

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y
SANITARIAS

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“EVALUACIÓN DE LOS FILTROS CERÁMICOS PARA MEJORAR LA
CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL
SECTOR SAN MATEO, MOYOBAMBA, 2015”**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

Autor:

Bach. JHEWERTON KEVIN WEEPIU BARRIENTOS

Asesor:

Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA

N° De Registro: 06054915

MOYOBAMBA – PERÚ
2016.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y
SANITARIAS**

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“EVALUACIÓN DE LOS FILTROS CERÁMICOS PARA MEJORAR LA
CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL
SECTOR SAN MATEO, MOYOBAMBA, 2015”**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFEIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

Autor:

Bach. JHEWERSON KEVIN WEEPIU BARRIENTOS

Asesor:

Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA

Nº De Registro: 06054915

**MOYOBAMBA – PERÚ
2016.**



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO


En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín - T sede Moyobamba y siendo las **Siete** de la noche del día Lunes 21 de Noviembre del Dos Mil Dieciséis, se reunió el jurado de Tesis integrado por:

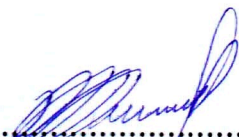
Ing. M. Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA	PRESIDENTE
Ing. RUBÉN RUIZ VALLES	SECRETARIO
Ing. MARCOS AQUILES AYALA	MIEMBRO
Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA	ASESOR


Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulada: **“EVALUACIÓN DE LOS FILTROS CERÁMICOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL SECTOR SAN MATEO, MOYOBAMBA, 2015”**; presentado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria **JHEWERTON KEVIN WEEPIU BARRIENTOS**, según Resolución Consejo de Facultad N° 211-2015-UNSM-T-FE-CO de fecha **04 de Noviembre del 2015**.


Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE** (15).

En fe de lo cual se firma la presente acta, siendo las **21:30** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.


.....
Ing. M. Sc. **Santiago Alberto Casas Luna**
Presidente


.....
Ing. **Rubén Ruiz Valles**
Secretario


.....
Ing. **Marcos Aquiles Ayala Díaz**
Miembro


.....
Ing. **Juan José Pinedo Canta**
Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a todas las personas que me vieron crecer, desarrollarme como persona y formarme como un profesional, en especial a mi madre Bernardita Eulalia Barrientos Rojas, que en algún momento de su vida sintió flaquezas, y que a pesar de ciertas restricciones que nos da la vida, supo afrontarlos con mucho sacrificio y salir adelante, demostrando así que las debilidades y la pobreza los busca uno mismo, porque Dios nos da todas las capacidades necesarias para enfrentar la vida. Uno de los frutos de la constancia y entrega es la formación profesional que me he ganado con tanto vigor, responsabilidad, voluntad y empeño. A mis Abuelos Luis Beltrán Barrientos Cerván, Bersabe Rojas Vásquez y a mi hermano Jhon Derli Weepiu Barrientos y a Helfer Jhordin Weepiu Barrientos, que por decisiones de nuestro creador se encuentra acompañándolo allá en el cielo, protegiéndonos siempre.

A José Tejada Perea, quien es una persona que me ha brindado la enseñanza paternal y me ha enseñado a afrontar los obstáculos que nos presenta la vida cotidiana, además representando y llevando en lo alto la casa “Hogar Infantil Santa Isabel”, siempre nos ofreció su buena voluntad y consistencia en su acogida, enseñanza, experiencia, consejos y el calor familiar a todos los jóvenes que han pasado por esta hermosa casa Hogar.

AGRADECIMIENTO

Al Ser supremo que siempre está conmigo, me guía, me protege y me da la confianza la seguridad de seguir adelante.

A la Universidad Nacional de San Martín-T - Facultad de Ecología, por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y así asimilar los conocimientos para mi formación académica y profesional que me servirá para poder desenvolverme plenamente en el campo de mi carrera y en la sociedad que espera de mí.

A la ing. Verónica Sara Ossio Tarnawiecki, por su aporte y apoyo en mi trabajo de investigación, que sin su ayuda profesional, no hubiera sido posible realizar este proyecto en esta línea de investigación, así mismo a mi asesor Ing. Juan José Pinedo Canta, quien es uno de los docentes más investigadores que he conocido durante mi formación académica, siempre esta apasionado por descubrir nuevos conocimientos, crear nuevos métodos y profundiza el estudio en la disciplina de Agronomía, y A todas las personas que han pasado alguna vez por la casa Hogar Infantil Santa Isabel, y mis promociones de la promoción de egreso 2015-II.

ÍNDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPITULO I.....	12
1.1 Planteamiento Del Problema.....	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Fundamentación Teórica.....	14
1.3.1 Antecedentes De La Investigación.....	14
1.3.2 Bases Teóricas.....	18
1.3.3 Definición de términos.....	48
1.4 Variables	55
1.5 Hipótesis.....	56
CAPÍTULO II	57
2.1 Tipo de investigación	57
2.1.1 De acuerdo a la orientación.....	57
2.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación	57
2.2 Diseño de investigación	57
2.3 Población y muestra.....	58
2.3.1 Población:.....	58
2.3.2 Muestra:	58
2.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
2.4 Procedimiento de la investigación	60
2.4.1 Plan Experimental	60
2.4.2 Elaboración de filtros cerámicos conformados por la mezcla proporcional de arcilla con aserrín y con la forma de recipientes unidos y/o discos.....	61
2.4.3 Proceso de análisis de calidad de agua.....	69
2.4.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	70
CAPÍTULO III.....	71
3.1 Tratamiento con filtros de cerámica.....	71
3.1.1 Estudio de la filtración.....	71

3.1.2 Investigación sobre el análisis de calidad de agua, mediante la aplicación de los filtros cerámicos.....	76
3.1.3 Cambios en la tasa de filtración en el transcurso del tiempo.	77
3.1.4 Efecto del cepillado al filtro de cerámico con forma de disco.	79
3.1.5 Eliminación de agua durante el proceso de secado de los filtros.	79
3.1.6 Esquema de localización de la toma de muestra de agua de la fuente de rumiyacu-sector san mateo.	80
3.1.7 Análisis de los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.	81
3.1.8 Análisis de los segundos filtros cerámicos y segunda muestra de agua.	89
3.1.9 Análisis de las terceras muestras de filtro cerámicos más carbón activado y segunda muestra de agua.	96
3.1.10 Observaciones de los sistemas de filtración.	103
3.1.11 Aplicabilidad de los filtros cerámicos en el componente social y en un sistema de tratamiento de agua.	105
3.1.12 Aplicabilidad de los filtros cerámicos en un sistema de tratamiento de agua.	106
3.2 Uso del filtro cerámico.....	107
3.3 Discusiones	110
3.4 Conclusiones	113
3.5 Recomendaciones.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Ensayo de arcilla mezclado con polvo de aserrín	16
Cuadro N° 2: Límites Máximos Permisibles Del Agua	45
Cuadro N° 3: Límites Máximos Permisibles Del Agua	45
Cuadro N° 4: Riesgos De Contraer Enfermedades Por Consumir Agua Contaminada. .	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho w	38
Tabla N° 2: Características Del Filtro	69
Tabla N° 3: Tasa De Filtración De Los Filtros	77
Tabla N° 4: Eliminación de Humedad De La Arcilla	80
Tabla N° 5: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración. muestra N° 1 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita).....	82
Tabla N° 6: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- Muestra N° 1 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita).....	83
Tabla N° 7: Análisis de calidad de agua - cantidad de parámetro removido en los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.	86
Tabla N° 8: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración-muestra N° 2...	90
Tabla N° 9: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- muestra N°2	91
Tabla N° 10: Análisis De Calidad de Agua - cantidad de parámetro removido en los segundos filtros cerámicos y segunda muestra de agua.	93
Tabla N° 11: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración-muestra N° 2 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita + Carbón Activado).....	97
Tabla N° 12: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- muestra N° 2 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita + Carbón Activado)...	98
Tabla N° 13: Análisis de calidad de agua - cantidad de parámetro removido en los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.	100
Tabla N° 14: Evaluación y análisis de los dos sistemas de filtración.	103
Tabla N° 15: Aplicabilidad de los filtros cerámicos en el componente social y en un sistema de tratamiento de agua.	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Distribución De La Tasa De Filtración De Los filtros Cerámicos, Según El Numero De Filtración.....	78
Gráfico N° 2: Comparación de Parámetros, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Zinc.	87
Gráfico N° 3: Comparación de Parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos,Sodio.	87
Gráfico N° 4: Comparación de Parámetros, TDS, Conductividad, Dureza Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Bacterias Heterotróficas.	88
Gráfico N° 5: Comparación de Parámetros, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Zinc.	94
Gráfico N° 6: Comparación de Parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos,Sodio.	94
Gráfico N° 7: Comparación de Parámetros, TDS, Conductividad, Dureza Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Bacterias Heterotróficas.	95
Gráfico N° 8: Comparación de Parámetros, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Zinc.	101
Gráfico N° 9: Comparación de Parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos,Sodio.	101
Gráfico N° 10: Comparación de Parámetros, TDS, Conductividad, Dureza Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Bacterias Heterotróficas.	102

RESUMEN

El presente trabajo titulado “Evaluación de los filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el sector san mateo, Moyobamba, 2015”, se desarrolló en el ámbito de la provincia de Moyobamba, siendo el objetivo Evaluar los filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el Sector San Mateo, realizando análisis de calidad de agua antes y después de la filtración, en el laboratorio de EPS- Moyobamba.

Los primeros filtros fueron realizados con la forma de discos compactos con diferentes proporciones de arcilla y aserrín y carbón activado, para luego crear filtros con las proporciones adecuadas para su mejor manipulación y estética. Para poder llegar a elaborar los filtros con diferentes tasas de filtración se ha seguido un plan experimental desde la recolección de muestras, mezclado y secado, trituración, molienda y tamizado, fabricación de discos compactos y filtro con forma de recipientes, calcinación y sinterización, y análisis de calidad de agua.

El tipo de investigación es aplicada y explicativa, se tomó varias muestras de la fuente Rumiyacu en días soleados y cielo despejado, siendo el punto de muestreo la captación de la cual la EPS-Moyobamba abastece a la ciudad de Moyobamba. Los parámetros a medir son microbiológicos, parasitológicos y la calidad organoléptica, teniendo como indicadores; coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales, escherichia coli, color, turbiedad, pH, conductividad(25°C), sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total, amoníaco, hierro, manganeso, aluminio, cobre, zinc, sodio, siendo estas variables dependientes y como variable independientes, arcilla, aserrín, plata coloidal, tiempo de retención, remoción de contaminantes.

Como resultado se obtuvo la aceptación de la hipótesis alterna (H1) y rechazo de la hipótesis nula (H0) la cual conlleva la validación de la hipótesis del trabajo de investigación, siendo el punto más sobresaliente de los filtros cerámicos, la remoción de la turbidez, pH, sólidos totales disueltos, conductividad (25°C), entre otros parámetros, destacando mayormente en la reducción de la turbidez de 10 UNT a 1.61 UNT, alcanzando hasta más del 100 % de eficiencia.



ABSTRACT

The present work titled "Evaluation of ceramic filters to improve water quality for human consumption in San Mateo sector, Moyobamba, 2015", was developed in Moyobamba province, the aim being to evaluate ceramic filters to improve the quality of water for human consumption in the San Mateo Sector, analysis of water quality before and after filtration in the laboratory of EPS- Moyobamba.

The first filters were made in the form of compact discs with different proportions of clay and sawdust and activated charcoal, to then create filters with the appropriate proportions for their better handling and aesthetics. In order to be able to prepare filters with different filtration rates, an experimental plan has been followed from sample collection, mixing and drying, grinding, grinding and sieving, manufacture of compact disks and container-shaped filter, calcination and sintering, and water quality analysis.

The type of research is applied and explanatory, took several samples of Rumiyacu source on sunny days and blue skies, being the point of sampling the uptake of which the EPS- Moyobamba caters to the Moyobamba city. The parameters to be measured are microbiological, parasitological and organoleptic quality, taking as indicators; total coliforms, thermotolerant coliforms or coliforms, Escherichia coli, color, turbidity, pH, conductivity (25°C) , total solids dissolved, chlorides, sulfates, total hardness, ammonia, iron, manganese, aluminum, copper, zinc, sodium, being these dependent variables and as independent variable, clay, sawdust, colloidal silver, retention time, removal of pollutants.

As a result was obtained acceptance of the alternative hypothesis (H1) and rejection of the null hypothesis (Ho) which entails the validation of the hypothesis of the research work, being the most outstanding point of the ceramic filters, the removal of turbidity, pH, total solids dissolved, conductivity (25°C), among other parameters, emphasizing mainly in the reduction of the turbidity of 10 NTU to 1.61 UNT, reaching up to more than 100 % of efficiency.

Key words: ceramic filters, water quality, human consumption.

CAPÍTULO I

El Problema De La Investigación

1.1 Planteamiento del problema

Vásquez. W (2005). De acuerdo con las estimaciones del Banco Mundial, más de mil millones de habitantes en el mundo no tienen acceso al suministro de agua apta para el consumo y otros 1,700 millones carecen de saneamiento adecuado. El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) calcula que de aquí al año 2027, aproximadamente un tercio de la población mundial sufrirá una seria escasez de agua potable. A la escasez de agua se añade su contaminación por actividades de urbanización, agricultura, turismo, desarrollo industrial, el vertido de aguas residuales, otros residuos, etc. La falta de agua potable, y el deficiente sistema sanitario, originan el 75% de a las enfermedades en los países no desarrollados.

Calderón. J. (2004). En el Perú, los asentamientos humanos, caseríos, centros poblados y los pobladores que viven en las áreas donde no llega el servicio de agua potable, además las personas asentadas en áreas rurales utilizan directamente el agua que afloran por las quebradas y ríos del valle del Alto Mayo, sin recibir ninguna clase de tratamiento previo. Se sabe que el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. El consumo de agua segura ha demostrado reducir riesgos de adquirir enfermedades diarreicas de 44% a 85%.

En el sector San Mateo, por los baños termales actualmente hay familias que se encuentran asentadas cerca de la microcuenca de rumiyacu, que a la vez es la fuente que los abastece, y para poder obtener el servicio de agua, lo hacen captando de dicha quebrada, realizando captaciones entubadas empíricas, existiendo así un riesgo alto de poder contraer enfermedades gastrointestinales, al consumir el agua directamente, teniendo en cuenta que aguas arriba hay familias que se dedican a la agricultura y ganadería quienes utilizan el agua de la fuente en mención, incrementando la posibilidad de contaminarla, volviéndose de esta manera nociva para la salud humana.

