más alta hacia montmorillonita ácida incluso a muy baja concentración de arsénico. La cinética de la adsorción As (III) en todas las montmorillonitas utilizados está bien descrita por una pseudo-segundo orden modelo de reacción química, lo que indica que el proceso de adsorción de estas especies es probable que sea quimisorción. isotermas de adsorción de As (III) integrados bien los modelos de isotermas de Langmuir y Freundlich. La adsorción de As (III) es dependiente del pH para obtener una adsorción óptima a un pH de 5. A partir de los parámetros termodinámicos, se concluye que el proceso es exotérmico, espontánea, y favorable. Los resultados mostraron que el Acida-M2 es un material eficiente de bajo

costo para la eliminación de As (III) a partir de soluciones acuosas y La cinética de la adsorción As(III) en todas las montmorillonitas utilizados está bien descrita por un pseudo-segundo orden modelo de reacción química, lo que indica que el proceso de adsorción de estas especies es probable que sea quimisorción.

Así mismo se encontró la investigación **Chiban M., Zerbet M., Carja G. & Sinan F. (2011)**, nos dice que: La presencia de arsénico en aguas, especialmente aguas subterráneas, se ha convertido en un problema en todo el mundo en las últimas décadas. La regulación actual de la norma de agua potable se ha vuelto más estrictas y requiere contenido de arsénico que ser reducido a unas pocas partes por mil millones. Hay un número de métodos de eliminación de arsénico, que incluyen coagulación, seguido de precipitación, separación de membrana, de intercambio aniónico, etc. El uso de adsorbente bajo costo de obtenido a partir de un medio ambiente los materiales, se ha investigado como un reemplazo para los métodos actuales de la eliminación de costosos arsénico de la solución. Los materiales naturales o productos de desecho procedentes de determinadas industrias con una alta capacidad de arsénico se pueden obtener, empleados, y eliminarse junto con un bajo costo. Los resultados mostraron que: La adsorción de arsénico de la solución acuosa tiene un papel importante en el control de la contaminación del agua y en los últimos años y las capacidades de adsorción de arsénico de adsorbentes de bajo coste presentados varían, dependiendo de las características del adsorbente individual, concentración de arsénico, pH, temperatura y tiempo de contacto.

La Fundamentación científica de la presente investigación está basada en la ingeniería civil:

La investigación se justifica en el aspecto social y del conocimiento:

La presente investigación se justifica socialmente porque el río Santa es usado como fuente de agua para el consumo humano en diferentes zonas de la cuenca, pero esta a su vez muestra concentraciones de arsénico por encima de los límites permitidos por las normas nacionales e internacionales, en la mayoría no cuentan con un sistema de plantas de tratamiento de las aguas ante los metales. Esta investigación tiene por finalidad remover el arsénico que se encuentra a 100 metros antes de la desembocadura del río Santa al mar con arcilla natural activada.

Respecto al conocimiento porque la arcilla natural del centro poblado Otuzco – Cajamarca podría servir como un buen adsorbente del arsénico, ya que este metal en su forma inorgánica es muy tóxico, por tanto sería de beneficio a las aguas contaminadas por este químico (As) a un precio económico y accesible para todos lo que lo quieran utilizar.

El problema de la presente investigación es que hubo un estudio realizado por la dirección de gestión de la calidad de recursos hídricos (DGCRH) en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua (ANA) quien llevo a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua de la cuenca del río Santa con la finalidad de evaluar el estado actual del agua. Se analizaron 40 puntos de monitoreo a lo largo de la cuenca del río Santa y en esta se presenta 13 puntos de monitoreo. Se informó que desde su nacimiento hasta su desembocadura registra niveles altos de metales que superan los parámetros de los ECA-Agua, un punto de monitoreo en el que se registró un nivel alto de metal como el arsénico (As) fue a 100 metros antes de la desembocadura del río Santa al mar, esto se debe a los pasivos mineros y ríos tributarios que contribuyen con el río Santa modificando sus características.



Figura 1: Monitoreo de 13 puntos Cuenca Rio Santa
Fuente: Autoridad Nacional del Agua

¿Cuál es el efecto de la arcilla natural del centro poblado de Otuzco – Cajamarca en la remoción de la cantidad de arsénico de las aguas en la desembocadura del río Santa?

La conceptualización y Operacionalización de variables consta de lo siguiente:

Cuenca del rio santa

La cuenca del río Santa es parte de la cuenca del Océano Pacífico y según la Autoridad Nacional del Agua – ANA, pertenece a la Región Hidrográfica del Pacífico, como parte de la Unidad Hidrográfica 137 (Autoridad Nacional del Agua, 2008).

La cuenca del río Santa se ubica en la costa central del Perú, en el sector septentrional del departamento de Ancash. Correspondientes a las regiones de Ancash y La Libertad.

Problemas ambientales en la cuenca

Los Antropogénicos directos, son las diversas actividades humanas que se desarrollan en la cuenca del río Santa 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.

- La actividad minera principalmente la informal.
- El cambio de suelo de praderas alto andinas.
- Deficientes sistemas de saneamiento (tratamiento de aguas servidas y residuos sólidos).
- Actividad turística informal.

Antropogénicos indirectos es el proceso de cambio climático se ha documentado en la cuenca del río Santa, cuenca considerada entre las cinco más vulnerables del Perú frente a los impactos de cambio climático, según los resultados de la primera Comunicación de las Naciones Unidas al Perú al Cambio climático-MINAM. (Villanueva R., 2011)

Impactos ambientales

Los afluentes del río Santa, están siendo seriamente contaminados por prácticas mineras inadecuadas, pasivos ambientales mineros, así como por efluentes urbanos no procesados o tratados y residuos sólidos que llegan a alterar la calidad de las aguas de la cuenca. Se han medido concentraciones importantes de metales pesados como hierro, plomo, zinc, cobre, cadmio, arsénico y antimonio en zonas afectadas con relaves mineros como Ticapampa. (Romero, et al.2010).



Figura 2: Desembocadura del río Santa-Distrito de Santa
Fuente: Villanueva Ramírez, 2011

Metales pesados en el agua

El impacto sufrido en un cuerpo de agua por los metales descargados, teóricamente puede medirse en el agua, así como en las partículas suspendidas y en los sedimentos. Sin embargo, en la práctica se observa, que el análisis del agua da un cuadro poco claro del grado de la contaminación del cuerpo de agua; factores como cambios del caudal, diferente ponderación de las zonas o emisiones locales, causan variaciones temporales muy fuertes en los valores de contaminación.

Normalmente, mientras que las concentraciones de los iones principales como HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^+ varían solo muy poco y cuando lo hacen la variación es gradual; las concentraciones de los metales pesados varían en más de un orden de magnitud en 24 horas.

También las concentraciones de los metales pesados en partículas suspendidas medidas muestran grandes cambios en cortos períodos de tiempo. Esto se debe a que cada medición de las concentraciones en el agua equivale a una “fotografía” de la situación, la cual puede ser falseada por emisiones limitadas en el tiempo o lugar. (Romero A., Flores S. & Pacheco W.)

El análisis de sedimentos tiene las siguientes ventajas frente al análisis de aguas:

a. Ventajas analíticas

Por lo general, el contenido de los elementos en los sedimentos y partículas en suspensión son varias veces mayores que en el agua.

b. Compuestos insolubles

Una parte de los contaminantes metálicos es insoluble, incluso es emitida como sólido. En los efluentes, producto de los procesos de la minería, sólo en caso de aguas ácidas la porción metálica en solución es alta. Algunos componentes si bien son emitidos en solución, pasan a la fase sólida muy rápidamente y son difícilmente detectadas en el agua.

Tipos de interacción de los metales pesados en las sustancias suspendidas y sedimentos en los cuerpos de agua

El contenido de los metales en los cuerpos de agua tiene dos compuestos: el contenido natural y la porción antropogenia. Además del contenido de los metales pesados es importante saber la “disponibilidad” (grado para el cual los contaminantes están libres para ser tomados), y así conocer el posible potencial toxico de un metal pesado determinado.

El tipo de interacción entre los metales pesados y los sedimentos esta relacionado estrechamente con la especie química, en la cual el metal se encuentra cuando llega al agua.

Los diferentes tipos de interacciones entre los metales pesados y sedimentos, representan los mecanismos para el enriquecimiento en metales pesados de los sedimentos, los que se pueden estudiar en los siguientes estados:

- Intercambio iónico
- Precipitación y coprecipitación
- Formación de quelatos

Movilidad del metal en el ambiente superficial

La movilidad se refiere a la capacidad de un elemento para moverse entre los fluidos después de su disolución.

Es dificultoso predecir la movilidad de un elemento cuantitativamente en ambientes superficiales. Más bien la movilidad puede ser considerada en un sentido relativo comparando empíricamente el comportamiento de elementos bajo condiciones de cambios ambientales semejante como en las barreras geoquímicas.

Los criterios para las distinciones de movilidad son deducidos por la abundancia de los elementos, antes que ser basados entre la solubilidad absoluta.