Entonces ante esta problemática de desabastecimiento de agua potable para las poblaciones rurales dispersas, surge la siguiente pregunta:

¿Son los filtros cerámicos una alternativa para mejorar la calidad del agua para consumo humano?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

- ✓ Evaluar los filtros cerámicos para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el Sector San Mateo, Moyobamba, 2015

1.2.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Elaborar Filtros Cerámicos conformados por la mezcla proporcional de arcilla con aserrín, con la forma de recipientes unidos y/o Discos.
- ✓ Analizar la remoción de contaminantes en los siguientes parámetros microbiológicos, parasitológicos y la calidad organoléptica.
- ✓ Realizar la comparación de los análisis del agua filtrada con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Antecedentes de la investigación

1.3.1.1 Rivera, R. (2004)

El sociólogo y técnico en cerámica que ha sido protagonista en el proceso de mejoramiento y disseminación de la tecnología a nivel mundial, organizando una ONG Ceramistas por la Paz en la ciudad de Managua/ Nicaragua, en su libro manifiesta que el filtrón no es solamente un filtro. En salubridad, proporciona agua cristalina eliminando la turbidez, así como bacterias imposibilitadas de cruzar por su micro poros. Gracias a un baño de plata coloidal en su elemento filtrante, provocando una reacción que desactiva agentes dañinos para el organismo humano que pueden atravesar el filtro, siendo completamente inofensivo para el ser humano. Culturalmente, el filtrón permite rescatar valores propios, debido a que se trabaja con barro, base de todas las culturas conocidas. Socialmente, el consumo de agua potable, al reducir enfermedades, protege la economía familiar y garantiza una mano de obra estimulada para producir. Además la producción de filtrón genera empleo local. Tecnológicamente, el filtrón puede producirse con materiales locales y por artesanos locales, con un rápido entrenamiento.

El filtrón es de muy bajo costo. El elemento filtrante puede ser fabricado por ceramistas locales, con materiales locales, en condiciones que no requieren electricidad, ni tecnologías de alto nivel. Está hecho de una mezcla de 50% de barro rojo y 50% de aserrín, u otro material orgánico similar, como cascarilla de arroz o cascarilla de café según la producción local. A esta mezcla se añade agua y se coloca dentro de un molde que es prensado por un gato para cambiar llantas de camión, también de fácil adquisición.

Todas las evaluaciones comprobaron que el filtrón técnicamente funciona, y requiere acompañamiento educativo e higiene. El filtrón disminuye el riesgo de enfermedades provocadas por agua contaminada en un 50%. La educación y monitoreo en higiene asegura la efectividad del producto.

1.3.1.2 Vidal H. S. (.2012)

En Colombia, Sandra Marcela Vidal Henao en su tesis “Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas” utiliza la filtración de agua con vasijas cerámicas y plata coloidal.

Esta se refiere a un tratamiento en un lecho filtrante de arcilla mezclada con aserrín y bañado con plata coloidal, combinando el concepto de desinfección y filtración, objetivo a desarrollar en el siguiente proyecto.

Una unidad de tratamiento casera hecha con un filtro conformado como vasija cerámica, se caracteriza por ser de bajo costo que puede ser fabricado por ceramistas locales en condiciones que no requieren electricidad o tecnología de alto nivel.

Este tipo de filtros proporcionan agua cristalina eliminando la turbidez, así como bacterias imposibles de cruzar por su micro poros. La plata coloidal impregnada en su elemento filtrante, provoca una reacción química que desactiva agentes dañinos para el organismo humano que pueden atravesar el filtro, siendo completamente inofensivo para el ser humano.

Ensayo.

1 litro de arcilla mezclado con polvo de aserrín.

Muestra de un agua potable mezclada con agua residual de la planta de tratamiento de la Universidad Tecnológica de Pereira, inicialmente mostraba unas características organolépticas desagradables y al ser tratada el olor, color y la turbiedad se vieron reducidas a características organolépticas aceptables.

Cuadro N° 1: Ensayo de arcilla mezclado con polvo de aserrín

Parámetros	Medida inicial	Medida final	Unidad de Remoción
pH	8.14	7.556	0.584
Turbiedad (NTU)	56.10	0.3725	55.6 NTU
Color (UPC)	100.00	25.00	75.00 UPC
Col. Totales (UFC/100ml)	436000.00	3500	2 Log
Col. Fecales (UFC/100ml)	270000.00	300.00	3 Log

Fuente: Universidad Tecnológica De Pereira

1.3.1.3 Guerra A. y Hiyagon A. (.2012)

En el ámbito nacional existe una investigación realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería por Guerra Alarcon, Alfredo y Hiyagon Arroyo, Genevie Valeria. En su tesis “Tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando Nanotecnología” concluyen que los filtros porosos de de bentonita-aserrín y de bentonita, caolinita y dolomita, así como los filtros cilíndricos de bentonita, caolinita y dolomita, lograron remover la concentración de plomo hasta valores debajo de a los 0.05 ppm, además el caudal Q que pasa por los filtros, tienen una relación directa con el grado de porosidad y espesor del filtro.

En la adsorción, dentro del filtro, las concentraciones en la fase líquida y en la fase sólida varían con el tiempo a lo largo del filtro. Un filtro constituye un reactor de adsorción donde ocurre el proceso de adsorción dinámica.

Los adsorbentes usados normalmente para estos casos son: carbón activado, zeolita, materiales cerámicos compactos, etc. La adsorción dinámica es un problema de transferencia de masa. En este punto se discutirá la aplicación más simple de la adsorción dinámica, es decir, el uso de un adsorbente para la eliminación de alguna impureza o contaminante de un líquido utilizando un filtro de adsorción.

Sistema de Filtración

Con una concentración inicial de 6.8 mg/l de plomo, de 46 muestras con un volumen total filtrado de 166.25 litros y toma de muestra cada 20 minutos hasta llegar a los 60 minutos de muestreo, luego cada 30 minutos hasta llegar a las 4 horas de muestreo, luego cada hora hasta las 24 horas de muestreo y finalmente cada 2 horas.

Se determinan el punto de ruptura y punto de saturación así como el coeficiente de adsorción y la eficiencia del filtro. Se utilizan las fórmulas siguientes:

$$V_u = \int_0^{v_b} \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dv \text{ a } A1$$

$$V_u = \int_0^{v_b} \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dv \text{ a } A1 + A2$$

Es así como de las gráficas anteriores se obtubieron los siguientes resultados:

Volumen de filtrado hasta el punto de ruptura y saturación.

Co (mg/L)	Vu (L) A1	Vt (L) A1 + A2	Vu*Co (mg)	Vt*Co(mg)
13.5	29.20	31.98	394.20	431.72
6.8	35.51	59.69	241.47	405.87

Conocida la masa del filtro se puede determinar la cantidad de contaminante adsorbido por gramo de adsorbato. La masa del filtro es de 180 g, entonces se puede determinar el coeficiente de adsorción expresado en mg de Pb por gramo de adsorbente.

**Masa de plomo retenido hasta el punto de ruptura y saturación.
Coeficiente de adsorción.**

Co	13.5 ppm		6.8 ppm	
	Pto. Rup.	Pto. Sat.	Pto. Rup.	Pto. Sat.
Pb retenido (mg)	394.20	431.72	241.47	405.87
Pb no retenido (mg)	0.58	1518.75	0.36	1130.50
Coeficiente de adsorción (mg Pb /g adsorbente)	-	2.40	-	2.25
Eficiencia	99.85%	22.13%	99.85%	26.42%

Las pruebas de adsorción del sistema demuestran que los filtros cilíndricos hechos de bentonita, caolinita y dolomita (arcillas), pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 2 mg de Pb /g de adsorbente.

1.3.2 Bases teóricas.

1.3.2.1 Arcillas

Domínguez J.M y Scheffer I. (1992). Desde el punto de vista geológico las arcillas son minerales naturales que se formaron hace varios millones de años y que reúnen las características peculiares de composición y sus formaciones relacionadas con el curso de la evolución de la Tierra, para el artista constituyen los materiales plásticos o los pigmentos que le permiten expresar, mediante formas y composiciones de color, un estado de alma o de conciencia que puede ser bello.

Desde un punto de vista utilitario las arcillas han sido los materiales preferidos por el hombre para la manufactura de utensilios que sirven en la cocción y el consumo de sus alimentos, de vasijas de barro para almacenar y añejar el vino, de piezas finas de porcelana, así como pisos de mosaico y embaldosados.

La época moderna ha incorporado a las arcillas en numerosos productos de uso cotidiano a través de las nuevas tecnologías de modo que, aunque no lo percibamos, las arcillas forman parte importante de nuestras vidas. Un ejemplo

son los nuevos materiales poliméricos que incluyen en su composición las arcillas minerales con el fin de lograr superficies suaves al tacto y propiedades mecánicas mejoradas, como en los juguetes, en las partes de automóvil y en otros componentes que son, además, resistentes a la flama y al desgaste.

Algunos productos de alta tecnología incorporan a las arcillas en alta proporción, como los convertidores catalíticos que se utilizan en el control de emisiones contaminantes de los vehículos de motor, o bien en el papel incombustible con que se provee a los astronautas desde el accidente del Challenger o en las revistas de alta calidad.

Existen otras aplicaciones masivas de las arcillas minerales: los lodos de perforación de los pozos petroleros, los moldes de fundición y los catalizadores empleados en la refinación del petróleo.

No faltan las aplicaciones en el campo farmacéutico y en los productos de belleza, ya que las arcillas forman parte importante de los talcos desodorantes, jabones y cremas, pastas de dientes, etc.

1.3.2.2 Fracciones de arcilla en los suelos

Racks. L Y García .F. (2004). En esta fracción se encuentran generalmente diversos minerales secundarios. Convencionalmente se pueden clasificar en silicatos y no silicatos. Los silicatos incluyen la caolinita, montmorillonita, illita, vermiculita y alofán, entre otros. La variación que existe entre estos grupos de arcillas en plasticidad, cohesión, adhesión, capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades es muy grande. Por eso, es un dato de considerable importancia el saber qué tipo de arcilla domina en un suelo o cuáles coexisten.

Los no filosilicatos incluyen: cuarzo y otras formas de sílice (SiO_2); óxidos e hidróxidos de hierro, tales como hematita o goethita; óxidos e hidróxidos de aluminio tales como gibbsita; y carbonato de calcio. Parte del material mineral de la arcilla de los suelos es cristalino y parte amorfo.

1.3.2.3 Propiedades físico-químicas de las arcillas

Racks. L Y García .F. (2004). Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Dichas propiedades derivan, principalmente, de:

- Su extremadamente pequeño tamaño de partícula (inferior a 2 mm).
- Su morfología laminar (filosilicatos)
- Las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar.

Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado del área superficial y, a la vez, la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interaccionar con muy diversas sustancias, en especial compuestos polares, por lo que tienen comportamiento plástico en mezclas arcilla-agua con elevada proporción sólido/líquido y son capaces en algunos casos de hinchar, con el desarrollo de propiedades geológicas en suspensiones acuosas.

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, como ya se ha citado, con la entrada en el espacio interlaminar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente mediante la puesta en contacto de la arcilla con una solución saturada en otros cationes.

1.3.2.4 Características Físico Químicas de una partícula de arcilla.

Racks. L Y García .F. (2004). La superficie de toda partícula de arcilla conlleva una carga eléctrica negativa, cuya intensidad depende de sus características mineralógicas y de su tamaño.

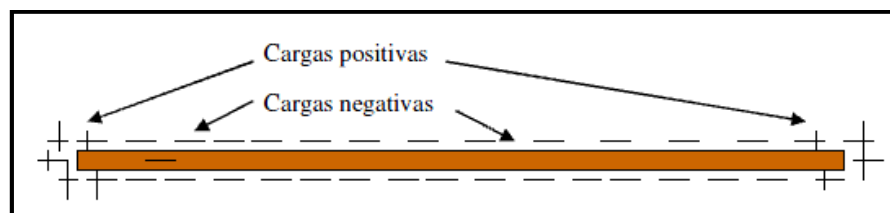


Fig. N°1: Distribución de cargas en lámina de las partículas de arcilla.

La forma de lámina de las partículas de arcilla hace que las mismas tengan una gran cantidad de cargas eléctrica. Estas cargas eléctricas, se reducen en su cantidad a medida que el tamaño de las partículas aumenta y cambian de forma, partículas no laminares, esféricos o prismáticas y que representan una menor superficie expuesta (superficie específica), conllevan una menor carga eléctrica.

1.3.2.5 Caolinita

Franklin K. (2010). El caolín o 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. Cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. Conserva su color blanco durante la cocción.

Su fórmula es $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ó $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (disilicato aluminico dihidratado).

Su nombre viene del chino kao = alta y ling = colina, que indicaba, en la provincia de Kiangsi, cerca de Jauchu Fa, el lugar donde los chinos encontraron por primera vez este tipo de arcilla al natural.

Es un silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio. Esta descomposición se debe a los efectos prolongados de la erosión. La formación del caolín se debe a la descomposición del feldespato por la acción del agua y del dióxido de carbono.

Está formado por pequeñas capas hexagonales de superficie plana. En su estructura cristalina se distinguen dos láminas, una formada por tetraedros, en cuyos vértices se situarían los átomos de oxígeno y el centro estaría ocupado por el átomo de silicio, y otra formada por octaedros, en cuyos vértices se

situarían los átomos del grupo hidróxido y el oxígeno, y en el centro el átomo de aluminio.

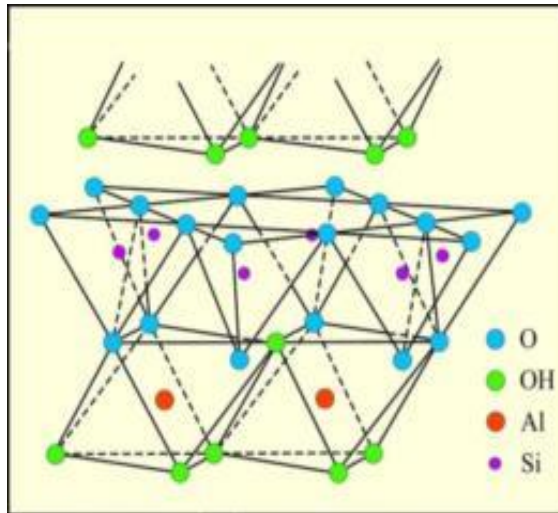


Fig. N°2. Estructura química de la caolinita

Información General de la Caolinita:

- Formula Química: $Al_2Si_2O_5(OH)_4$
- Composición:

	Porcentaje	Peso Molecular = 258.16 g	
Aluminio	20.90 %	Al	39.50 % Al_2O_3
Silicio	21.76 %	Si	46.55 % SiO_2
Hidrogeno	1.56 %	H	13.96 % H_2O
Oxigeno	55.78 %	O	
	100.0	100.00 % = Total de óxidos	

- Formula Empírica: $Al_2Si_2O_5(OH)_4$
- Grupo Mineral: Silicatos
- IMA Status: Especie válida (Pre-IMA) desde 1930
- Localidad: Kao-Ling, China.
- Sistema cristalino: Triclínico
- Clase: Pedial
- Parámetros de celda: $a = 5.13\text{Å}$, $b = 8.89\text{Å}$, $c = 7.25\text{Å}$, $\beta = 104.5^\circ$
Cociente: $a : b : c = 0.577 : 1 : 0.816$
- Volumen: $V = 320.11 \text{Å}^3$ (calculado para la celda unitaria)

- **Morfología:** En masas terrosas sueltas o compactas formando finísimas escamas o laminillas. De carácter untuoso o magro al tacto según su cohesión. Raras veces en cristales laminares.
- **Color:** Blanco, blanco grisáceo, amarillo pálido, verde grisáceo.