Tabla 1:

Movilidad relativa de algunos elementos

Movilidad Relativa	Ph de medio ambiente	
	Acidez	Alcalinidad
Muy móvil	Cl, S, Ca, Mg, Na	Cl
Móvil	Ag, As, Cd, Co, Cu, Ni, Zn	Mo, Se, V, U
Poco móvil	Si, P, K, Fe, Mn, Mo, Se, V, U	Si, P, K, S, Ca, Mg, Na
Inmóvil	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th	Al, Ti, Sn, W, Nb, Ta, Cr, Zr, Th, Ag, As, Cd, C, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn

Fuente: Jara M. INGEMMET, 2002

El arsénico:

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico.

Fuentes de exposición

La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico puede deberse a diversas causas, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos alimentarios y para procesos industriales, así como al consumo de tabaco y de alimentos contaminados.

La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel.

Efectos del Arsénico sobre la salud

El arsénico existe tanto en forma orgánica como inorgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en pescados y mariscos) son menos perjudiciales para la salud. (Organización Mundial de Salud, 2012)

Efectos agudos

Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte.

Efectos a largo plazo

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC.

Respuesta de la Organización Mundial de Salud (OMS)

El arsénico 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 arsénico 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 arsénico en el agua potable es de 10 ml/l, aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida. (Organización Mundial de Salud, 2012)

Límite máximo permisible de arsénico en el agua potable

Tabla 2:

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Parámetro	Und	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Avanzado
Inorgánicos				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	...
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	...
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2

Fuente: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

Las arcillas:

Las arcillas son cualquier 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. (Angelone, S. 2007).

La formación de arcillas por efecto del clima en las rocas y los suelos es el principal proceso de formación de arcillas en la superficie terrestre, e incluye la disgregación física de la roca madre y la descomposición química de sus minerales. Está determinada por la naturaleza de la roca madre, los parámetros climáticos (principalmente temperatura y pluviosidad), la topografía, la vegetación, la existencia de actividad biológica y el periodo de tiempo durante el cual estos actores operen.

Estructura de las Arcillas:

La unidad estructural fundamental de todos los silicatos es un tetraedro regular con un ión oxígeno en cada uno de sus vértices, rodeando al ión silicio situado en el centro del tetraedro; conocido como ión silicato (SiO_4^{4-}). El silicio central puede estar sustituido en parte por cationes Al^{3+} o Fe^{3+} ; y más raramente por Li, Cr, Mn, Ni, Cu o Zn. (Cámara oficial Minerira de Galicia)

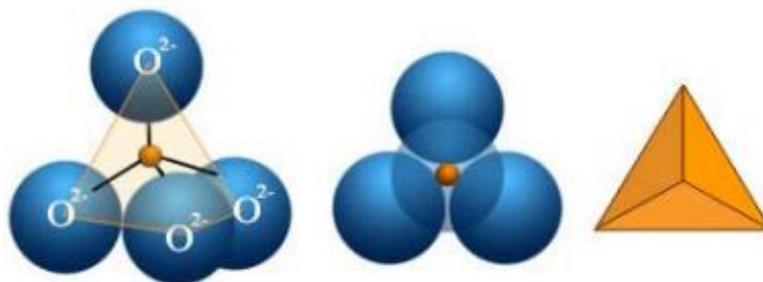


Figura 3: Tres maneras de dibujar el silicio tetraédrico
Fuente: Cámara oficial Minerira de Galicia

El enlace que une los oxígenos y el ion central es mitad iónico y mitad covalente, ya que además de existir atracción electrostática se comparten electrones.

Varios iones silicato pueden compartir oxígenos de los vértices y unirse entre sí, formando distintos tipos de estructuras más complejas que dan lugar a las diferentes clases de silicatos.

Las arcillas se encuadran en el grupo de los filosilicatos ($(Si_2O_5)^{2-}$), en los que los iones silicato tetraédricos se unen formando hexágonos dispuestos en láminas o capas, generalmente con silicio, hierro o magnesio como ión central de los tetraedros.

Una unión similar puede ocurrir en la superficie opuesta de la capa octaédrica. Así, los filosilicatos pueden estar formados por dos capas: tetraédrica más octaédrica y se denominan bilaminares, 1:1, o T:O; o bien por tres capas: una octaédrica y dos tetraédricas, denominándose trilaminares, 2:1 o T:O:T. A la unidad formada por la unión de una capa octaédrica más una o dos tetraédricas se la denomina lámina.

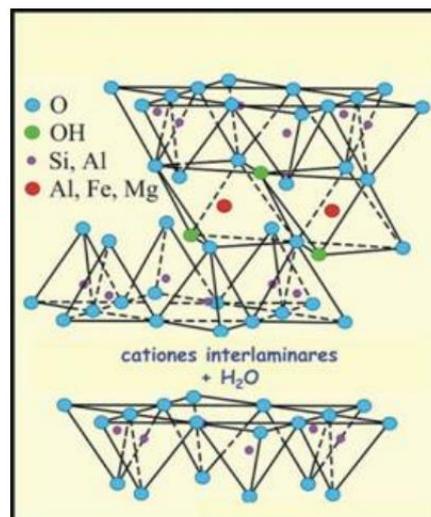


Figura 4: Estructura de una lámina por apilamiento de capas tetraédricas y octaédricas

Fuente: Cámara oficial Minerira de Galicia

En algunos filosilicatos (esmeclitas, vermiculitas, micas...) las láminas no son eléctricamente neutras debido a las sustituciones de unos cationes por otros de distinta carga, por lo que se mantienen unidas mediante fuerzas electrostáticas. El balance de carga se mantiene por la presencia, en el espacio interlaminar de cationes (como en el grupo de las micas), cationes hidratados (como en las vermiculitas y esmeclitas) o

grupos hidroxilo coordinados octaédricamente, similares a las capas octaédricas, como sucede en las cloritas. La unidad formada por una lámina más la interlámina es la unidad estructural.

Las fuerzas que unen diferentes unidades estructurales son más débiles que la existentes entre los iones de una misma lámina, por ese motivo los filosilicatos tienen una clara dirección de exfoliación, paralela a las láminas.

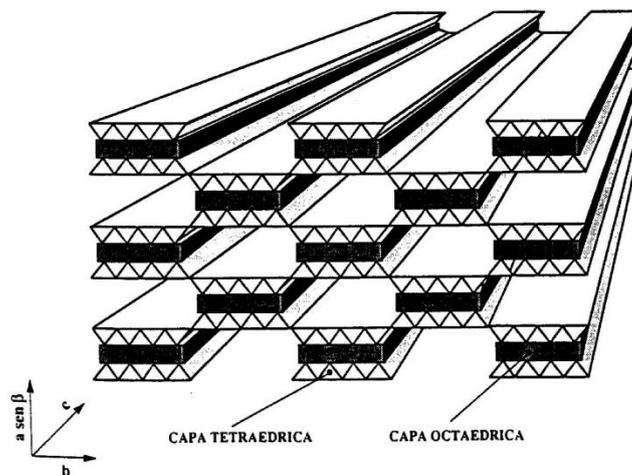


Figura 5: Estructura de los filosilicatos
Fuente: García E., 2012

Clasificación de las arcillas:

La arcilla Caolinita es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y de aprestos para almidonar. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agente adsorbente. Conserva su color blanco durante la cocción. Es silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespatos y otros silicatos de aluminio. (Cruz Ruiz A., 2014)

Las características en los usos de la construcción:

- ✓ Terraplén
- ✓ Placas de vidrio
- ✓ Usado para producir arcillas pesadas.
- ✓ En pistas para aterrizaje de aviones.
- ✓ En mezclas termoplásticas para techar.

- ✓ Como relleno en cementos resistentes de ácidos y refractarios.

En el concreto mejora la durabilidad, remueve el hidróxido de calcio químicamente activo, mejora la porosidad y la adhesión entre el cemento, la arena y la grava.

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

Las características son:

- ✓ Medianamente inestables.
- ✓ Medianamente expansibles.
- ✓ Angulo de fricción interna media.
- ✓ Tienen mediana plasticidad.

Las arcillas Montmorillonitas, es 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. (Cruz Ruiz A., 2014)

Composición química de las arcillas:

La composición química de las arcillas depende en gran proporción de yacimiento y el tipo de formación. Sin embargo, volzone en su estudio presento las características químicas de estos minerales realizado por Singer, en el cual debido a la amplia variación en la composición química de las arcillas, se considera un rango de porcentaje de los elementos constituyentes en forma de óxidos. (Rodríguez V. & Torres A., 2009)

Tabla 3:

Composición química de algunos minerales arcillosos

%	caolinita	Halloysita	montmorillonita	Beidellita	Nontronita	Illita
SiO ₂	43,6-54,7	40,0-45,8	47,9-51,2	45,3-47,3	31,1-47,6	50,1-51,7
Al ₂ O ₃	30,0-40,2	33,8-39,2	20,0-27,1	12,2-27,8	0,4-22,7	21,7-32,8
Fe ₂ O ₃	0,3-2,0	0-0,4	0,2-1,4	0,8-18,5	15,2-40,8	0-6,2
MgO	0-1,0	0,3	2,1-6,6	0,2-3,0	0,1-0,4	2,0-4,5
CaO	0,003-1,5	0,1-0,8	1,0-3,7	0,5-2,8	0,6-4,5	0-0,6
K ₂ O	0-1,5	0,3	0,2-0,6	0,1	0,1-0,4	6,1-6,9
Na ₂ O	0-1,2	0,1-0,2	0,3-0,8	0,1-1,0	0-0,2	0,1-0,5
TiO ₂	0-1,4	-	-	0,8	0-0,1	0,5
H ₂ O	11,0-14,3	13,4-23,7	17,1-23,7	17,3-22,6	5,1-13,0	6,4-7,0

Fuente: Rodríguez V. & Torres A., 2009

Propiedades Físico-Químicas

Superficie específica

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m^2 /g .