Imagen N° 1: Caolinita

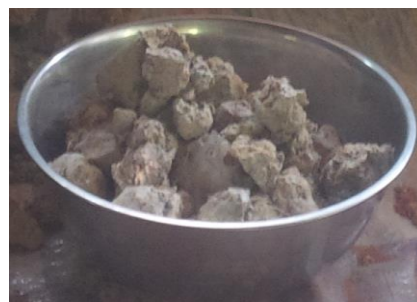


Imagen N° 2: M. Recolectada

- **Densidad: 2.63 g/cm³.** Estos datos son los establecidos por la Sociedad Internacional de Mineralogía. (IMA, pos sus siglas en ingles)

- **Capacidad de Intercambio catiónico.**

La causa principal de la capacidad de intercambio catiónico de la caolinita está en los enlaces rotos en los bordes de los cristales laminares (Grim, 1962). Los valores de esta propiedad se miden en miliequivalentes por 100g de arcilla seca, y varían de 3-15 para las caolinitas y hasta 80-150 para las esmectitas (montmorillonita).

Racks. L Y García .F. (2004). Las propiedades de sorción, tanto la adsorción como la absorción, que están relacionadas con las sustituciones y el área superficial de los cristales, son muy importantes en muchas aplicaciones industriales. La caolinita tiene un área y una carga superficial relativamente bajas comparada con la de otros minerales, tales como las esmectitas y los minerales fibrosos y por ello presenta propiedades de sorción relativamente bajas.

Con respecto a su morfología, las fotografías en el microscopio electrónico de barrido (SEM) de las partículas de caolinita muestran que, en general, tiene formas cristalinas de placas pseudoexagonales. En partículas muy

pequeñas, y de apilamientos de placas con formas vermiculares cuando las partículas son más groseras.

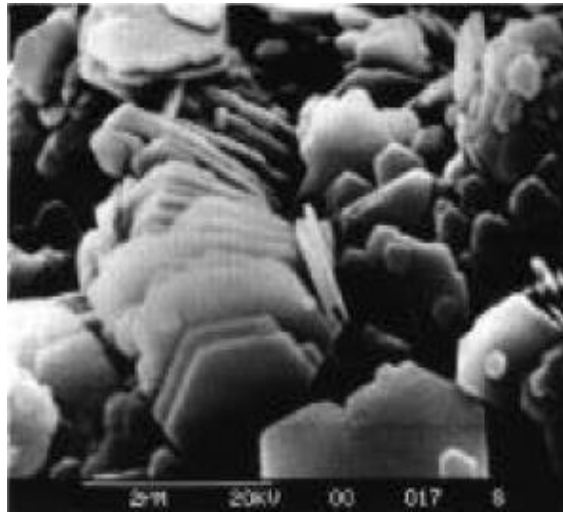


Fig. N° 3. Imagen de la caolinita en SEM.

Depósitos de Caolín en el Perú

Racks. L Y García .F. (2004). Los depósitos reconocidos de caolín se encuentran en las franjas de la Cordillera Occidental e Interandina. Los depósitos de origen magmático se encuentran próximos a yacimientos metálicos; Así por ejemplo, la lixiviación de volcánicos ácidos por gases residuales magmáticos se presenta en el yacimiento Providencia ubicado cerca al pórfido de cobre Michiquillay y en el diseminado de oro Yanacocha, en el departamento de Cajamarca. El caolín blanco del yacimiento Providencia contiene 63 % de caolinita aumentando su proporción a 75 % en la fracción < 2 micrones. El problema es la presencia en algunos sectores de impurezas como cristobalita u óxidos de hierro. Los caolines hidrotermales asociados con alunita se explotan como material para tallar esculturas.

Racks. L Y García .F. (2004). Los caolines y arcillas refractarias de origen residual o sedimentario se presentan en la franja Interandina. La lixiviación más completa se presenta en los suelos formados en clima húmedo y cálido, sobre los cuales creció una vegetación intensa. Por lo general, las arcillas caoliníticas más puras se presentan debajo de los

mantos de carbón. Depósitos cretáceos de arcillas refractarias en el pico de los mantos de carbón se explotan en el departamento de Junín.

Cerca de Huamachuco en el departamento de La Libertad existen numerosos mantos de caolines redepositados en la formación Cretáceo Chimú. Los caolines consisten de una mezcla de caolinitas y cuarzo con muy pocas impurezas (anatasa / óxido de titanio) que sin embargo, logran colorear algunos mantos en toda su longitud. El contenido de alúmina es superior a 25 % alcanzado a 36 %. Las fracciones de la muestra con granulometría < 2 micrones pueden contener más de 37 % de alúmina. El caolín se presenta en varios mantos paralelos con grosores que pueden alcanzar 35 m y extensiones de varios kilómetros.

1.3.2.6 Hematita

Patricia S. (2013). Es un mineral común compuesto de Óxido Ferroso (Fe_2O_3) y constituye una importante mina de hierro ya que en estado puro contiene un 70% de este metal, y las mayores cantidades se encuentran en las rocas sedimentarias.

Puede aparecer asociado a cualquier tipo genético de rocas. En sedimentos de medios oxigenados y cálidos asociado a algunas arenas y arcillas continentales, en calizas pisolíticas carstificadas, en antiguas zonas pantanosas, etc. En rocas volcánicas y como producto de alteración de otras rocas ígneas. En rocas generadas por metamorfismo regional y de contacto.

Variedades

- **Hematita Especular o Especularita.** Presenta un color gris a plateado de brillo metálico. Se ve como pequeños espejos, de ahí su nombre “especular”. Se puede presentar en hábito hojoso o tabular, o como cristales anhedrales. **Patricia S. (2013)**
- **Hematita Terrosa.** Ésta se encuentra en un color rojizo, además de tener la característica de que mancha la piel al tocarla. Se observan

contenidos de otros minerales dentro de la hematita terrosa, si son cristales blancos y transparentes, probablemente son minerales de zinc, tales como la calamina y smithsonita, que son carbonatos de zinc que podríamos identificar al atacarla con HCl. Al atacar una muestra de hematita terrosa con HCl, observamos que la hematita es ligeramente soluble en el ácido, obteniéndose una coloración amarilla. La hematita tiene un color de raya roja, y se vuelve fuertemente magnética cuando es calentada en llama reductora.

- **Propiedades Químicas.**

Químicamente el hierro es un metal activo. Se combina con los halógenos. Desplaza al hidrógeno de la mayoría de los ácidos débiles. Expuesto al aire húmedo, se corroe formando óxido de hierro hidratado, una sustancia pardo-rojiza, escamosa, conocida comúnmente como orín.

El hierro forma compuestos en los que tiene valencia +2 y compuestos en los que tiene valencia +3. Los compuestos de hierro (II) se oxidan fácilmente a compuestos de hierro (III). El compuesto más importante de hierro (II) es el sulfato de hierro (II) FeSO_4 , normalmente existe en forma de cristales verde pálido.

El sulfato ferroso se oxida fácilmente y se utiliza en la purificación del agua, convirtiéndose en hidróxido férrico. Entre los usos del sulfato ferroso se pueden citar los de mordientes en los tintes, materia prima para la manufactura de otros compuestos de hierro y la fabricación de tintas.

Usos. Es un mineral que tiene varios usos industriales; la variedad roja se usa como pigmento; es el principal mineral usado para la extracción de hierro; también se emplea como agente para pulido. La variedad terrosa se usaba para marcar el ganado, aparte de como pigmento.

- **Información Acerca De La Hematita.**

- Formula Química: Fe_2O_3
- Composición química: O: 30.06% Fe: 69.94%
- Clase: Óxidos.
- Sistema cristalográfico: Triagonal.
- Hábito: Masivo, botrioidal, micáceo o raro en cristales y en rosa de hierro.
- Propiedades Físicas.

TABLA DE PROPIEDADES FÍSICAS

SIMBOLO	Fe
Número Atómico	26
Peso Atómico	55.847
Estructura Electrónica	[Ar] 3d64s2
Estado Oxidación	2,3

- Color: Gris oscuro, negro, rojizo o pardo-rojizo.



Imagen N° 3: Caolinita



Imagen N° 4: M. Recolectada

- Dureza: 5'5 - 6'5 (Duro, no se raya con púa de acero) o menor.
- Densidad: 5'0-5'3 g/cm³ (Pesado).
- Otras: No es magnético.

Cómo Reconocerlo: Es el mineral pesado y de color oscuro más común en la región. Su hábito puede ser muy variable, desde variedades laminares o micáceas (oligisto especular o especularita) a granular, masivo e incluso terroso (ocre rojo), siendo menos común las cristalizaciones y hematites en rosa de hierro.

Morfología: En masas terrosas sueltas o compactas formando finísimas escamas o laminillas. De carácter untuoso o magro al tacto según su cohesión. Raras veces en cristales laminares.

Yacimientos: Entre las regiones con mayor contenido de hematita del mundo están las orillas del Lago Superior de Michigan, Estados Unidos y yacimientos extensos en Brasil, España, Rusia, Ucrania y Canadá.

Estemin B. (2010). En el Perú en la localidad de Chinchao, al NE de Huánuco en San Luis y San José, en la provincia de Jaén, etc. En el valle del alto mayo también se encuentran, los pigmentos rojizos recuperados de los niveles estratigráficos están constituidos por hematita y por arcillas rojas y estas las encontramos mayormente por la margen izquierda del río Mayo, o cualquier lugar que presente estas características mencionadas.

1.3.2.7 Limolita

La limolita es una roca sedimentaria clástica. Como su nombre indica, está compuesta principalmente (más de 2/3) de limo, partículas de tamaño definidos como granos de 1/16 - 1/256 mm o de 4 a 8 en la escala phi (ϕ) de Krumbein. Procede de la cementación y compactación de partículas detríticas intermedias entre arcillas y arenas, denominadas limo, cuyo diámetro oscila entre 1/16mm hasta 1/256mm.

Generalmente contienen óxido de hierro, calcita, feldespatos, entre otros. Habitualmente se encuentra en colores como amarillo o pardo.

Las limolitas difieren significativamente de las areniscas debido a sus poros más pequeños y una mayor propensión a contener una significativa fracción de arcilla.

- Origen

Universidad Estatal Minot. (2014). Es una roca sedimentaria que se forma a partir de una variedad de otras rocas y minerales, que puede incluir rocas ígneas, rocas metamórficas u otros tipos de rocas sedimentarias. Este tipo de

rocas se forman a menudo por debajo del agua que fluye, como mares, océanos y lagos.

- **Características y Diagnóstico**

Rivero (1956). Roca friable, calcárea, microlaminar, pastosa y salobre al gusto. El color meteorizado es ocre. El color fresco es crema parduzco claro. Presenta manchas de color gris negruzco dispuestas en líneas de 2 a 5 mm. Efervesce súbitamente en contacto con el ácido clorhídrico diluído al frío.

- **Composición**

Universidad Estatal Minot. (2014). La composición de limolita es predominantemente arena, lo que le da una sensación arenosa. Es una roca dura que es duradera que no se rompe fácilmente en capas, formando capas más delgadas de roca de lutitas. Como siltstone es similar a piedras de arcilla, la composición de mudstone es similar a la de esquisto, con un contenido mineral similar, pero una diferente composición física. Lutitas se forman a partir de barro antiguo, con limolita un tipo menos comúnmente encontrado de roca sedimentaria que sus parientes cercanos de areniscas y lutitas

- **Color.**

Universidad Estatal Minot. (2014). Limolitas pueden ser de color rojizo donde los altos niveles de óxido de hierro se encuentran en las partículas que componen la roca. A través del tipo de movimiento de agua bajo el cual lutitas y limolitas hay un gran número de fósiles a menudo se encuentran en este tipo de rocas. El carbón de los combustibles fósiles a menudo se puede encontrar en el barro y limolitas dando las rocas un color negro y gris.



Imagen N° 5: Caolinita



Imagen N° 6: M. Recolectada

Información acerca de la limolita.

- Mineralogía: Posee principalmente óxido de hierro, cuarzo, calcita, entre otros.
- Textura: clástica. Grano muy fino de diversos minerales.
- Reconocimiento: dependiendo del tamaño del grano. Grano de 1/16mm hasta 1/256mm. Intermedio entre la arcilla y la arena.
- Diámetro de la Muestra: 7cm

1.3.2.8 Capacidad de absorción de las arcillas

Algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita). 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 adsórbalo).

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsórbalo 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

1.3.2.9 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 (Jiménez Salas, et al., 1975).

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.

1.3.2.10 Extracción y procesado de la arcilla

García E. y Suárez M. (1994). La explotación, normalmente, se efectúa a cielo abierto, utilizando medios mecánicos convencionales. La potencia del recubrimiento a remover varía de unos yacimientos a otros, pero, generalmente, en la mayor parte de las explotaciones son inferiores a los 15 m.

El procesado industrial del producto de cantera viene fijado por la naturaleza y uso a que se destine. Generalmente es sencillo, reduciéndose a un

machaqueo previo y eliminación de la humedad y finalmente, a una molienda hasta los tamaños de partícula deseados. La temperatura de secado depende de la utilización posterior de la arcilla.

1.3.2.11 Capacidad de adsorción de las arcillas

García E. y Suárez M. (1994). La adsorción es un fenómeno superficial que se puede definir como el enriquecimiento de uno o más componentes en la región entre dos fases, conocida como interfase o capa interfacial. En el presente contexto, una de las fases es necesariamente un sólido, el adsorbente, y la fase móvil un fluido, que puede ser gas o líquido. El compuesto que se encuentra en la superficie se denomina adsorbato, y la sustancia en la fase fluida capaz de ser adsorbida es el adsorbible. Si el adsorbato es un gas, éste puede ser un compuesto puro o una mezcla. Si la fase fluida es un líquido, éste puede ser un componente puro, una mezcla de líquidos miscibles o una disolución. En el caso de que la fase móvil no sea un componente puro, se producirá una competencia entre las distintas sustancias durante el proceso de adsorción.

En algunos sistemas, el proceso de adsorción viene acompañado por absorción, que ocurre cuando las moléculas del adsorbible atraviesan la capa superficial del adsorbente y penetran en el seno del sólido. Si el proceso de absorción viene acompañado de una reacción química se denomina quimisorción. A veces es difícil distinguir entre adsorción y absorción; entonces es conveniente usar el término más amplio sorción, que abarca ambos fenómenos.

Las fuerzas intermoleculares implicadas en el proceso de adsorción son de la misma naturaleza que las fuerzas existentes en el seno de un líquido o de un sólido. En el interior de una fase, las fuerzas que mantienen unidas las diferentes partes de la misma se encuentran compensadas en todas direcciones. Este equilibrio de fuerzas se altera en la superficie del adsorbente, como consecuencia del acercamiento de las moléculas de

absorbible. Cuando el balance de fuerzas en la superficie no está compensado, aparece una fuerza atractiva neta normal a la superficie, responsable del fenómeno de adsorción. La energía de adsorción determina el tiempo que permanecen en la superficie del adsorbente las distintas especies.

La adsorción que resulta de la influencia de las fuerzas de Van der Waals es esencialmente de naturaleza física. Debido a que estas fuerzas no son fuertes, la adsorción puede ser revertida fácilmente. En algunos sistemas, las fuerzas adicionales atan las moléculas adsorbidas a la superficie sólida, estas son de naturaleza química, implicando intercambio o distribución de electrones, o posiblemente moléculas formando átomos o radicales. En tales casos el término de adsorción química es usado para describir el fenómeno. Este último no se revierte tan fácilmente como la adsorción física, y la regeneración puede ser un problema. La adsorción química se restringe a apenas una capa de moléculas sobre la superficie.

1.3.2.12 Naturaleza de los Adsorbentes

García E. y Suárez M. (1994). Los adsorbentes están disponibles como gránulos irregulares o estructuras porosas. El pequeño tamaño refleja la necesidad de empaquetar tanta área superficial como sea posible dentro de un pequeño volumen y al mismo tiempo de reducir al mínimo la caída de presión del flujo a través del filtro. Para que un adsorbente sea eficiente debe cumplir las siguientes características:

- Debe tener un área superficial interna muy grande.
- El área a través de los poros debe ser accesible para poder admitir a las moléculas que se fijarán por adsorción. Es también una ventaja si los poros son bastante pequeños como para retener las moléculas que no deseamos adsorber.
- El adsorbente debe tener la capacidad de fácil regeneración.
- El adsorbente debe tener un largo tiempo de vida útil.

- El adsorbente debe ser mecánicamente fuerte como para soportar presiones, manipulaciones y vibraciones, que son características de cualquier uso industrial.

1.3.2.13 Filtros Compactos

García E. y Suárez M. (1994). Los filtros compactos o adsorbentes compactos son mayormente utilizados en procesos industriales y/o comerciales. En la adsorción, dentro del filtro, las concentraciones en la fase líquida y en la fase sólida varían con el tiempo a lo largo del filtro. Un filtro compacto constituye un reactor de adsorción donde ocurrirá el proceso de adsorción dinámica.

Los adsorbentes usados normalmente para estos casos son: carbón activado, zeolita, materiales cerámicos compactos, etc. La adsorción dinámica es un problema de transferencia de masa. En este punto se discutirá la aplicación más simple de la adsorción dinámica, es decir, el uso de un adsorbente para la eliminación de alguna impureza o contaminante de un líquido utilizando un filtro de adsorción.

El filtro tiene una superficie transversal A , una longitud de largo D , y masa adsorbente M (ver Fig. N° 10). El filtro se puede dividir en tres zonas: () Zona de equilibrio, () Zona de transferencia de masa (ZTM) de longitud D_0 , y () Zona no usada [68, 69, 70]. El ancho y la forma de la zona de transferencia de masa dependen de la isoterma de adsorción, de la velocidad de flujo, de la velocidad de transferencia de masa hacia las partículas y la difusión en los poros. Se han publicado varios métodos teóricos que predicen la zona de transferencia de masa, siendo los resultados en su mayoría inexactos a causa de muchas incertidumbres debidas a los patrones de flujo y a las correlaciones para predecir la difusión y la transferencia de masa. Por lo tanto, se necesita hacer experimentos en el laboratorio para determinar los resultados

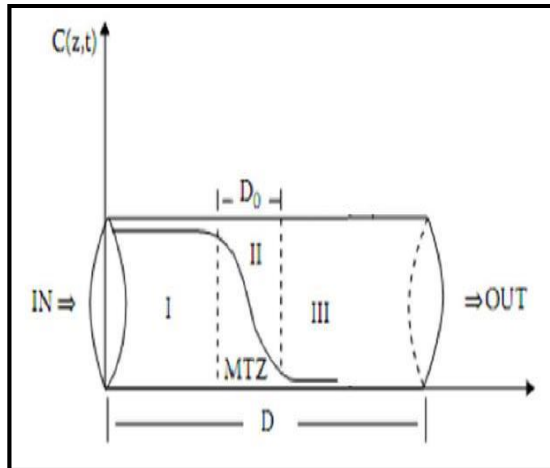


Fig. N° 4. Representación esquemática de un filtro, esta figura representa la manera en que el adsorbato se distribuye a lo largo de su longitud D durante el ciclo de adsorción. IN y OUT representan la entrada y la salida del fluido en el filtro, respectivamente I, II y III son las zonas de adsorción, D_0 es el ancho de la zona de transferencia de masa

Un buen proceso de adsorción con un adsorbente compacto debe satisfacer los siguientes puntos:

- Tiempo de residencia. El contacto del fluido o tiempo de residencia con el adsorbente debe ser suficientemente largo para asegurar el transporte de las moléculas del adsorbato hacia los sitios de adsorción.
- Tamaño de partícula. El tamaño de poro en el adsorbente no debe ser muy pequeño para no experimentar grandes caídas de presión y flujos bajos.
- Longitud del reactor. Puesto que el tiempo de residencia es relativamente largo, entonces la longitud del reactor no debe ser muy larga para lograr las capacidades necesarias de adsorción.

1.3.2.14 Filtración

La filtración es la separación de partículas sólidas a partir de un fluido haciéndolo pasar a este a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos. El fluido puede ser un líquido o un gas. Debido a la enorme variedad de materiales existentes para filtrar y las diferentes condiciones de

operación de los procesos, se han desarrollado numerosos tipos de filtros. Los filtros se dividen en dos grandes grupos: filtros clarificadores y filtros de torta, estos últimos a su vez se subdividen en varios tipos (filtros de prensa, de carcasa, continuos, discontinuos, de tambor rotatorio, etc.)

Los clarificadores retiran pequeñas cantidades de sólidos para producir un gas claro o líquidos transparentes tales como bebidas. Los filtros de torta separan grandes cantidades de sólidos en forma de una torta de cristales o de lodo.

El fluido circula a través del medio filtrante en virtud de una diferencia de presión, la cual puede ser atmosférica o superior. Presiones superiores a la atmósfera pueden generarse por acción de la fuerza de gravedad actuando sobre una columna de líquido o por medio de una bomba.

La mayoría de los filtros industriales son filtros de presión o de vacío. Pueden ser también continuos o discontinuos, dependiendo de que la descarga de los sólidos filtrados se realice de manera continua o intermitente.

1.3.2.15 Porosidad

La porosidad es una medida de los espacios vacíos en un material adsorbente, está definida con la fracción del volumen vacío sobre el volumen total, su valor oscila entre 0-1. La porosidad también es conocida como fracción de volumen vacío y se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{V_0}{V_T} \quad (1)$$

Donde: ε = porosidad volumétrica, V_0 = volumen vacío del adsorbente y V_T = volumen total de adsorbente.

La capacidad de absorción de agua o porosidad másica se puede determinar sumergiendo el adsorbente compacto en agua y se define como:

$$\varepsilon_m = \frac{m_s - m_0}{m_0} \quad (2)$$

Donde: ε_m = porosidad másica, m_s = masa del adsorbente después de haber sido sumergido en agua y m_0 = masa del adsorbente seco.

Utilizando las ecuaciones (1) y (2) se puede determinar una forma más fácil de medir la porosidad volumétrica,

$$\varepsilon = \frac{V_0}{V_T} = \frac{\rho_m}{\rho_m + \frac{\rho_f}{\varepsilon_m}}$$

Dónde: ρ_m = es la densidad verdadera del adsorbente seco y ρ_f = densidad del fluido (agua)

La distribución de poros dentro de un adsorbente compacto son de diferentes formas. Cada poro, en forma individual, puede variar mucho en tamaño y forma dentro del adsorbente dado, y respecto a otro. Existen dos tipos de poros: poro abierto cuya cavidad o canal se comunica con la superficie del adsorbente, y poro cerrado cuya cavidad no se comunica con la superficie. (Guéguen y Palciasukas, 1994).

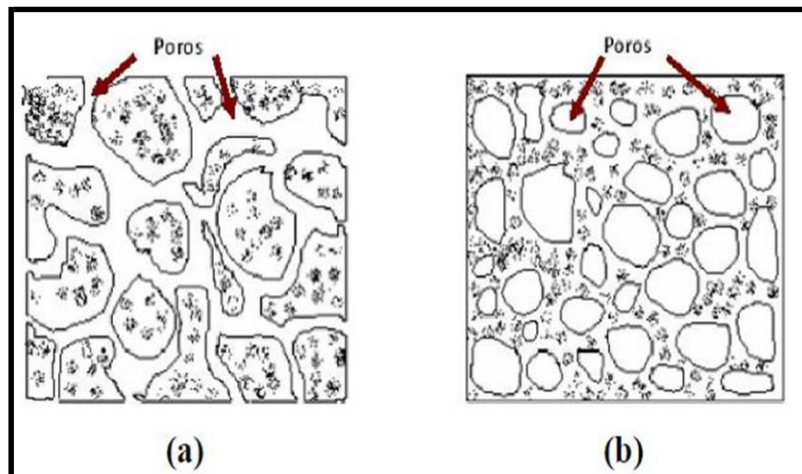


Fig. N°5. Estructura de (a) Un poro abierto, (b) Un poro cerrado

Una característica de mucho interés en los poros es el ancho de ellos, por ejemplo: el diámetro de un poro cilíndrico o la distancia entre los lados de un poro en forma de rendija. Una clasificación conveniente de los poros de

acuerdo a su ancho promedio fue propuesta originalmente por Dubinin y ahora adaptada por la IUPAC. Esta clasificación se muestra en la tabla N° 1

Tabla N° 1: Clasificación de los poros de acuerdo a su ancho w

	Ancho w
Microporos	Menor que 20 Å (2 nm)
Mesoporos	Entre 20 y 500 Å (2 y 50 nm)
Macroporos	Mayor que 500 Å (50 nm)

En los últimos años el rango de los microporos se ha subdividido en ultra-microporos y súper-microporos. También cabe decir que a través de los años se ha determinado un amplio y continuo rango de tamaños de poros, desde macroporos a mesoporos y microporos, llegando hasta los poros sub-atómicos.

1.3.2.16 Carbón activado

Carbonology blog, 2013. El carbón activado es un término genérico que describe una familia de absorbentes carbonáceos altamente cristalinos y una porosidad interna altamente desarrollada. Una sustancia de origen vegetal que tiene la propiedad de absorber químicos, gases, metales pesados, proteínas, desechos y toxinas. Es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 2 nanómetro de radio). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado puede poseer una superficie de 500 m² o más.

- Capacidad de adsorción del carbón activado

Carbotecnia, B. 2014. La capacidad de un carbón activado para retener una sustancia determinada no sólo está dada por su área superficial, sino por la proporción de poros cuyo tamaño sea el adecuado, es decir, un poco adecuado tiene un diámetro de entre una y cinco veces la molécula

de que se va a adsorber. Si se cumple esta condición, la capacidad de un carbón activado puede ser de entre el 20% y el 50% de su propio peso.

- **Cómo se activa un carbón**

Carbotecnia, B. 2014. El carbón puede activarse mediante procesos térmicos o químicos. Los procesos térmicos consisten en provocar una oxidación parcial del carbón, para lograr que se formen los poros, pero evitando que se gasifique y se pierda más carbón del necesario. Esto ocurre a temperaturas que están entre los 600 y los 1100 °C, y en una atmósfera controlada (que se logra mediante la inyección de una cantidad adecuada de vapor de agua o de nitrógeno).

- **Propiedad de absorción del carbón activado**

Carbotecnia, B. 2014. Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Cada átomo comparte un electrón con otros cuatro átomos de carbono (hay que recordar que en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro). Los átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón.

Carbotecnia, B. 2014. Las moléculas que adsorbe el carbón tienden a ser covalentes; no iónicas, pues estas últimas tratarían de robar o de donar electrones a los átomos de carbono. Las uniones entre átomos de carbono e hidrógeno son covalentes, y es por ello que el carbón es un buen adsorbente de moléculas orgánicas.

1.3.2.17 Permeabilidad y Ley de Darcy

Guéguen y Palciasukas, 1994. Al estudiar el movimiento de fluidos en materiales porosos desde una perspectiva experimental y macroscópica es necesario hablar de la permeabilidad. La permeabilidad se define como la capacidad que tiene una roca de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros interconectados.

Chauveteau Et.1996. Si los poros de la roca no se encuentran interconectados no hay permeabilidad. Por lo tanto, la permeabilidad depende de la porosidad efectiva y, con ello, depende más específicamente del escogimiento de los granos, el grado compactación, el grado de cementación y la presencia de minerales de arcilla en una roca. Generalmente la permeabilidad aumenta con la porosidad, lo que implica que para un mismo tipo de roca la relación entre estas dos propiedades petrofísicas se aproxima a una línea recta cuando la permeabilidad es graficada en escala logarítmica, sin embargo, cada tipo de roca exhibirá una relación particular.