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

A continuación se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

- Caolinita de elevada cristalinidad hasta $15 m^2 /g$
- Caolinita de baja cristalinidad hasta $50 m^2 /g$
- Halloisita hasta $60 m^2 /g$
- Illita hasta $50 m^2 /g$
- Montmorillonita $80-300 m^2 /g$

Capacidad de adsorción:

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 capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso. (García E., 2012)

Hidratación e hinchamiento:

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

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

Plasticidad:

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia, nuevamente, de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento.

Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción).

Estos límites marcan una separación arbitraria entre los cuatro estados o modos de comportamiento de un suelo sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso.

La relación existente entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla. Existe una gran variación entre los límites de Atterberg de diferentes minerales de la arcilla, e incluso para un mismo mineral arcilloso, en función del catión de cambio. En gran parte, esta variación se debe a la diferencia en el tamaño de partícula y al grado de perfección del cristal. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material. (García E., 2012)

Tabla 4:

Grado de Plasticidad de la arcilla

IP	Descripción
0_3	No plástico
3_15	Ligeramente plástico
15_30	Baja plasticidad
>30	Alta plasticidad

Fuente: Sowers, 1979

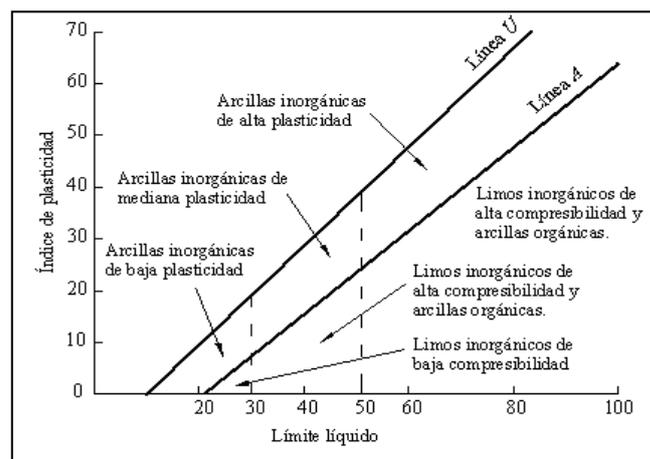


Figura 6: Gráfico de plasticidad de la arcilla

Fuente: Casagrande, 1932

Capacidad de intercambio Catiónico

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

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

El primer tipo es conocido como carga permanente y supone un 80 % de la carga neta de la partícula; además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio. Los dos últimos tipos de origen varían en función del pH y de la actividad iónica. Corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y representan el 20 % de la carga total de la lámina. (García, E. 2012)

A continuación se muestran algunos ejemplos de capacidad de intercambio catiónico (en meq/100 g):

Tabla 5:

Capacidades típicas de Intercambio catiónico de las arcillas

Material	CEC (meq/100g)
Arcillas	
Caolinita	3_15
Illita	15_40
Montmorillonita	80_100

Fuente: SMART! Fertilización Inteligente, 2014

Porosidad y Permeabilidad

La porosidad debe ser considerada un indicador de la calidad del suelo por su capacidad para almacenar agua y permitir el intercambio fisicoquímico y biológico

entre las diferentes fases presentes en el suelo. Es una propiedad adimensional, y se expresa normalmente en tantos por ciento. Su valor oscila entre el 1%. (Lalanguí S.)

Tabla 6:

Valores estimados de la porosidad (%)

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

Fuente: Sanders, 1998

La permeabilidad o conductividad hidráulica de un material expresa la facilidad que este presenta para que el agua circule a través de él.

Las características morfológicas y volumétricas del espacio poroso en el perfil del suelo desempeñan un papel importante en el transporte y retención del agua; por ello que estudio de la porosidad edáfica tiene relevancia por su contribución a la captación y almacenamiento de agua en cuencas hidrográficas. (Lalanguí S.)

Arcillas naturales como adsorbentes de metales pesados

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.(Guerra A. & Hiyagon G., 2012)

Activación de Arcillas

Los procesos de activación se emplean como una alternativa que busca optimizar las propiedades fisicoquímicas de las arcillas como la capacidad de hinchamiento, las propiedades de adsorción, entre otras y ajustarlas a un uso específico. Los más empleados para activar sólidos y en especial las arcillas son el térmico, químico y mecánico.(Largo D. & Villamarin K., 2013)

Activación térmica

Se basan en el aumento de la reactividad del compuesto sólido debido a cambios de temperatura. Este proceso puede producir cambios en las fases cristalinas de la estructura cristalina o pérdidas de constituyentes volátiles

Activación Química

Los métodos químicos generan, a diferencia de los métodos físicos, defectos no estequiométricos, los cuales a su vez generan reactividad en el compuesto sólido.

Según estudios, la bentonita tratada con alcalinos mejora su capacidad de hinchamiento; la bentonita tratada con ácidos inorgánicos, que promueven la disolución de los carbonatos asociados y la del Fe, Al y Mg, aumenta de superficie específica y de porosidad; la bentonita organofílica, resultante del revestimiento de las partículas de bentonita sódica por moléculas orgánicas polares con cadenas largas, se hace hidrofóbica y apta para la intercalación de moléculas orgánicas.

Activación Mecánica

La activación se basa en la molienda como medio mecánico para activar químicamente el material, la cual puede ir desde cambios estructurales hasta descomposiciones químicas de las activaciones térmicas y químicas.

Sostenibilidad del Proyecto

Producción Nacional

Las arcillas comunes son los materiales que predominan en cada una de las regiones del país, su desarrollo está estrechamente relacionado con la industria de la construcción y por ende con el desarrollo urbano de las grandes ciudades. Su utilización es local y en ciertos casos regional, de allí que los materiales arcillosos son extraídos de localizaciones cercanas a las plantas consumidoras. En la Tabla 8 podemos observar la participación de veinte regiones en la explotación de las arcillas, donde Lima representa más de 84 % con relación al resto del Perú, gracias al crecimiento acelerado y a la explosión urbana de la última década; mientras que la participación de las regiones Moquegua y Tacna es poco significativa, lo que en parte se debe a la falta de información actualizada. (Díaz A. & Carpio M. 2011)

Mercado:

En las regiones de Moquegua y Tacna, la explotación de las arcillas comunes en la última década ha sido muy pequeña debido a que hay pocas ladrilleras, habiéndose localizado dos fábricas semimecanizadas: una en Tacna y la otra en Moquegua, y otras artesanales en los distritos de Ite, Moquegua, Puquina, Omate, etc., cuya producción no abastece la demanda del mercado local, teniendo que cubrirse las necesidades con productos cerámicos provenientes de Arequipa y Lima. Sin embargo, en la última década en estas dos regiones se ha originado una expansión urbana considerable, especialmente en las ciudades de Ilo y Tacna, lo que ha impulsado el desarrollo de otros materiales, como la industria de bloquetas de concreto, para cubrir parcialmente la demanda.

Existe un panorama favorable para la explotación de las arcillas debido a su relación con el subsector construcción, principal consumidor de estos recursos, el cual ha mostrado en los últimos años un acelerado crecimiento. Si bien es cierto que las arcillas ubicadas en la zona costera, especialmente en la provincia de Tacna, no son de óptima calidad por el contenido de sales, las que se encuentran en la zona de Omate en Moquegua presentan características y propiedades adecuadas para la fabricación de ladrillos y cerámicas.

Actualmente no hay información que sustente una cuantificación del potencial de la arcilla común en el Perú, por lo que se asume que el número de canteras y ocurrencias (como referencia) en Tacna y Moquegua, representan el 2 % y 1 % con relación al total de canteras y ocurrencias de arcilla registradas en el país. (Díaz A. & Carpio M. 2011)

En la investigación se determinó las variables de estudio, las cuales se define de la siguiente manera:

La variable dependiente es la remoción de arsénico de las aguas del rio santa, la remoción de arsénico que contienen las aguas superficiales. Es el porcentaje de remoción que se puede extraer de estas aguas en ml/L

La variable independiente es la aplicación de la arcilla natural, esta arcilla siendo activada en formas de esferas de 3 mm de diámetro que se aplicaran en gramos por cada unidad de litro de agua

La presente investigación se formuló la siguiente hipótesis: La arcilla natural activada del Centro Poblado de Otuzco - Cajamarca sería efectiva para remover el arsénico que está a 100 metros antes de la desembocadura de las aguas del rio Santa al mar.

El Objetivo general del presente estudio es: Determinar si la arcilla natural del Centro Poblado de Otuzco - Cajamarca es efectiva para remover el arsénico que está a 100 metros antes de la desembocadura de las aguas del rio Santa al mar. Y los objetivos específicos:

- Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla natural del centro poblado de otuzco-cajamarca mediante un análisis térmico diferencial (DTA).
- Determinar la composición química mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) de la arcilla natural activada del centro poblado de otuzco-cajamarca.
- Determinar la composición estructural mediante Difracción por Rayos X (DRX) de la arcilla natural del centro poblado de otuzco-cajamarca.
- Determinar la remoción de arsénico de la muestra de agua del río Santa con las esferas de 3 mm de diámetro de arcilla activada y compararla con la muestra de agua sin tratar.

Datos de la zona:

La zona en general se encuentra ubicada en el distrito de santa – provincia del santa - departamento de Áncash

El punto de muestreo, se realizó tomándose como referencia los datos del informe de la Autoridad nacional del Agua (ANA).

De las cuales tomamos las siguientes coordenadas con GPS.

- **Longitud:** 78°38'38.70"
- **Latitud:** 8°58'26.93"
- **Elevación:** 6 m.s.n.m



Figura 7: Agua del rio santa en el distrito de santa, Google Earth

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGIA

El tipo de investigación es explicativa, es decir la remoción del arsénico de las aguas se realizará a partir de la experimentación en el laboratorio aplicando la arcilla natural activada.

Tiene un enfoque cuantitativo debido a que el proyecto de investigación está enfocado a medir las cantidades arsénico dentro de las aguas.

El diseño de investigación es pre experimental porque se analizarán una muestra antes (patrón) y una muestra después (tratada).

La técnicas de recolección de información es la observación y el instrumento es la guía de observación de las pruebas de laboratorio.

Población:

Conformada por el agua del rio santa que vierte a 100 m de la desembocadura al mar

Muestra:

Se realizaran las siguientes muestras: 1 muestra de agua antes de la absorción de arsénico y 1 muestras de agua después de haber puesto las esferas.

La muestra de la arcilla fue extraída a 1 metro de profundidad del centro poblado de otuzco en Cajamarca, se tomó la muestra para ser llevada al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.



Figura 8: Cantera de arcilla del Centro poblado de Otuzco-Cajamarca
Fuente: Elaboración propia

Se procedió a lavar 3 kg de arcilla en un balde plástico removiéndola por media hora para luego ser pasada por la organza para retener las raíces y los cuarzos, luego se dejó por 24 horas para que se sedimente y se separe la arcilla de la arena y el limo.



Figura 9: Agitando la arcilla para homogenizarla.
Fuente: elaboración propia

Se procedió a sacar la arcilla sobre dos fuentes con la ayuda de un cucharon y una jeringa separándola de la de arena y el limo. Posteriormente se las puso en dos fuentes de aluminio.



Figura 10: Extendiendo la arcilla en las fuentes
Fuente: Elaboracion propia

Luego se hizo el secado de la arcilla en el horno por 24 horas a una temperatura de 100°C.



Figura 11: Llevar la arcilla al horno aproximadamente por 24 horas.
Fuente: Elaboracion propia

La arcilla se sacó del horno al día siguiente. Teniendo el respectivo cuidado de no sobrepasar las 24 horas y cuidando la temperatura del horno.



Figura 12: Arcilla después de secar por 24 horas en el horno
Fuente: Elaboracion propia

Pulverización de la arcilla, después del secado se molió con un mortero hasta que queden partículas pequeñas las cuales fueron pasadas por la organza. Luego se pasó por la malla N° 200 se colocó en un frasco de vidrio para ser conservada.



Figura 13: La arcilla tamizada por la malla N° 200
Fuente: Elaboracion propia

Ensayos de los límites de atterberg para ver el índice de plasticidad de la arcilla

El límite líquido se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela.



Figura 14: Colocando la arcilla mezclada en el cucharon Casagrande
Fuente: Elaboracion propia



Figura 15: Pesando la muestra seca para ver el contenido de humedad
Fuente: Elaboracion propia

El ensayo del Límite plástico, se moldea una parte de la muestra en forma de elipsoide y se le rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión necesaria para dar forma a los cilindros. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de 3.2 mm no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y se repite el proceso, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. De acuerdo con los límites se concluyó que la arcilla tenía un alto índice de plasticidad.



Figura 16: La arcilla se moldea en forma cilíndrica
Fuente: Elaboracion propia



Figura 17: Pesando la muestra para ver su contenido de plasticidad.
Fuente: Elaboracion propia

En la elaboración de esferas de arcilla de 3mm de diámetro se usaron los siguientes materiales:

- ✓ El polvo de arcilla tamizada por la malla N° 200
- ✓ Agua destilada
- ✓ Depósitos plásticos para mezclar
- ✓ Prensadora de papas
- ✓ Una cuchara
- ✓ Un recipiente
- ✓ Una jeringa

El procedimiento fue medir el volumen de la arcilla y agregar agua destilada, en relación al índice de plasticidad de la arcilla, se moldeo la masa en forma manual y coloco dentro del prensapapas luego se presionó suavemente el prensapapas para extraer la masa saliente retirándola con ayuda de una cuchara.



Figura 18: Materiales para la elaboración de las esferas de arcilla

Fuente: Elaboracion propia

Así también se moldeó las pequeñas masas en forma manual hasta obtener las esferas de 3mm luego se dejó secar las esferas a temperatura ambiente durante 24 horas.



Figura 19: Moldeando la masa y dejándola secar por 24h a temperatura ambiente.
Fuente: Elaboracion propia

Activación térmica de las esferas de arcilla:

- ✓ Se pesó las esferas moldeadas
- ✓ Se llevó a la estufa para ser calcinada a una temperatura de 540° C. durante una hora, de acuerdo con los análisis previos realizados.
- ✓ Se dejó enfriar por un tiempo de media hora para luego ser conservada en un frasco de vidrio.



Figura 20: Se llevó a la mufla para ser calcinada a una temperatura de 540°C por 1 hora.
Fuente: Elaboracion propia

Muestreo del agua:

Muestreo del agua que se realizó dentro del rio santa a aproximadamente 100 m del mar. Se tomó como referencia el punto de monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua para el punto del muestreo.

Consideraciones generales del muestreo

- ✓ Para la toma de las muestras se eligió un punto donde el rio estaba lo más regular con poca turbulencia y poco cambio de velocidades
- ✓ En total se consideró dos muestras de 1 litro en botellas estériles.
- ✓ Se uso una caja apropiada para el almacenamiento de las muestras tomadas.
- ✓ El personal que realizo el muestreo estuvo constituido por pantalón, chaleco, guantes quirúrgico y una mascarilla



Figura 21: Extracción de la muestra del agua

Fuente: Elaboracion propia

Después de haber tomado la muestra de agua, se procedió a adicionarle el preservante requerido, que en el caso fue ácido nítrico. Esto consistió en agregar 2 ml por litro de acido nítrico para no alterar las propiedades químicas del agua de la muestra patrón.

Aplicación de las esferas mediante la coagulación y floculación

Lugar de Agua: Rio Santa

Volumen de Agua: 1 Litro

Dosis de arcilla: 10 gr por cada medio litro



Figura 22: Se pesó 2 unidades de 10 gramos
Fuente: Elaboracion propia



Figura 23: Luego se vació las esferas a cada jarra de ½ litro
Fuente: Elaboracion propia

Se dejó a 100 revoluciones por 3 minutos y luego a 50 revoluciones a 15 minutos luego se dejó descansar 15 minutos a cero revoluciones.