La ley de Darcy es una ecuación experimental formulada por Henry Darcy (1885) y describe el flujo de un fluido a través de un medio poroso. La ley Darcy es una simple relación proporcional entre: el caudal de un fluido en un medio poroso, la viscosidad del fluido y la caída de presión a través del medio poroso

$$Q = \frac{kA\Delta P}{\mu L} \quad \text{ó} \quad \frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k} \cdot \frac{Q}{A}$$

Donde Q es el caudal, k es la permeabilidad del medio poroso, A es el área transversal del medio poroso, μ es la viscosidad del fluido, ΔP es la caída de presión a través del medio poroso y L es la longitud del medio poroso, Cabe recalcar que la ley de Darcy solo es válida para flujo laminar, es decir cuando el flujo es suave, ordenado y de baja velocidad. Una forma más general de representar la Ley de Darcy fue propuesta por Forchheimer, cuya ecuación está definida por;

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu}{k_D} v + \frac{\rho}{k_N} v^2$$

Donde ΔP es la caída de presión, L es la longitud del filtro, ρ y μ son la densidad y viscosidad del fluido, respectivamente, y $v = Q/A$, también llamada “velocidad superficial”. Los parámetros k_D y k_N son conocidos como las constantes Darcyana y no Darcyana, respectivamente.

La ecuación generalizada de Darcy ó la ecuación de Forchheimer puede ser levemente modificada para poder graficar los puntos de caudal obtenidos, entonces dicha ecuación puede escribirse como:

$$\frac{1}{L} = \frac{\mu}{\Delta P k_D A} Q + \frac{\rho}{\Delta P k_N A} Q^2$$

$$\frac{1}{L} = \frac{\mu'}{k_D} Q + \frac{\rho'}{k_N} Q^2$$

Donde: $\mu' = \mu/\Delta P A$ y $\rho' = \rho/\Delta P A^2$. Con el caudal y longitud de cada filtro, y esta ecuación se pueden obtener los parámetros de Darcy.

1.3.2.18 Composición del suelo

El suelo está compuesto por:

Sólida

- Inorgánica : Arena, Limo, Arcilla
- Arena : Ø de 2 – 0.02 mm
- Limo : Ø de 0.02 – 0.002 mm
- Arcilla : Ø < a 0.002 mm

Las arcillas también son llamados coloides de carga negativa, conocido como aniones, es coloide inorgánico

Orgánica	:	Restos Vegetales y Animales
Líquida	:	El Agua
Gaseosa	:	El Aire

1.3.2.19 El agua

Vargas C. (1996). El agua de consumo humano ha sido definido en las guías de calidad del agua de bebida de la organización mundial de la salud-OMS (OMS, 1992) como “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la siguiente personal”. El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud.

1.3.2.20 Guía para la calidad de agua de bebida

OMS (1995). Debido a estas condiciones, en el caso de los microorganismos patógenos no existe un límite inferior tolerable, por lo que el agua destinada al consumo la preparación de alimentos y bebidas o la higiene personal no debe contener ningún agente patógeno para los seres humanos.

En esto se puede conseguir seleccionando fuentes de buena calidad, tratado y descontaminado eficazmente, el agua que está contaminada con eses de seres humanos o de animales u otras sustancias y protegiéndola para que no haya contaminación durante la distribución al usuario.

1.3.2.21 Requisitos de la calidad de agua para consumo humano

El reglamento de la calidad de agua para consumo establece los parámetros microbiológicos y otros microorganismos, que toda agua debe estar exenta de:

- Bacterias Coliformes Totales, Termotolerantes y Escherichia coli,
- Virus
- Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos

- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y Nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
- Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes Totales;
2. Coliformes Termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de Coliformes Termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

1.3.2.22 Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio a los indicados en el artículo precedente.

1. Parámetros microbiológicos.

Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.

2. Parámetros organolépticos

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad.

3. Parámetros inorgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, fluor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdbeno y uranio.

4. Parámetros radiactivos

Esta condición permanecerá hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en la presente norma, en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

1.3.2.23 Límites máximos permisibles

A continuación se muestra los límites máximos permisibles del agua que va ser destinada para consumo humano, que establece

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA). **MINSA, (2001).**

Cuadro N° 2: Límites máximos permisibles del agua

ITEM	PARÁMETRO	Unidad De Medida	Limite maximo permisible
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0.00
2	E.Coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0.00
3	Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0.00
4	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500.00
5	Quistes y ooquistes de Protozoarios Patogênos	Nº org/L	0.00
6	Virus	UFC/mL	0.00
7	Organismos de Vida Libre; como algas, protozoarios, copepodos totiferos, nemàtodos en todos sus estadios	Nº org/L	0.00

Fuente: Ministerio de salud. Reglamento de la calidad de agua

Cuadro N° 3: Límites máximos permisibles del agua

ITEM	PARÁMETRO	Unidad De Medida	Limite maximo permisible
1	Turbidez	UNT	5.00
2	pH	valor de pH	6.5-8.5
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	1000.00
4	Conductividad	µmho/cm	1500.00
5	Color	UC	15.00
6	Dureza Total	CaCO3 L-1	250.00
7	Sabor	-----	Aceptable
8	Hierro	mgFe L-1	0.30
9	Manganeso	mgMn L-1	0.40
10	Amoniaco	mgNL L-1	1.50
11	Cloruros	mgCl L-1	250.00
12	Sulfatos	mgSO4 L-1	250.00
13	Sodio	mgNa L-1	200.00
14	Aluminio	mgAl L-1	0.20
15	Cobre	mgCu L-1	2.00
16	Zinc	mgZn L-1	3.00
17	Sabor	-----	Aceptable

Fuente: Ministerio de salud. Reglamento de la calidad de agua.

1.3.2.24 Problemas a la salud por consumir agua no potable.

Parker J. (2000). El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son producidas por el "agua sucia", las cuales son causadas por contaminación con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año.

OMS, (2010). Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud, Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada.

OMS, (2010). Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo son: un «marco» para la seguridad del agua que comprenda metas de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto, y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente.

OMS, (2010). Por lo tanto las posibles consecuencias para la salud de la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse.

Cuadro N° 4 Riesgos de contraer enfermedades por consumir agua contaminada.

PARAMETROS	UNIDAD	L.M.P	Riesgo a la salud(Enfermedad) y/o Consecuencias Por Superar los L.M.p
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35°C	0	Disentería Amebiana,Gastroenteritis, Tifus,Enteritis,Disentería bacilar
Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 ml a 44,5°C	0	Fiebre tifoidea, Salmonelosis Plesiomonas,Campilobacteriosis
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0	Cólera, Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales
Bactérias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500.00	Enfermedades infecciosa y del tracto digestivo
Huevos y larvas de Helminths, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0	Disentería amebiana Esquistosomiasis,Filariasis Giardiasis, Paludismo Toxoplasmosis,Criptosporidiosis,Disenteríaameboide
Virus	UFC / mL	0	Trastornos gastrointestinales (diarrea,vómitos, retortijones) Hepatitis, Poliomieltis, Dengue
Color	UCV Escala Pt/Co	15	Afecta las propiedades estéticas del agua
Turbiedad	UNT	5	suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades
pH	Valor de Ph	6,5 a 8,5	Puede afectar el sabor del agua. Corrosión en equipos encontacto con el agua.
Conductividad(25°C)	µmho/cm	1 500.00	Indica que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies de peces o invertebrados
Solidos Totales Disueltos	mgL ⁻¹	1 000.00	Afecta el sabor del agua. Causa inconvenientes en su uso doméstico e industrial.
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250.00	Afecta el sabor del agua, causa problemas de corrosión
Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250.00	Afecta el sabor del agua. Tiene propiedades laxantes
Dureza Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500.00	El exceso de dureza hacen el agua desagradablepara su empleo en servicios y en la industria
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5	Es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales.
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3	Produce Corrosion De Tuberias, y afecta al sabor, color y aspecto del agua
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4	Produce un sabor no deseable en bebidas y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios.
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2	Aumento de la coloración del agua por el hierro
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2.00	Ocasiona problemas organolépticos, tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado
Sodio.	mg Na L ⁻¹	200.00	Afecta la aceptabilidad del agua(Umbral Gustativo)
Oxígeno Disuelto	mg/l	9.5	El agotamiento puede estimular la reducción por microorganismos del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, y aniveles altos ,aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50.00	Metahemoglobinemia.
Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga	Dificultad respiratoria síndrome de bebé cianótico
Trihalometanos totales	TTHMs	1.00	Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central; alto riesgo de cáncer

Fuente: Organización mundial de la salud

1.3.3 Definición de términos.

- **Agua capilar:** Agua retenida entre las partículas del suelo, está en los poros, cuando ello se satura se forma el anegamiento.
- **Agua de gravedad:** Agua superficial que tiene movimiento debido a la gravedad es poco retenido por partículas del suelo.
- **Agua higroscópica:** Agua adherida a las partículas inorgánicas y casi en estado de vapor.
- **Agua potable:** Es aquella que puede beberse sin peligro, pues no provoca ningún daño para la salud. Muy por el contrario, es la bebida ideal para nuestro organismo.
- **Amoniaco:** Es un compuesto químico, Gas incoloro de olor desagradable, compuesto de hidrógeno y nitrógeno cuya fórmula química es NH_3 y muy soluble en agua, que sirve de base para la formación de distintas sales. El contacto con la piel puede causar, irritación, quemaduras, ampollas, su inhalación ocasiona irritación en los ojos, garganta, daño en las vías respiratorias.
- **Arcilla:** Es un suelo o roca sedimentaria constituido de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato. Químicamente es un silicato hidratado de aluminio. $Al_2O_3, 2SiO_2: H_2O$.
- **Aserrín:** Polvo o conjunto de partículas que se desprenden de la madera al serrarla.
- **Balanza granataria:** Es un tipo de balanza muy sensible, esto quiere decir que pesa cantidades muy pequeñas y también es utilizada para determinar o pesar la masa de objetos y gases. Suelen tener capacidades de 610 gr hasta de 2 o 2,5 kg y medir con una precisión de hasta 0,1 o 0,01 g.

- **Calcinación:** La calcinación es el proceso de calentar un material sólido con el fin de lograr una descomposición térmica, un cambio de fase o la eliminación de alguna impureza o componente volátil. El proceso de calcinación ocurre a temperaturas por debajo del punto de fusión.
- **Captación:** Estructura hidráulica destinada a derivar de un curso de agua una parte de ésta, para ser utilizada en un fin específico.
- **Cloruros:** Son compuestos en donde está presente el anión cloruro átomo de cloro en estado de oxidación formal -1, siendo una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje.
- **Coliformes termotolerantes o fecales:** Son aquellas bacterias que forman parte del total del grupo Coliformes. Son definidas como bacilos Gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44 - 45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de las 24 ± 2 horas, teniendo como mayor especie en el grupo de Coliformes fecales la *Escherichia coli*.
- **Coliformes totales:** Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados que se definen por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre $30-37^{\circ}\text{C}$. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc
- **Color:** Es una unidad de medida de la calidad de agua que se determina por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto que también es un indicador de las aguas naturales por presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.).

- **Conductividad (25°C):** Es una medida de la capacidad del agua para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental, por ejemplo las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores. Por el contrario, moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas (ej. aceites, fenoles, alcoholes y azúcares) son pobres conductores de una corriente eléctrica. se reporta generalmente en micromhos/cm ($\mu\text{mho/cm}$).
- **Disco compacto:** Materia porosa conformado por diferentes proporciones de arcilla y aserrín, cuya forma es circular.
- **Dureza total:** El término dureza se refiere al contenido total de iones alcalinotérreos (Grupo 2) que hay en el agua, Como la concentración de los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. Por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro. Es decir, si la concentración total de Ca^{2+} y Mg^{2+} es 1 mM, se dice que la dureza es 100 mg L⁻¹ de CaCO_3 (= 1 mM de CaCO_3). Un agua de dureza inferior a 60 mg L⁻¹ de CaCO_3 se considera blanda. Si la dureza es superior a 270 mg L⁻¹ de CaCO_3 , el agua se considera dura.

El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de NaCl.

- **Escherichia coli:** Es un bacilo gramnegativo de la familia de las enterobacterias que se encuentra en el tracto gastrointestinal de humanos y animales de sangre caliente. Es la bacteria anaerobia facultativa comensal más abundante de la flora intestinal; así mismo, es uno de los organismos patógenos más relevantes en el hombre, tanto en la producción

de infecciones gastrointestinales como de otros sistemas (urinario, sanguíneo, nervioso).

- **Filtro cerámico:** Materia porosa conformado por diferentes proporciones de arcilla y aserrín, con forma de discos compactos y/o recipientes unidos a través de la cual se hace pasar el agua para reducir la concentración inicial agentes patógenos al agua.
- **Filtro:** Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo.
- **Fuente De Agua:** Es el espacio natural en donde el manantial que brota de la tierra fluye por escorrentía.
- **Hierro:** Elemento químico de número atómico 26, masa atómica 55,84 y símbolo Fe; es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, blando, dúctil, maleable, magnético y oxidable, que es muy abundante en la naturaleza formando compuestos.
- **Hornilla eléctrica:** Es una variación de cocina por el cual se produce calor por medio de la electricidad.
- **Ley de Darcy:** Es el principio básico que rige el movimiento de las aguas, que establece que el flujo a través de un medio poroso es proporcional a la pérdida de carga, a la sección considerada y a la conductividad hidráulica.
- **Molienda:** Es el Proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida (arcilla), especialmente granos, golpeándola con algo o frotándola entre dos piezas duras hasta reducirla a trozos muy pequeños, a polvo o a líquido.
- **Molino manual:** Es un artefacto o máquina que sirve para moler utilizando una energía: la fuerza del hombre.
- **Nematodos:** Son organismos que, por lo general, suelen vivir en el medio acuático, aunque también habitan en la superficie. Entre las más de

veinticinco mil especies detectadas por los científicos, hay nematodos de existencia autónoma y otros parásitos de los seres humanos, las plantas y los animales.

- **Oxígeno disuelto:** Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad.
- **Parámetro:** Son medidas descriptivas de que se utilizan como barreras o límites para una función de distribución de probabilidad.
- **Percolación:** Proceso por medio del cual se refiere al paso lento del agua a través de un medio poroso.
- **pH:** El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución que a la vez indica la concentración de iones hidrógeno $[H]^+$ presentes en determinadas disoluciones. También conocido como potencial de hidrogeno.
- **Protozoarios:** Son organismos microscópicos, unicelulares eucariotas; heterótrofos, fagótrofos, depredadores o detritívoros, a veces mixótrofos (parcialmente autótrofos); que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos, ya sean aguas saladas.
- **Sabor:** Es una característica organoléptica del agua, que la variación de ella puede revelar la existencia de algún tipo de contaminación y por lo tanto al consumirlo se puede percibir algunos parámetros como: turbiedad, color, partículas u organismos visibles, lo que afecta a su aceptabilidad y puede generar preocupación por su calidad.
- **Secado:** El secado consiste en la separación de la humedad de los discos compactos o filtros cerámicos, por medio de la evaporación del agua, pasándolo por una corriente de aire, exponiéndolo al calor a temperatura

ambiente, o en horno, estufa, mufla, etc. Con el objetivo de reducir el porcentaje de humedad.