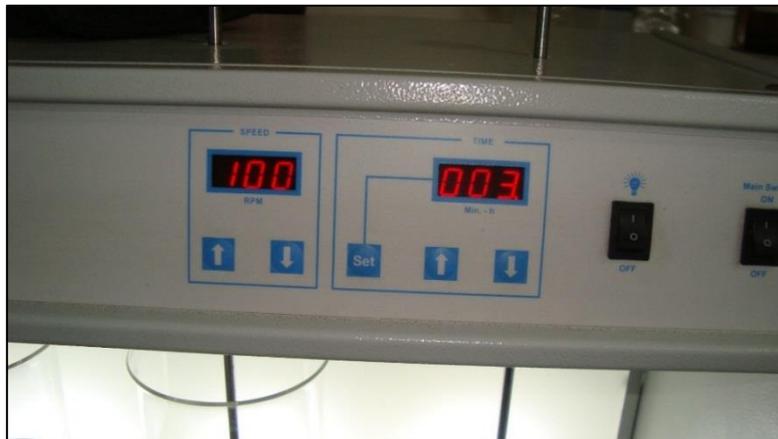


Figura 24: Se dejó a 100 revoluciones por 3 minutos
Fuente: Elaboracion propia



Figura 25: Se dejó a 50 revoluciones por 15 minutos
Fuente: Elaboracion propia

RESULTADOS

Análisis Térmico Diferencial (ADT) de la arcilla natural

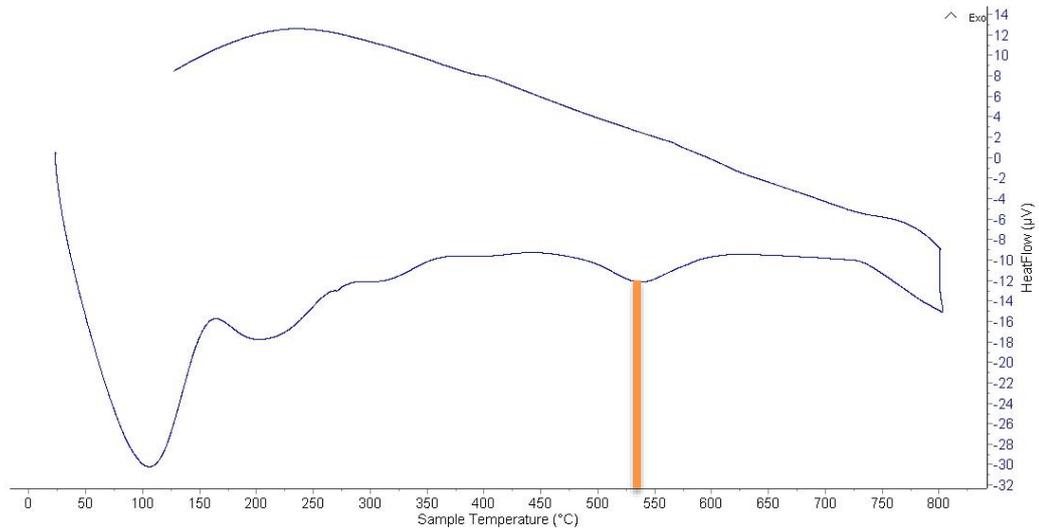


Figura 26: Análisis Calorimétrico
Fuente: Departamento de ingeniería de materiales, UNT

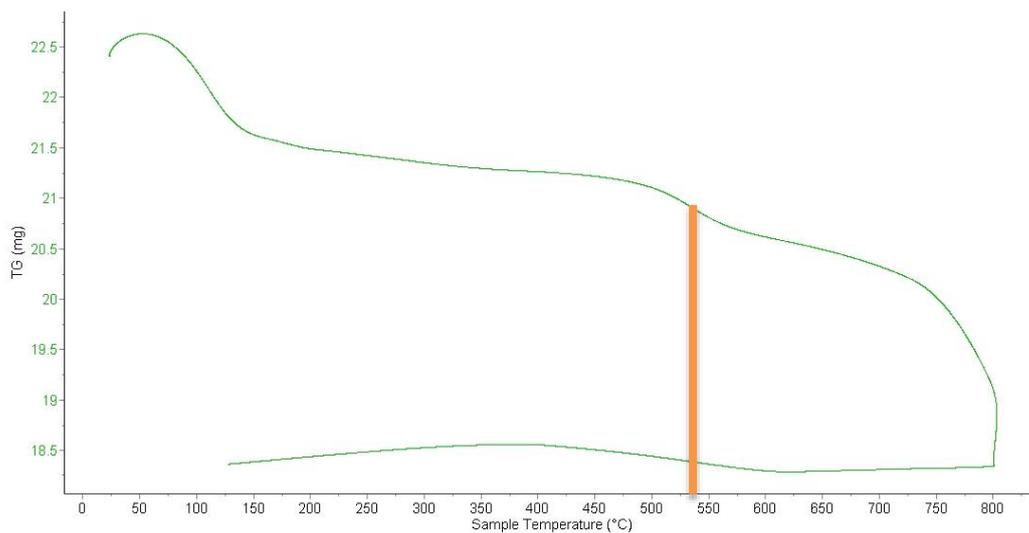


Figura 27: Análisis Termo Gravitatorio
Fuente: Departamento de ingeniería de materiales, UNT

Tabla 7:

Composición química expresada como óxidos

Composición química	Resultado (%)	Método utilizado
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	38.079	ESPECTROMETRIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio (SiO_2)	31.922	
Oxido de Calcio (CaO)	9.954	
Oxido de Potasio (K_2O)	8.989	
Trióxido de hierro (Fe_2O_3)	6.539	
Oxido de Magnesio (MgO)	3.845	
Dióxido de Titanio (TiO_2)	0.533	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.062	
Trióxido de Azufre (SO_3)	0.048	
Oxido de Estroncio (SrO)	0.015	
Oxido de Rubidio (Rb_2O)	0.014	

Fuente: Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 8:

Cuantificación de las principales fases en la muestra analizada

Muestra	Fase	% W
M2016-063-001-a	Quartz, syn (SiO_2)	24.9
	Calcite, magnesium, syn ($(\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97})(\text{CO}_3)$)	28.2
	Anatase, syn (TiO_2)	3.0
	Muscovite-2M1 ($\text{KAl}_2.20(\text{Si}_3\text{Al})_{0.975}\text{O}_{10}((\text{OH})_{1.72}\text{O}_{0.28})$)	24.5
	Kaolinite ($\text{Al}_2(\text{SiO}_5)(\text{OH})_4$)	19.4

Fuente: Facultad de Ciencias Físicas en la UNMSM

Tabla 9:

Determinación cuantitativa de arsénico en las muestras de agua

Muestras	Fecha de Muestreo	Resultados (mg/L)
M1	28/11/2016	0.0878
M2	28/11/2016	0.079

Fuente: Laboratorio Control de Calidad – Sedalib

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados del Análisis Térmico Diferencial (ADT) para la activación térmica de la arcilla, se aprecia un pico endotérmico a 540° C el cual indica un cambio de fase para un posible mejoramiento de propiedades del mineral.

De los resultados del análisis químico de la arcilla natural activada los porcentajes más relevantes que se encuentran son el Trióxido de Aluminio (Al_2O_3) y Dióxido de Silicio (SiO_2). Estos resultados tienen relación con Te B., Wichitsathian B. & Yossapol C. (2015) quienes señalan que sus constituyentes principales eran el SiO_2 y AlO_3 .

De acuerdo a los resultados obtenidos de la Difracción de Rayos X para analizar la composición estructural de la arcilla nos indica que se presenta en una mayor proporción en tipo moscovita. Estos resultados no guardan relación con Zehhaf A., Benyoucef A., Quijada C., Taleb S. & Morallón E. (2013) quienes usaron arcillas montmorillonitas naturales en su investigación, señalando que tienen mejor capacidad de absorción.

Según la tabla 9, de los resultados obtenidos en la prueba de espectrometría para la determinación cuantitativa del arsénico en el agua, se observa que la muestra antes del tratamiento M1 contiene 0.0898 mg/L de arsénico y al hacer aplicada a las esferas de 3mm se absorbió hasta la cantidad de M2 que es 0.079 mg/L. Este resultado sobrepasa los límites máximos permisibles para la calidad ambiental del agua que es 0.010 mg/L.

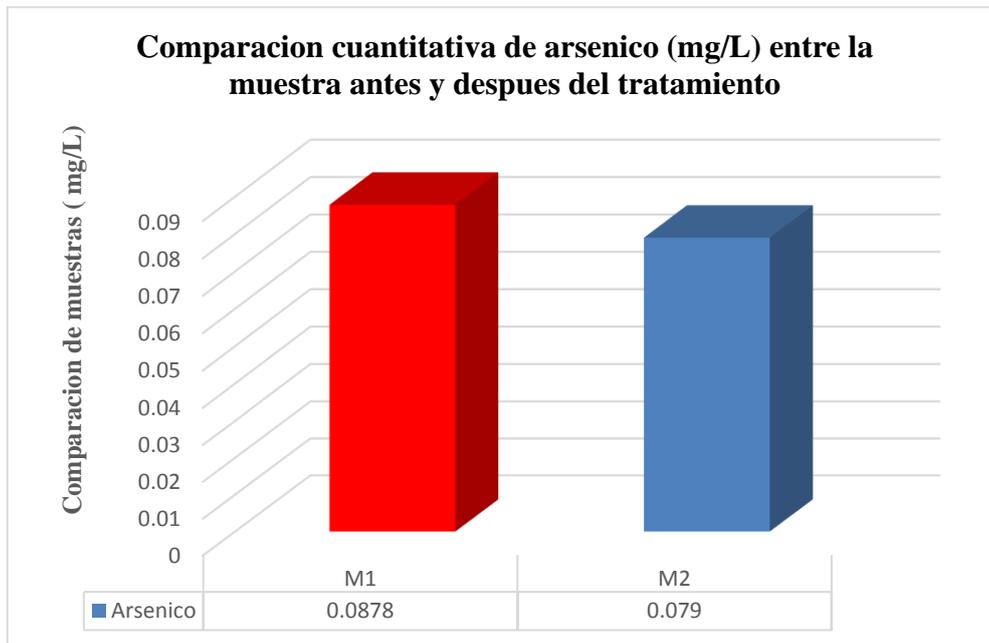


Figura 28: Comparación cuantitativa de arsénico en (mg/L)
Fuente: Elaboracion propia

CONCLUSIONES

La activación térmica de la arcilla natural fue a una temperatura de calcinación de 540^a C durante una hora, siendo capaz de mantener la estructura de las esferas en las pruebas realizadas.

En la composición química de la arcilla natural activada los porcentajes mas relevantes que presenta son el de trióxido de aluminio (Al_2O_3) y el óxido de silicio (SiO_2), estos contribuyen en el intercambio catiónico para la absorción de arsénico.

El análisis realizado por Difracción de Rayos X de la arcilla natural que indica la composición estructural de la arcilla muestra una moscovita, la cual presenta bajas propiedades de absorción.

Las concentración de arsénico en la muestra M2 después de ser tratada es 0.079mg/L, este valor no es apto para el consumo humano. De acuerdo con la tabla 1, el cual establece el límite máximo permisible para la calidad de agua en la bebida potable es 0.010 mg/L.

RECOMENDACIONES

Verificar el tiempo de calcinación durante la activación térmica para el cambio favorable de las fases cristalinas de la estructura.

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.

Utilizar una arcilla que sea del tipo montmorillonita la cual es expansiva y tiende a tener cambios de volumen favoreciendo las propiedades de absorción y retención de moléculas.

Se recomienda dejar más tiempo de reposo con las esferas para ver su eficiencia evaluando el tiempo de contacto. Se debe proteger las muestras de agua en el momento del muestreo para evitar errores en los análisis.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre estuvo en cada momento, quien me dio bendición en mi vida.

A mi asesor el Ing. Dante Salazar Sánchez, por los consejos y orientación durante el desarrollo de la tesis.

Al Dr. Cesar Julián Benites, quien me brindó su apoyo de manera incondicional académicamente, para la realización de esta tesis.

A los docentes de la carrera de ingeniería civil por las enseñanzas, por impulsarnos a seguir adelante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Angelone, S. (2007). Geología y Geotecnia. Recuperado de: http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Tipos%20de%20suelos%20_2007.pdf.

Cámara oficial Minerera de Galicia. Recuperado de : http://camaraminera.org/uploads/COMG/documentacion/mineria/_arcillas.pdf

Chiban M., Zerbet M., Carja G. & Sinan F. (2011) en su investigación “application of low-cost adsorbents for arsenic” Departamento de Ingeniería Química-Rumania. Recuperado de http://www.academicjournals.org/article/article1380012366_Chiban%20et%20al.pdf

Casagrande, (1932) Gráfico de plasticidad de la arcilla. Recuperado de: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.pe/2010/11/normal-0-false-false-false.html>

Cruz Ruiz Araceli,(2014) “Clasificación de las arcillas en base a su estabilidad” Instituto Tecnológico de Tijuana. Recuperado de: http://www.academia.edu/6325388/Clasificacion_arcillas

Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua”. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>

Diaz A. & Carpio M. (2011) “Estudio geológico económico de las rocas y minerales industriales en las regiones Moquegua y Tacna” Recuperado de: <http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/170670/ESTUDIO+GEOECON%203%20MICO+POR+ROCAS+Y+MINERALES+INDUSTRIALES+DE+LAS+REGIONES++DE+MOQUEGUA+Y+TACNA/8ece4d66-442d-4c8f-9e55-68add04b7e22>.

Emilia García, (2012) “Las Arcillas: Propiedades y Usos” Universidad Complutense (Madrid). Recuperado de: <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>

Guerra A. & Hiyagon G., 2012. Tratamiento de agua para remoción de plomo aplicando nanotecnología. Recuperado de: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3362/1/guerra_aa.pdf

Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, (2009). Mecanismos depurativos típicos en tratamientos de fitodepuración. Recuperado de: http://www.life.trelaghi.it/files/spagnolo/6_meccanismi%20depurativi.pdf.

Jara M. INGEMMET,2002

Lalangui S. “determinar experimentalmente el valor de la porosidad total y porosidad eficaz de dos materiales: arena y arcilla”. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/289746387/Porosidad-de-arcilla-y-arena>

Largo D. & Villamarin K., (2013). “Caracterización y activación química de arcilla tipo bentonita para su evaluación en la efectividad de remoción de fenoles presentes en aguas residuales” Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/71397529.pdf>

Organización Mundial de la Salud, (2012). Efectos sobre la salud del Arsénico. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>

Rodriguez V. & Torres A. (2009) Tratamiento de aguas residuales mediante arcillas naturales y modificadas, Universidad Industrial de Santander. Recuperado de: <http://docplayer.es/11882993-Tratamiento-de-aguas-residuales-industriales-mediante-arcillas-naturales-y-modificadas-vanessa-rodriguez-franco-armando-torres-espana.html>.

Romero A., Flores S. & Pacheco W. Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. Recuperado de :
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n25/pdf/a09v13n25.pdf

Sanders (1998), valores estimados de la porosidad (%). Recuperado de:
http://hidrologia.usal.es/Complementos/Valores_perm_porosidad.pdf

SMART!, Fertilización Inteligente (2014). La Capacidad de Intercambio Catiónico. Recuperado de: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/Capacidad-Intercambio-Cationico>

Sowers, (1979). Grado de plasticidad del suelo. Recuperado de:
<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/11/normal-0-false-false-false.html>

Te B., Wichitsathian B. & Yossapol C. (2015) “Modification of Natural Common Clays as Low Cost Adsorbents for Arsenate Adsorption”. Revista Internacional de Ciencias del Medio Ambiente y Desarrollo. Recuperado de:
<http://www.ijesd.org/vol6/702-E0007.pdf>

Villanueva R. (2011) Características de la cuenca del río Santa “Adaptación de la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Santa ante la incidencia del Cambio Climático”-Instituto de Montaña. Recuperado de: <http://mountain.pe/wp-content/uploads/2012/02/Folleto-1-Characterísticas-Cuenca-Rio-Santa.pdf>

Zehhaf A., Benyoucef A., Quijada C., Taleb S. & Morallón E. (2013) “Algerian natural montmorillonites for arsenic(III) removal in aqueous solution” Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/259637347_Algerian_natural_montmorillonites_for_arsenicIII_removal_in_aqueous_solution

ANEXOS

ANEXO 1:
PANEL FOTOGRAFICO



Figura 29: Se tomaron las coordenadas de referencia para el muestreo del agua en el río santa
Fuente: Elaboracion propia



Figura 30: Se tomaron las muestras de agua en frascos esterilizados en el punto Rsant 13
Fuente: Elaboracion propia

ANEXO 2:
RESULTADO DE LOS LIMITES DE
ATERBERG



USP

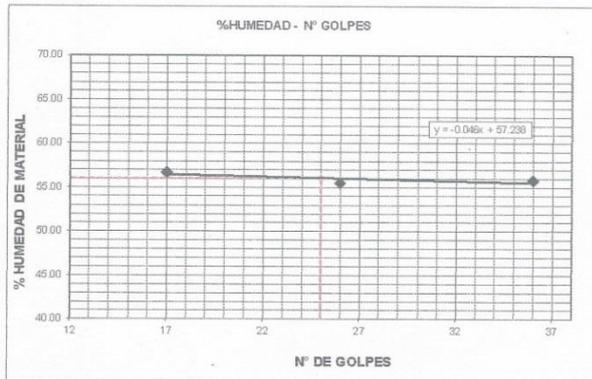
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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:ZARE AURORA KENYU ERIK
 TESIS : REMOCION DE ARSENICO DE LAS AGUAS DEL RIO SANTA USANDO ARCILLA NATURAL DEL CENTRO POBLADO DE OTUZCO-CAJAMARCA
 MATERIAL : ARCILLA
 LUGAR : CENTRO POBLADO OTUZCO-CAJAMARCA
 FECHA : 27/12/2016
 PROF(m) : 1.00

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	36.20	38.43	38.75	19.58	15.94	16.66
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	29.58	31.33	31.62	19.37	15.77	16.44
PESO DE LA TARA (gr.)	17.91	18.54	18.85	18.37	14.95	15.32
PESO DEL AGUA (gr.)	6.62	7.10	7.13	0.21	0.17	0.22
PESO SUELO SECO (gr.)	11.67	12.79	12.77	1.00	0.82	1.12
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	56.74	55.51	55.83	21.24	20.73	19.64
Nro. DE GOLPES	17	26	36	20.54		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 56.09

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 20.54

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 35.55



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

ANEXO 3:
ANALISIS DE PH DE LA ARCILLA
NATURAL

ANEXO 4:
RESULTADO DEL ANALISIS TERMICO
DIFERENCIAL



Trujillo, 18 de Octubre del 2016

INFORME N° 09 - OCT-16

Solicitante: Zare Aurora Kenyu – Universidad San Pedro - Chimbote
RUC/DNI:
Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-09O	22.8 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

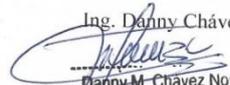
- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

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 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 22.8 mg.