- **Sinterizacion:** La sinterizacion es el método utilizado para fabricar objetos compactos calentando material en polvo por debajo de su punto de fusión, pero por encima de la temperatura de calcinación, hasta que sus partículas se adhieran unas a otras mediante el proceso de coalescencia.
- **Sistema de abastecimiento de agua:** Es el conjunto de tuberías, Instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas por una población determinada para satisfacer sus Necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. El sistema de abastecimiento de agua se clasifica dependiendo del tipo de usuario, el sistema se clasificará en urbano o rural.
- **Sólidos totales disueltos:** Es la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso, mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 μm (o más pequeños). Se ha establecido un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable.
- **Suelo Seco:** Es la desaparición del agua, sometiendo el suelo a calentamiento para la evaporación del agua en un horno a temperatura practica entre 105 °C – 110°C por 24 hr.
- **Sulfatos:** Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Es la sal que se obtiene a partir del Ácido sulfúrico y un radical mineral u orgánico, contienen el anión SO_4^{2-} .
- **Tamizado:** Es un método físico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o un colador. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las de mayor tamaño quedan retenidas por el mismo.

- **Turbiedad:** Es la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión, es decir la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.
- **Virus:** Microorganismo son pequeños pedazos de ARN (ácido ribonucleico) o ADN (ácido desoxirribonucleico) compuesto de material genético protegido por un envoltorio proteico, que causa diversas enfermedades introduciéndose como parásito en una célula para reproducirse en ella.

1.4 Variables

1.4.1 Variable independiente

1.4.1.1 Filtros Cerámicos.

Indicador:

- Arcilla.
- Aserrín.
- Tiempo De Retención.
- Remoción De Contaminantes.

1.4.2 Variables dependientes

1.4.2.1 Calidad del agua.

Indicador:

- Coliformes Totales
- Coliformes Fecales
- Bacterias Heterotróficas
- Aluminio
- Amoniac
- Arsénico
- Dureza Total.
- Cobre, Zinc, Sodio
- Color
- Hierro, Manganese
- Turbiedad
- pH,
- Conductividad(25°C)
- Solidos Totales Disueltos.
- Cloruros
- Sulfatos

1.5 Hipótesis

Si, Filtramos el agua de la fuente del sector San Mateo con filtros de cerámicas disponibles en la misma zona, entonces se obtiene una mejor calidad de agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros establecidos en los LMP según el reglamento de calidad de agua (DS N° 031-2010-SA).

Hipótesis nula (H0):

H0: Si Aplicamos los filtros cerámicos como tratamiento del agua entonces, no se obtiene mejor calidad de agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros establecidos en los LMP del reglamento de calidad de agua.

Hipótesis de investigación (Hi):

H1 : Si Aplicamos los filtros cerámicos como tratamiento del agua entonces, si se obtiene mejor calidad de agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros establecidos en los LMP del reglamento de calidad de agua.

CAPÍTULO II

Marco Metodológico

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 De acuerdo a la orientación

2.1.1.1 Aplicada

(Zorrilla ,1993:43). La investigación aplicada, guarda íntima relación con la básica, pues depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, pero se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. La investigación aplicada busca el conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar.

2.1.2 De acuerdo a la técnica de contrastación

2.1.2.1 Explicativa.

(Fidias G. Arias (2012). La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

2.2 Diseño de investigación

La presente investigación obedece a un diseño de tipo experimental, debido a que se manipula una y más variables dependientes, realizándose mediciones de las variables antes y después de la filtración. Es decir, que a través del experimento de los filtros cerámicos, se sometió el agua cruda de la fuente Rumiyacu a influencia del filtro y así determinar la causa de la remoción de los parámetros dependientes. Se buscó la relación entre variables de la siguiente manera:

$$M1 \longrightarrow O1 \longrightarrow X1 \longrightarrow O2$$

Donde:

- M1 : Grupo Experimental (Muestra De Agua De La fuente Rumiyacu)
- O1 : Observación antes del tratamiento (Análisis Del Agua Cruda)
- X1 : Tratamiento con los filtros Cerámicos
- O2 : Observación después del tratamiento (Análisis Del Agua Filtrada)

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población:

La población está comprendida por los filtros cerámicos, (05 unidades filtrantes)

2.3.2 Muestra:

Para la presente investigación, la muestra es la misma que la población. Se toma una(01) unidad filtrante, como muestra.

2.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una vez que hemos definido el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de la unidad de análisis, dada las características de esta investigación, la fuente donde se obtuvieron los datos fue, desde el inicio de proceso de fabricación de los filtros hasta evaluación de análisis de calidad de agua en el laboratorio de la EPS- Moyobamba, dentro de ese marco las técnicas e instrumentos para la recolección de datos fueron hojas Excel, representando la información en gráficos y cuadros estadísticos en las diferentes proporciones de filtros. Cabe mencionar que los resultados obtenidos del laboratorio garantizan la confiabilidad, validez y objetividad de los datos utilizados en la presente investigación.

2.3.3.1 Técnicas de recolección de datos primaria

a. Etapa de selección del sitio.

Para la investigación experimental, se seleccionó una fuente superficial, Quebrada Rumiyacu, Sector San Mateo, Provincia de Moyobamba. Es una fuente del cual se abastece con suministro de agua la población aledaña a la cuenca Rumiyacu-Mishquillacu en el sector San Mateo y por visita Insitu y Bibliografía se tiene conocimiento que las aguas superficiales se encuentran expuestas a riesgo de

contaminación, es por ello que se ha elegido esta fuente para realizar el análisis de Calidad de agua con los Filtros Cerámicos.

b. Toma de muestras

Las muestras serán recogidas en un frasco estéril preferentemente de vidrio de aproximadamente de 500 ml y de boca ancha para facilitar la toma. En su defecto podrán usarse envases de plástico Esterilizados o botellas de agua mineral limpias (Enjuagada 2 a 3 veces con la misma muestra a analizar).

Se observara los alrededores si hay aportes accidentales de otros cursos o descargas de líquidos industriales o cloacales.

Si no se observa corriente de agua se procede a quitar el tapón con una mano y con la otra sumergir rápidamente el frasco con la boca hacia abajo unos 30 cm, invertir (45°), se llenará y tapaná.

Si hay corriente de agua, se dirigirá la boca del frasco en contracorriente para evitar que se introduzcan bacterias o contaminantes procedentes de los dedos.

c. Rotulado y envío de muestras

Es indispensable rotular e identificar las muestras inmediatamente luego de la toma y completar la planilla adjunta “Caracterización De Muestra”, para cada una de ellas. En todos los casos las muestras obtenidas se deben examinar lo más rápido posible para evitar cambios en el contenido microbiano, debido a la multiplicación de la flora típicamente acuática y a la muerte de patógenos y entero bacterias, o cambios de los compuestos químicos como oxidantes, degradaciones, aglutinaciones, etc.

d. Análisis de muestras

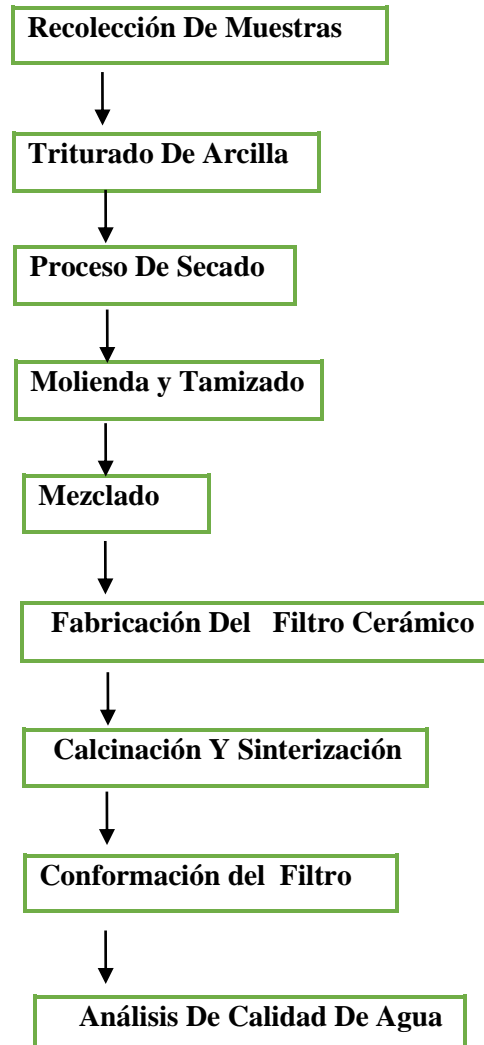
Los Parámetros Microbiológicos, Parasitológicos y la calidad Organoléptica serán analizadas en el laboratorio de la Entidad Prestadora De Servicios EPS-Moyobamba cada una de ellas con sus respectivas unidades de medidas.

2.4 Procedimiento de la investigación

2.4.1 Plan experimental

A continuación, se presenta un esquema indicando el proceso de la fabricación de los filtros cerámicos.

Esquema del proceso del diseño de los filtros cerámicos



2.4.2 Elaboración de filtros cerámicos conformados por la mezcla proporcional de arcilla con aserrín y con la forma de recipientes unidos y/o discos.

a. Recolección de muestras de arcilla.

Para dar inicio a la fabricación de los filtros, se ha recolectado muestras de arcilla del sector Indañe a la margen derecha de la carretera F.B.T 400 m antes de llegar al centro poblado San José en las coordenadas 278019.00 E y 9331603.00 S siendo los tipos, caolinita (color blanco), hematita (color Rojo) y limolita (color Amarillo) disponibles en canteras arcillosas, el cual se ha realizado en un día soleado y cielo despejado.

Con la finalidad de obtener una arcilla que contenga el menor porcentaje de humedad y que se encuentre libre de impurezas, se ha realizado calicatas con 1.00 m de profundidad, obteniendo una masa recolectada de 5 kg correspondiente a cada arcilla, para luego ser llevado para su caracterización correspondiente.



Imagen N° 6: Cantera de arcilla



Imagen N° 7: Aserrín

b. Triturado de arcilla.

Una vez ya obtenida las muestras, se procede al proceso de trituración para reducir el tamaño de las arcillas, para su posterior molienda, el cual se realiza con un mortero, mazo y martillo. La finalidad es producir un material homogéneo a través de la mezcla, para facilitar el proceso de secado. La

trituration conlleva a que mientras menor sea el diámetro de las partículas arcillosas, más fácil será el secado y en menor tiempo de lo esperado.



Imagen N° 7: Triturado a mano



Imagen N° 8: Triturado con martillo

c. Proceso de secado.

Con la arcilla reducida en partículas de $\varnothing < a \frac{1}{2}$ ", realizamos el proceso de secado, lo cual se lleva a cabo de dos maneras:

- Exponer la arcilla bajo los rayos del sol a temperatura ambiente de 27°C por un tiempo de 3 a 5 días, el cual estará sobre la base de una calamina para poder lograr mayor calentura, ya que este retiene el calor.
- La siguiente forma, es utilizar una hornilla eléctrica y pesar la arcilla triturada en proporciones de masa de 500 gr. Este se colocó en una olla de cocina común de tamaño mediano, para luego ubicarlo en la hornilla, el tiempo requerido es de 20 min por cada muestra. Se debe considerar que este proceso genera mayor gasto de energía, pero si se logra el secado en menos tiempo que el anterior proceso y no se requiere mayores días de secado.



Imagen N° 8: Secado T° ambiente



Imagen N° 9: Secado con hornilla Eléctrica

Nota: La arcilla caolinita (Color Blanco), durante el proceso de secado presentó fisuras y grietas, es decir se cuartea, lo que hacía suponer que a temperaturas mayores a los 100°C, presentaría mayores problemas de este tipo. Es por ello que se ha descartado del plan experimental.

d. Molienda y tamizado

Una vez secado la arcilla se realiza los siguientes procesos:

En el tamizado, es muy importante que el material se encuentre seco antes de la molienda y sobretodo antes del tamizado el cual se realiza para evitar problemas de formación de grumos y obstrucciones en la molienda que le restan eficiencia al proceso de tamizado. Los tamices utilizados son la malla N°60 (250 micrones) y la malla N°200 (74micrones) para nuestro estudio seleccionamos el tamaño de grano que pasa la malla 60 y queda retenido en la malla 200, es decir un diámetro de grano entre 0.074 y 0.250 milímetros. La molienda del material. Se utiliza un molino de uso manual de estructura simple que tritura de manera homogénea el material y se gradúa por medio de una mariposa de sujeción. Debido a que se trata de un proceso realizado de manera manual es difícil establecer un rendimiento, pero de forma aproximada podemos decir que se produce un kilogramo de material molido cada 40 minutos.



Imagen N° 10: Molino de mano



Imagen N° 11: Cernido Con malla N° 200

e. Mezclado

Para poder tener un control de la porosidad, el aserrín también se debe cernir previamente por un tamiz de malla muy fina y que solo deja pasar partículas menores a $150\ \mu\text{m}$.

En un principio se utilizó sólo arcilla para la fabricación de filtros, pero se obtenían filtros de muy baja porosidad. Por ello se optó por agregar partículas muy finas de aserrín a la arcilla en polvo, realizando la mezcla de Arcilla – Aserrín con las siguientes proporciones:



Imagen N° 12: Agrupamiento de las muestras



Imagen N° 13: Removido de muestras

➤ Mezclado de 50 % de aserrín con 50% de arcilla hematita

Para medir las proporciones se utilizó un frasco milimetrado de capacidad de 1 L. Primero se llenó el frasco con arcilla hematita con volumen de 250

ml, luego se continuo de la misma forma con el aserrín cernido, obteniendo un volumen total de 500 ml.

En un plástico limpio se coloca las muestras en la parte central y se realiza la mezcla levantando el plástico de una esquina o punta hasta su otra punta opuesta, logrando una combinación más homogénea y de esta manera se prosigue con las de más puntas. Esto se realiza en un tiempo aproximado de 15 min.

Luego se realiza la mezcla en húmedo el cual consiste en agregar agua en pequeñas proporciones y con un agitador casero, agitar a una velocidad de 150 RPM durante 10 minutos. La mezcla resultante tiene una consistencia líquida y aspecto lechoso. El volumen total de agua por disco es de 275 ml.

➤ **Mezclado de 50 % de Aserrín con 50% de arcilla limolita.**

Se realizó el mismo proceso que el anterior se utilizó un frasco milimetrado de capacidad de 1 L. Primero se llenó el frasco con arcilla limolita con volumen de 250 ml, luego se continuo de la misma forma con el aserrín cernido, obteniendo un volumen total de 500 ml.

La mezcla se realizó también de la misma manera que el anterior proceso.

➤ **Mezclado de 40 % de aserrín con 60 % de arcilla hematita.**

Primero se llenó el frasco con arcilla hematita con volumen de 300 ml y 200 ml de aserrín obteniendo un volumen total de 500 ml, para luego realizar la mezcla al igual que en el anterior proceso.

➤ **Mezclado de 60 % de aserrín con 40 % de arcilla hematita.**

Esta mezcla es de mayor volumen debido a que el tamaño del filtro es de la forma de un recipiente, al contrario que el de los anteriores, los cuales tienen forma de discos compactos.

Se llenó en una jarra milimetrada con arcilla hematita un volumen de 1.20 Lt y 1.8 Lt de aserrín obteniendo un volumen total de 3 Lt, para luego realizar la mezcla al igual que en los anteriores procesos.

En la mezcla en húmedo se utilizó 1.5 Lt de agua.

➤ **Mezclado de 50 % de aserrín sin cernir con 50 % de arcilla hematita.**

En esta mezcla se utilizó el aserrín común que conocemos, el cual no ha sido cernido.

Se realizó el mismo proceso que los anteriores se utilizó un frasco milimetrado de capacidad de 1 L. Primero se llenó el frasco con arcilla hematita con volumen de 250 ml, luego se continuo de la misma forma con el aserrín cernido, obteniendo un volumen total de 500 ml.

La mezcla se realizó también de la misma manera que ya se conoce.

El porcentaje en masa de aserrín se expresa de la siguiente manera: $n = \text{masa aserrín} / (\text{masa aserrín} + \text{masa de arcilla}) * 100\%$. De esta manera podemos controlar la porosidad del filtro, siendo la cantidad de aserrín presente en la arcilla directamente proporcional a la porosidad.

f. **Fabricación del filtro cerámico**

Es la fabricación de los filtros cerámicos, que son de 2 formas. La primera con forma de disco compacto y la segunda con la forma de un recipiente. Para lograr la forma del filtro se utilizó moldes circulares y la mezcla en húmedo obtenido es colocada sobre los moldes, una vez dada la forma requerida esta se expone al sol por un tiempo de 5 – 7 días, logrando de esta manera la eliminación del agua por evaporación.



Imagen N° 13: Elaboración de filtro en forma de recipiente



Imagen N° 14: Elaboración de filtro en forma de disco

g. Calcinación y sinterización

La calcinación y sinterización son etapas muy importantes en la fabricación de los filtros, estos procesos le dan mayor rigidez y mejoran considerablemente sus propiedades mecánicas. Cuando el disco compactado es sometido a la calcinación y sinterización, el aserrín presente en la arcilla se combustiona y desaparece dejando poros aleatorios que antes eran ocupados por las partículas de aserrín.

La calcinación se lleva a cabo en horno de mufla u horno tradicional, la cual se programa para llegar de manera escalonada a la temperatura de calcinación y sinterización deseada.

Los discos compactos son sometidos en un horno de mufla por un tiempo de 5 horas y se ha observado que se redujo en gran proporción la humedad, sin embargo, el aserrín no se había combustionado, entonces esto llevo a poner los discos en un horno tradicional, aquellos en donde se hace pan, por un tiempo de 3 horas en donde sí se logró combustionar el aserrín.



Imagen N° 14: Colocación de filtros de disco en estufa



Imagen N° 15: Horno tradicional

h. Conformación del filtro.

Los filtros son cilíndricas y son factibles de utilizarse colocando una de ellas por presión sobre un contenedor plástico cilíndrico que a su vez se ubica en un dispensador plástico. También el disco compacto es ubicado en un extremo por presión, en un tubo de agua de 6 pulgadas, entonces una vez colocada y conformada el filtro, se procede la toma de muestras de agua, para el análisis de calidad de agua.



Imagen N° 15: Colocación de filtros de disco Tub. Ø de 6''

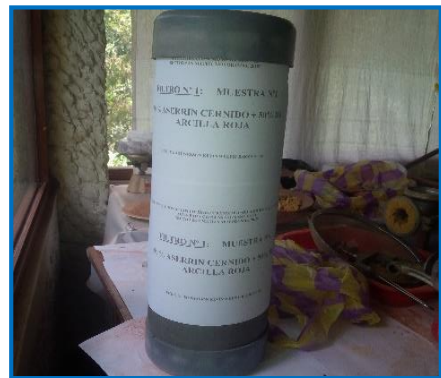


Imagen N° 16: Forma del filtro

Se calculó la masa para obtener un disco compacto de arcilla con las características de la Tabla N°1.

Tabla N° 2: Características Del Filtro

N° de Muestras	Masa (gr)	Radio (cm)	Espesor (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
Muestra N° 1	345.00	7.50	1.80	176.72	318.09	1.08
Muestra N° 2	355.6	7.50	1.60	176.72	282.74	1.26
Muestra N° 3	365.80	7.00	1.80	153.94	277.09	1.32
Muestra N° 4	356.00	7.00	1.80	153.94	277.09	1.28
Muestra N° 5	326.50	7.50	2.00	176.72	353.43	0.92

Muestra N°1: 50 % de Aserrín +50 % de Arcilla Hematita

Muestra N°2: 50 % de Aserrín +50 % de Arcilla Limolita

Muestra N°3: 40 % de Aserrín +60 % de Arcilla Hematita

Muestra N°4: 50 % de Aserrín Sin cernir +50 % de Arcilla Hematita

Muestra N°5: 60 % de Aserrín + 40 % de Arcilla Hematita

2.4.3 Proceso de análisis de calidad de agua.

Las muestras de agua tomadas, son de la fuente Rumiyaçu, la cual abastece a la ciudad de Moyobamba previo tratamiento que la EPS- Moyobamba lo realiza.

En un balde de 20 Lt se tomó la muestra y se colocó 1.7 Lt de agua no tratada en cada uno de los discos compactos (filtros conformados), empezando de esta manera a evaluar la prueba y eficiencia del filtrado. El proceso no tarda mucho, pasado 10 min, ya se empiezan a observar las primeras gotas descender al dispensador y Como tasa de filtración promedio se obtiene de 1 Lt de agua filtrada en un tiempo de 1h 22 min. Luego esta muestra es llevada al laboratorio de la EPS-Moyobamba, para su análisis correspondiente cuyos parámetros medidos se muestran en el capítulo III (Resultados).

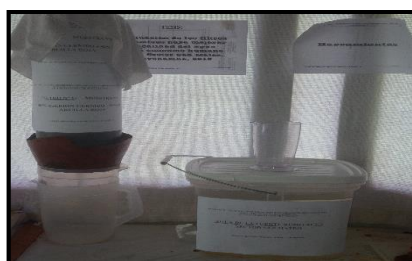


Imagen N° 16: Proceso de filtración



Imagen N° 17: Toma de muestras De Agua

2.4.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Se realizará el análisis de varianza (ANVA) de las evaluaciones cuantitativas, basadas en el Modelo Aditivo Lineal, cuya ecuación es de los valores obtenidos en el análisis de las aguas filtradas en los sistemas, dichos datos serán sometidos al análisis estadístico basado en el C.V, la prueba de Duncan, la regresión y correlación lineal entre las variables evaluadas para la constatación de la hipótesis.

CAPÍTULO III

Resultados

3.1 Tratamiento con filtros de cerámica.

3.1.1 Estudio de la filtración.

Una variable clave en el filtro promovido en esta investigación es la tasa de filtración del agua a través del filtro, el cual se encuentra desde los 2.85 Litros/hora hasta los 0.32 litros/hora. La tasa de filtración depende de la contextura del filtro, el tipo de arcilla, tiempo de quema y la columna de agua.

De los diversos filtros que se ha construido se han elegido 05 muestras con sus respectivas proporciones, siendo la más efectiva el filtro N° 5, que ofrece una tasa de filtración promedio de 2.38 Lt/h

Se puede decir que lo primero que se observa de la mejora de la calidad de agua, es el parámetro organoléptico del agua filtrada, el color amarillento que presentaba la muestra de agua tomada de la fuente de Rumiyacu, ha variado considerablemente, tomando un color más claro.

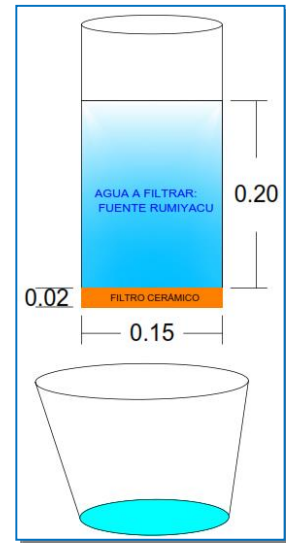
En este proceso se utilizó dos sistemas de filtración:

3.1.1.1 Sistema de filtración N°1: Filtro Cerámico Sin Carbón Activado.

En este sistema de filtración, se han realizado las pruebas de filtración con todas las muestras de filtros construidas.

Como unidad filtrante solo se tiene las pastillas cerámicas, no utilizando otros elementos que ayuden mejorar la calidad de agua. Se observa una columna de agua de 0.20 m y las longitudes del sistema del filtro.

Los resultados son los esperados, pues hay remoción de todos los parámetros, en mayor proporción.

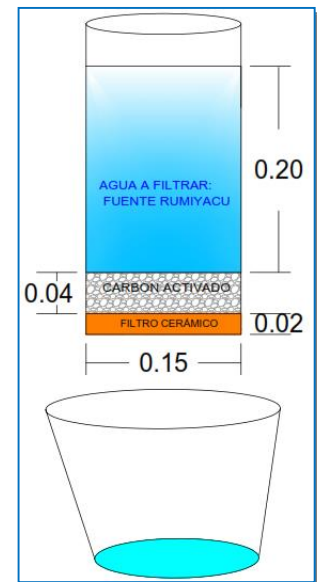


3.1.1.2 Sistema de filtración N°2: Filtro Cerámico Con Carbón Activado

Con el fin de reducir la carga bacteriana del agua. Se utilizó carbón activado de cascara de coco, más una pastilla cerámica.

Lo que se quiere comprobar es si el sistema de filtración N°1 es más eficiente que la N°2 y así contrastar la calidad de agua saliente de ambos sistemas.

Los resultados mejoraron considerablemente ya que este sistema reduce los parámetros en mayor proporción que la anterior.



3.1.1.3 Mecanismo de filtración a través del filtro

El tamaño de los poros en el filtro se controla a través de la cantidad de aserrín que es adicionado al barro en el proceso de manufactura. El aserrín es quemado durante el proceso de quema, y crea poros dentro del filtro. El agua fluye a través de estos orificios por proceso de percolación, con una tasa de filtración más alta si los poros son grandes y baja, si los poros son más pequeños.

Para poder calcular la cantidad de flujo, se plantea dos métodos de cálculo para los dos sistemas de filtración. A continuación, se muestran los mismos.

Cálculo de flujo, Aplicando la Ley de Darcy - Sistema de filtración N°1

- Fórmula de Darcy: $Q = S * K * h/L$

$$Q = 0.0177 \text{ cm}^2 * \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}} * 11$$

$$Q = \frac{57119.90 \text{ cm}^3}{\text{Dia}}$$

$$Q = \frac{57.1199 \text{ lt}}{\text{Dia}}$$

En donde:

Q = Caudal del agua :?? =

S = Sección de flujo : 0.0177 cm^2

K = Conductividad hidráulica : $\frac{0.001 \text{ m}}{\text{Dia}} = \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}}$

h/L = Pérdida de carga : $\frac{0.22 \text{ cm}}{0.02 \text{ cm}} = 11$

- Calculando la conductividad hidráulica (K): $Q = \frac{v}{t} = \frac{2.38 \text{ lt}}{h}$

En donde:

2.38 Lt: Es el valor promedio de la tasa de filtración (Filtro N° 5), en los filtros cerámicos.

$$K = \frac{Q}{s * h/l} = \frac{2.38 \text{ lt/h}}{0.0177 \text{ cm}^2 * 11}$$

$$K = \frac{2380.00 \text{ cm}^3}{0.0177 \text{ cm}^2 * 11} = \frac{12223.93 \text{ cm}}{1 \text{ h}} = \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}}$$

Cálculo de flujo, Aplicando la Ley de Darcy - Sistema de filtración N°2

- Fórmula de Darcy: $Q = S * K * h/L$

$$Q = 0.0177 \text{ cm}^2 * \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}} * 4.33$$

$$Q = \frac{22484.50 \text{ cm}^3}{\text{Dia}}$$

$$Q = \frac{22.48 \text{ lt}}{\text{Dia}}$$

En donde:

Q = Caudal del agua :?? =

S = Sección de flujo : 0.0177 cm^2

K = Conductividad hidráulica : $\frac{0.001 \text{ m}}{\text{Dia}} = \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}}$

h/L = Pérdida de carga : $\frac{0.26 \text{ cm}}{0.06 \text{ cm}} = 4.33$

- Calculando la conductividad hidráulica (K): $Q = \frac{v}{t} = \frac{2.38 \text{ lt}}{h}$

En donde:

2.38 Lt: Es el valor promedio de la tasa de filtración (Filtro N° 5), en los filtros cerámicos.

$$K = \frac{Q}{s * h/l} = \frac{2.38 \text{ lt/h}}{0.0177 \text{ cm}^2 * 11}$$

$$K = \frac{2380.00 \text{ cm}^3}{0.0177 \text{ cm}^2 * 11} = \frac{12223.93 \text{ cm}}{1 \text{ h}} = \frac{293374.32 \text{ cm}}{\text{Dia}}$$

Interpretación: Para demostrar que la tasa de filtración que se muestra en la Tabla N° 3, es verídica, se ha estudiado el principio básico que rige el movimiento del agua subterránea en acuíferos, la ley de Darcy que establece que el flujo a través de un medio poroso es proporcional a la pérdida de carga, a la sección considerada y a la conductividad hidráulica, obteniéndose de esta manera que el caudal saliente mediante este cálculo 57.119 litros por día, es directamente proporcional con el caudal saliente de los filtros cerámicos 57.216 litros por día

3.1.1.4 Tamaño del poro.

Para determinar el tamaño del poro exactamente, esta se determina usando un Microscopio Electrónico Escaneador (SEM) con capacidad de análisis de rayos X, sin embargo la falta de este en el laboratorio de investigación, el costo elevado que conllevaría para su análisis y el tiempo que tardaría, no se hizo posible realizar este análisis como corresponde. No obstante se puede decir que los tamaños, está directamente proporcional relacionado con el número de malla de los tamices utilizados, el N° 200 (74micrones) y N° 60 (250 micrones). El tamaño de grano (Aserrín) que pasa la malla 60 y queda retenido en la malla 200, es decir un diámetro de grano entre 0.074 y 0.250 milímetros.