Jefe de Laboratorio:
Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa
Ing. Danny Chávez Novoa


.....
Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953



Trujillo, 18 de Octubre del 2016

INFORME N° 09 - Oct-16

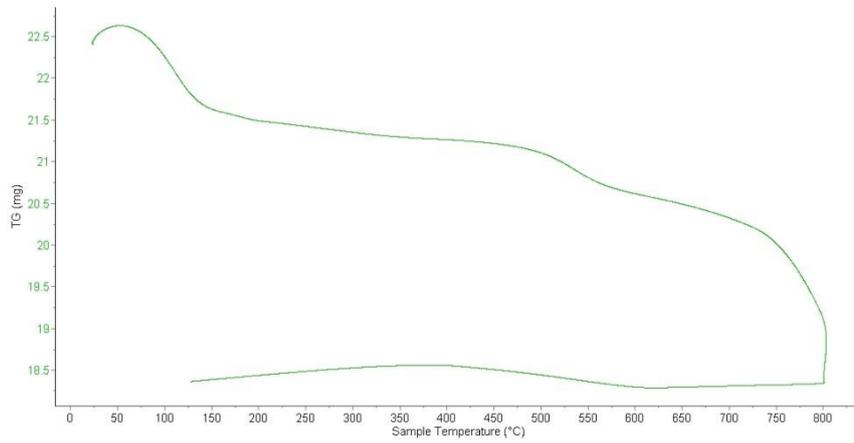
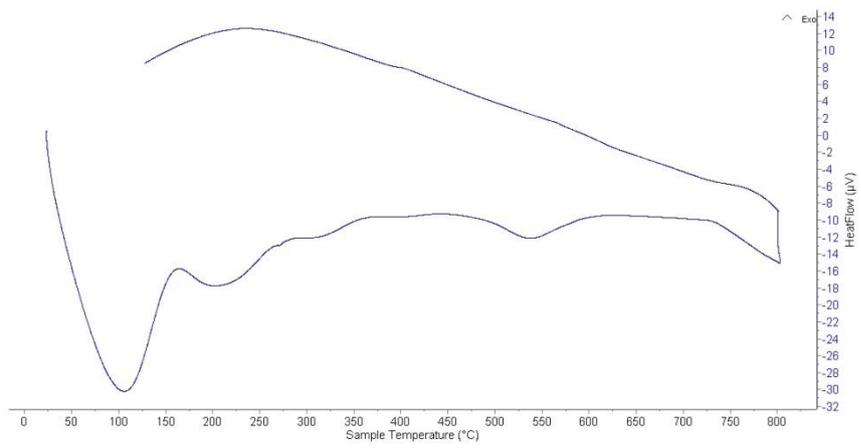
5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una pérdida de masa desde 90 hasta 110°C luego la pérdida de masa se va reduciendo muy ligeramente hasta la temperatura analizada que registra una pérdida total del 18% respecto a su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente 100°C y una (1) región térmica entre 180 y 220°C. Posteriormente a aproximadamente 540°C se aprecia un pico endotérmico ligero que indica un cambio de fase.

Trujillo, 18 de octubre del 2016


Danny M. Chávez Novo
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

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



ANEXO 5:
ANALISIS DE FLUORESCENCIA DE
RAYOS X



INFORME TÉCNICO N° 1689 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : KENYU ERIK ZARE AURORA
1.2 RUC : 47902998
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 04 / 11 / 2016
2.2 FECHA DE ENSAYO : 04 / 11 / 2016
2.3 FECHA DE EMISIÓN : 04 / 11 / 2016
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA NATURAL DEL CENTRO POBLADO DE OTUZCO-CAJAMARCA
4.2 TESIS : "REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE LAS AGUAS DEL RÍO SANTA USANDO ARCILLA NATURAL DEL CENTRO POBLADO DE OTUZCO-CAJAMARCA"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.1 °C; Humedad relativa: 63%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS
8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	38.079	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	31.922	
Óxido de Calcio (CaO)	9.954	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	8.989	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	6.539	
Óxido de Magnesio (MgO)	3.845	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.533	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.062	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.048	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.015	
Óxido de Rubidio (Rb ₂ O)	0.014	

*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02



8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	38.889	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Aluminio (Al)	23.118	
Calcio (Ca)	21.389	
Hierro (Fe)	8.506	
Potasio (K)	4.138	
Magnesio (Mg)	2.275	
Titanio (Ti)	0.996	
Asufre (S)	0.507	
Manganeso (Mn)	0.094	
Rubidio (Rb)	0.045	
Estroncio (Sr)	0.043	

*El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$

9 VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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


Bach. Jesús Utano Reyes
Analista Químico
LABICER - UNI


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

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

ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 2. Fotografía de la Muestra de arcilla natural del centro poblado de Otuzco-Cajamarca



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 4. Muestra observada desde la cámara interna del Equipo de Fluorescencia de Rayos X



ANEXO 6:
ANALISIS DE DIFRACCION DE RAYOS
X



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Lima, 9 de diciembre del 2016

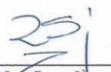
Sr. Kenyu Erik Zare Aurora
Universidad San Pedro - Chimbote
Presente.-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, a la vez, hacerle llegar adjunto a esta carta el informe de medición y análisis de una (01) muestra, de acuerdo a la cotización N°. 079-LDRX-FCF-UNMSM-16.

Sin otro particular, reciba mis saludos cordiales.

Atentamente,



Dr. Carlos Landauro Sáenz
Laboratorio de Difracción de Rayos-X



Adj.: Informe N°. 063-LDRX-FCF-UNMSM-2016 del servicio de medida y de análisis por difracción de rayos X.

Ciudad Universitaria, Pabellón de Ciencias Físicas, Calle Germán Amezaga N° 375, Lima - Perú
Teléfono: 619-7000 anexo 3821



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

REPORTE DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE UNA MUESTRA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Informe N.º 063-LDRX-FCF-UNMSM-2016

Fecha: 9 de diciembre del 2016

Solicitante: Sr. Kenyu Erik Zare Aurora

CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES:

Condiciones de la medición:

- El análisis se realizó en un Difractómetro marca **BRUKER**, modelo **D8-FOCUS**.
- Se empleó un tubo de Cu cuya longitud de onda, correspondiente a $K_{\alpha 1}$ -Cu, es $\lambda=1.5406\text{Å}$.
- Rango angular de análisis (2θ):
Inicio: 5° .
Final: 80° .
Paso: 0.01° .
Tiempo por paso: 0.5 seg.
- Generador Rayos-X:
Voltaje de salida del tubo= 40 kV.
Corriente de salida del tubo = 40 mA.
- Tipo de detector:
PSD Lynxeye.

Características de la muestra analizada:

Se analizó una (01) muestra en polvo identificada por la solicitante como arcilla, la cual fue codificada como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Codificación de la muestra medida y analizada.

Código LDRX	Código solicitante
M2016-063-001-a	arcilla



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ANÁLISIS DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA:

El difractograma correspondiente a la muestra analizada listada en la Tabla 1, se observa en la Figura 1.

Al realizar la comparación del difractograma de la muestra codificada como “M2016-063-001-a” (véase la figura 1) con los difractogramas de la base de datos ICDD-2007, y considerando la información proporcionada por la solicitante, se identificaron principalmente las fases, *Quartz, syn* (SiO_2), *Calcite, magnesium, syn* ($(\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97})(\text{CO}_3)$), *Anatase, syn* (TiO_2), *Muscovite-2M1* ($\text{KAl}_2.20(\text{Si}_3\text{Al})_{0.975}\text{O}_{10}((\text{OH})_{1.72}\text{O}_{0.28})$) y *Kaolinite* ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$). Las fichas JCPDS-PDF asociadas a estas fases son 00-046-1045, 01-089-1304, 01-078-2486, 01-089-5401 y 01-089-6538, respectivamente (véase figura 2). Asimismo, para estimar el porcentaje en peso (%W) de las principales fases identificadas, se utilizó el método de RIR; donde dichos valores se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra analizada.

Muestra	Fase	%W
M2016-063-001-a	<i>Quartz, syn</i> (SiO_2)	24.9
	<i>Calcite, magnesium, syn</i> ($(\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97})(\text{CO}_3)$)	28.2
	<i>Anatase, syn</i> (TiO_2)	3.0
	<i>Muscovite-2M1</i> ($\text{KAl}_2.20(\text{Si}_3\text{Al})_{0.975}\text{O}_{10}((\text{OH})_{1.72}\text{O}_{0.28})$)	24.5
	<i>Kaolinite</i> ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$)	19.4



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

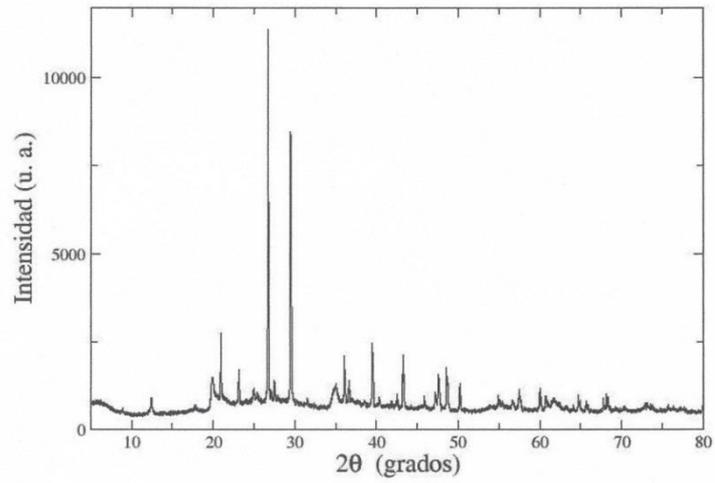


Figura 1. Difractograma de la muestra "M2016-063-001-a".



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

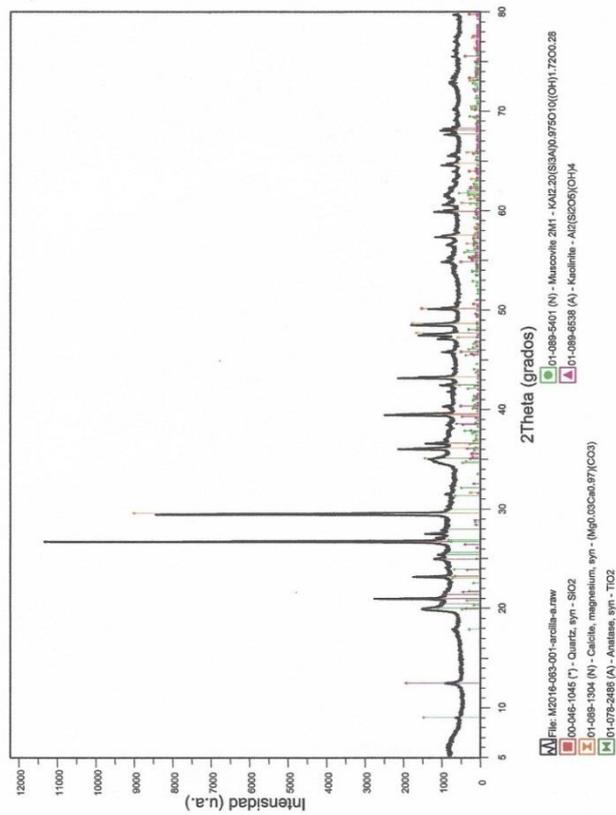


Figura 2. Difractograma de la muestra "M2016-063-001-a" con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
Facultad de Ciencias Físicas

Lima, 22 de noviembre del 2016

COTIZACIÓN N.º 079-LDRX-FCF-UNMSM-16

Sr. Kenyu Zare Aurora
USP

Por la presente acuso recibo de su pedido para una **cotización de servicio de medida y de análisis por difracción de rayos X de una (01) muestra en polvo.**

Costo subtotal	<i>Ciento cincuenta y 00/100 soles (S/ 150.00 Includo IGV)</i>
Cargo adicional (cuantificación)	<i>Veintidos y 50/100 soles (S/ 22.50 Includo IGV)</i>
Costo total	<i>Ciento setenta y dos y 50/100 soles (S/ 172.50 Includo IGV)</i>
Forma de pago(*)	<i>Al contado. Abonar en el Banco Financiero, al concepto de pago 131-452 de la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM.</i>

Número de muestras	<i>1</i>
Masa de muestras	<i>Se requieren tres (03) gramos de muestra en polvo.</i>
Tiempo de entrega de resultados	<i>Dentro de 15 días hábiles.</i>
Descripción del equipo	<i>Difractómetro marca Bruker, modelo D8-Focus. Detector PSD Lynxeye Fuente de radiación: Cu Kα Longitud de radiación de rayos-X: 1.5406Å</i>
Observaciones	<i>El costo total incluye la preparación, el servicio de medida y un informe con el análisis cualitativo y cuantitativo de las principales fases presentes en la muestra. El costo total incluye un descuento por servicio para proyectos de investigación (tipo académico) para lo cual debe anexar el documento sustentatorio. El informe no es válido para temas legales ni judiciales.</i>

(*) Para la emisión de la Factura correspondiente deberá acercarse (dentro de los cinco días de realizado el pago) con el voucher del depósito en el Banco Financiero.

Atentamente,

Dr. Carlos Landauro Sáenz
Laboratorio de Difracción de Rayos-X

ANEXO 7:
ANALISIS DE AGUA



SEDALIB S.A.
LABORATORIO CONTROL
DE CALIDAD

Av. Federico Villareal N° 1300 Urb. Semirústica El
Bosque, Telf. 482351, 482335
Arequeno, 265-266, Fax: 21-72-16
Email: araxuj@sedalib.com.pe
valvarez@sedalib.com.pe

INFORME DE ENSAYO

Página 1 de 2

N° DE INFORME:

094K16KZ

RT03- PT25.01/00

DATOS DEL CLIENTE		
CLIENTE:	KENYU ZARE AURORA	
ENSAYO SOLICITADO POR:	-	
DIRECCIÓN:	JR . LOS ANDES 190 EL PROGRESO CHIMBOTE	
TELEFONO:	-	FAX: -
EMAIL:	-	
CANTIDAD DE MUESTRAS:	2	
OBJETO DE PETICIÓN:	ENSAYO SEGÚN APHA, EPA.	
ENSAYOS SOLICITADOS:	Ítem	Descripción
	I	Arsénico
Titulo/Norma/Año		
Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Manual Hydride Generation/ Atomic Absorption Spectrometric Method .3114B y C.APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition.2012		

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA POR EL CLIENTE		
DIRECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO O PROCEDENCIA:	CHIMBOTE	
MODO DE MUESTREO:	-	
TIPO DE MUESTRA:	SIMPLE	
FECHA Y HORARIO DE MUESTREO:	28 DE NOVIEMBRE DEL 2016	11:00 – 11:05 Hr.
RESPONSABLE DEL MUESTREO:	KENYU ZARE AURORA (CLIENTE EXTERNO)	

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA POR EL LABORATORIO		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	06 DE DICIEMBRE DEL 2016	14:50 Hrs.
RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN:	YESENIA CASTELLANOS GARCIA	
BREVE DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA MUESTRA A LA RECEPCIÓN EN LCC (OBSERVACIONES DE RECEPCIÓN):	Envase de Plástico de 1L (2).	
NÚMERO DE ORDEN DE TRABAJO:	OT-094-16	
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO:	07 DE DICIEMBRE DEL 2016	08:00 Hrs.
CONDICIÓN AMBIENTAL DEL ENSAYO:	TEMPERATURA:	24.1 °C
	HUMEDAD RELATIVA:	50 %
FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN DEL ENSAYO:	13 DE DICIEMBRE DEL 2016	13:00 Hrs.
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO:	15 DE DICIEMBRE DEL 2016	
TIPO DE ENSAYO REALIZADO:	FISICOQUIMICO	



Este Documento es propiedad de SEDALIB S.A., por lo cual no podrá ser reproducido, por ningún medio, o parcialmente sin autorización expresa y por escrito de la Dirección de la misma.



SEDALIB S.A.
LABORATORIO CONTROL
DE CALIDAD

Av. Federico Villareal N° 1300 Urb. Semirústica El
Bosque, Telf. 482351, 482335
Amenio, 265-266. Fax: 21-72-16
Email: aaraujo@sedalib.com.pe
valvarez@sedalib.com.pe

INFORME DE ENSAYO

Página 2 de 2

N° DE INFORME:

094K16KZ

RT03- PT25.01/00

RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO

Campo de Prueba: Químicas

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			Agua de Río Santa	Agua de Río Santa
TIPO DE MATRIZ			Agua de Proceso	Agua de Proceso
CODIGO DEL LABORATORIO			K01106	K02106
FECHA DE MUESTREO			28-11-16	28-11-16
HORA DE MUESTREO			11:00	11:05
TEMPERATURA DE MUESTREO	AMBIENTE (° C)		-	-
	AGUA (° C)		-	-
PARAMETROS DE LABORATORIO	UNIDAD	LDM	RESULTADOS	
Arsénico	mg As/L	0.0006	0.0878	0.0790

OBSERVACIONES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo por el LCC - SEDALIB S.A y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del LCC - SEDALIB S.A., su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas, cualquier reclamo u objeción, que deseara efectuar el solicitante, respecto al documento, se deberá ejercer en un plazo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el LCC - SEDALIB S.A., durante el tiempo indicado de preservación del parámetro a analizar, hasta un periodo máximo de 30 días posterior a la emisión del informe de ensayo, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

Trujillo, 15 de Diciembre del 2016


Armando Araujo Jimenez
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Director del LCC-SEDALIB S.A.

Este Documento es propiedad de SEDALIB S.A., por lo cual no podrá ser reproducido, por ningún medio, o parcialmente sin autorización expresa y por escrito de la Dirección de la misma.