La composición del filtro no es uniforme en cuanto a la porosidad porque existen rajaduras, poros de diferentes tamaños entre otros espacios mayores.

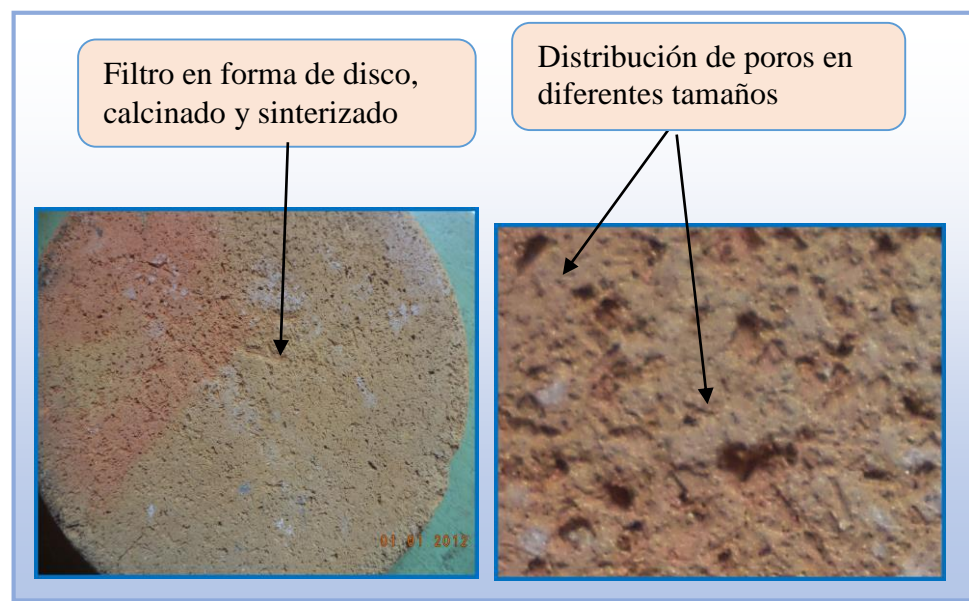


Imagen N°18: Vista de Planta De Poros Dejadados Por La Combustión Del Aserrín

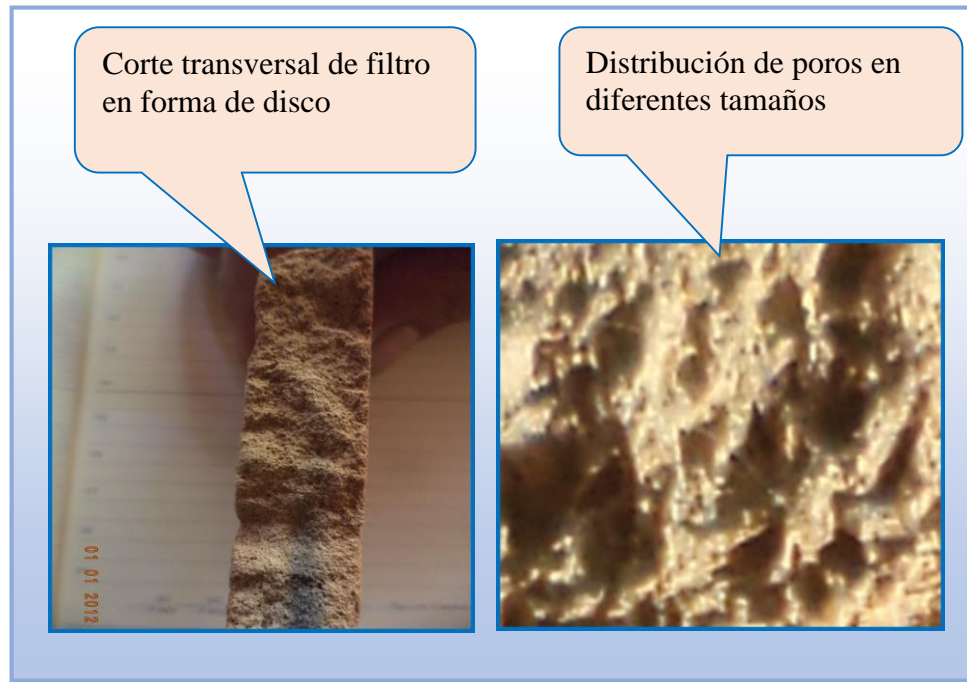


Imagen N°19: vista de perfil de poros dejados por la combustión del aserrín.

El filtro por lo tanto está compuesto por un número de áreas grandes las que de permanecer sin conexión, sirven únicamente como espacios reservorios de agua. Si dichas áreas grandes se conectasen entre sí, la tasa de filtración del filtro será más alta que 2.38litros/hora. La presencia de estos grandes reservorios de agua explican él porque la tasa de filtración incrementa en las primeras usos de los filtros, nuevos y seco.

3.1.2 Investigación sobre el análisis de calidad de agua, mediante la aplicación de los filtros cerámicos.

Con la finalidad de obtener mejores datos de la tasa de filtración y calidad de agua, Se obtuvieron varios elementos filtrantes del proceso de conformación de filtros, a los primeros aún no se les había aplicado ningún componente como filtro o desinfectante, a los segundos filtros se les añadió carbón activado.

Si se observa el filtro al momento en que está filtrando, se puede notar que la mayoría del agua filtrada gotea dentro del recipiente desde un anillo circular central alrededor del fondo del filtro. Este resultado muestra que el agua fluye a través del lado de las paredes hasta llegar al centro del filtro, y entonces gotea al recipiente.

3.1.3 Cambios en la tasa de filtración en el transcurso del tiempo.

Inicialmente, se utilizó agua de grifo en la primera tasa de filtración, reportando similares tasas de filtración. Las tasas de filtración más bajas, corresponde a las determinadas en el proceso de filtración con agua de la fuente de Rumiyacu, pueden ser atribuidas al hecho de que el agua es más turbia y/o por la presencia de contaminantes en el agua. De manera que es posible que la reducción de la tasa de filtración se deba a que las rajaduras y espacios en cada filtro se colmataron con partículas sólidas en suspensión de mayor diámetro que los poros generados.

A fin de determinar la vida útil del filtro, es necesario investigar cómo cambia la tasa de filtración en el transcurso del tiempo, y si esta puede rejuvenecerse. En vista de que dicho filtro pierde su efectividad en la medida que la tasa de filtración disminuye lo suficiente como para que el filtro no provea agua en la cantidad necesaria por periodos largos.

En el estudio inicial se investigó la tasa de filtración de los cuatro filtros en forma de disco. El porcentaje de reducción de la tasa de filtración se ve afectado a medida que cuando el agua que se filtra es turbia.

Tabla N° 3: Tasa de filtración de los filtros

N° de Filtración	Filtro N°1		Filtro N°3		Filtro N°4		Filtro N°5	
	Litros/hora	Litros/Día	Litros/hora	Litros/Día	Litros/hora	Litros/Día	Litros/hora	Litros/Día
1	1.25	29.88	0.32	7.68	3.25	78.00	2.80	67.20
2	0.93	22.32	0.18	4.32	2.96	71.04	2.52	60.48
3	0.76	18.24	0.17	4.08	2.75	66.00	2.40	57.60
4	0.71	17.04	0.16	3.82	2.60	62.40	2.14	51.36
5	0.68	16.32	0.15	3.60	2.55	61.20	2.06	49.44

Muestra N°1: 50 % de Aserrín +50 % de Arcilla Hematita

Muestra N°3: 40 % de Aserrín +60 % de Arcilla Hematita

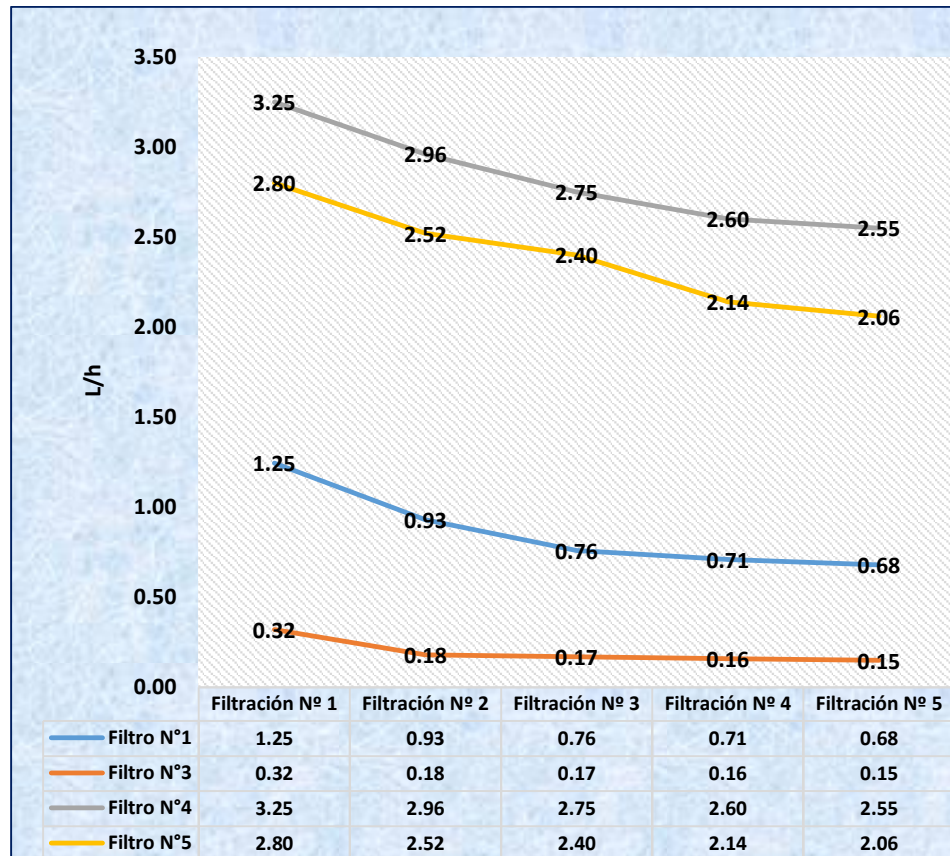
Muestra N°4: 50 % de Aserrín Sin cernir +50 % de Arcilla

Muestra N°5: 60 % de Aserrín + 40 % de Arcilla Hematita

Tasa de filtración promedio del Filtro N°5

$$X = \frac{67.2+60.48+57.6+51.36+49.44}{5} = 57.216 \text{ Lt/Día}$$

Gráfico N° 1: Distribución de la tasa de filtración de los filtros cerámicos, según el número de filtración.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Como se observa en el Gráfico N°1, la tasa de filtración va reduciendo conforme se repite el número de filtraciones en todas las muestras. Esto

ocurre debido a que en la parte superficial del filtro se crea una película de partículas de sólidos, que quedan atrapadas durante el proceso de filtración.

Entonces con el fin de aumentar la tasa de filtración se optó por cepillar tanto la parte de adentro como de afuera del filtro con un cepillo de dientes para remover todas las partículas adheridas a las paredes del filtro. Se realizó las pruebas y la tasa de filtración se incrementó volviendo a su estado inicial. Luego una posterior horneada del filtro en un horno de cocina no generó ningún incremento en la tasa de filtración.

Nota: También se ha evaluado que la columna de agua es directamente proporcional a la tasa de filtración, es decir para mantener la filtración promedio de 2.38 Litros/hora, la columna de agua se debe mantener mayor a 17 cm.

3.1.4 Efecto del cepillado al filtro cerámico con forma de disco.

Se recomiendan un cepillado regular del filtro de cerámica a fin de rejuvenecer la tasa de filtración. La razón por la cual es necesario el cepillado, se debe a que las partículas mayores a los poros permanecen en el exterior del filtro.

Aunque el cepillado remueve una micropelícula de la cerámica, el filtro es grueso y puede resistir varias cepilladas.

De manera que los filtros pueden ser mantenidos indefinidamente si estos se cepillaran regularmente para prevenir la adhesión de material particulado en la superficie del filtro, que impida el flujo de agua a través del filtro.

3.1.5 Eliminación de agua durante el proceso de secado de los filtros.

Durante el proceso de secado de las muestras recolectadas de arcilla, y con la finalidad de poder avanzar el trabajo de investigación, se utilizó una hornilla eléctrica para realizar el secado, para luego continuar con la molienda. Los datos obtenidos de eliminación de agua se muestran en la siguiente tabla

Tabla N° 4: Eliminación de humedad de la arcilla

Eliminacion De Agua De La Arcilla			
N° De Veces	Arcilla sin secar	Arcilla secada	Reduccion de agua por Evaporacion en gr
	Masa de arcilla (gr)	Masa de arcilla (gr)	
1	500.00	422.50	77.50
2	500.00	407.40	92.60
3	500.00	421.90	78.10
4	500.00	437.40	62.60
5	500.00	421.90	78.10
6	500.00	420.90	79.10
Eliminacion De Agua Promedio, Por Cada 500 gr de arcilla			78.00

Masa promedio de arcilla secada

$$X = \frac{422.50+407.4+421.90+437.40+421.90+420.90}{6} = 422$$

3.1.6 Esquema de localización de la toma de muestra de agua de la fuente de Rumiayacu- Sector San Mateo.

El punto de muestreo fue realizado en el Punto de captación de la EPS- Moyobamba, ubicado en las coordenadas X: 0282853 Y:9327630 y a 978.5 msnm.



Imagen N°20: Microcuenca Rumiayacu- Misquiayacu

3.1.7 Análisis de los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.

3.1.7.1 Resultados de calidad de agua antes de la filtración inicial.

Recolección de la muestra. Corresponden a las primeras muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

- Fecha De Muestreo: 29 de junio De 2016, Hora 11: am
- Procedencia : Quebrada Rumiyaçu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha de emisión de resultados: 06 de Julio de 2016
- Laboratorio: Departamento de control de calidad de la EPS Moyobamba SRLtda

El tipo de filtro que se ha elegido es la **Muestra N° 1 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita)**. En la elección de la muestra sencillamente se optó por la mayor tasa de filtración que ésta ofrece. Las demás muestras quedan descartadas porque no ofrecen esta tasa de filtrado, sin embargo esto no amerita que sean descartados para potabilizar el agua.

Para contrastar la remoción de contaminantes, se realizó análisis de calidad de agua de los parámetros indicadores antes del proceso del filtrado., obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N° 5: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración. muestra N° 1 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita)

Ítem	Parámetro	Unidad de medida	Antes de la filtración
1	Turbidez	UNT	10.00
2	pH	valor de pH	7.59
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	233.00
4	Conductividad	µmho/cm	466.00
5	Color	UC	13.00
6	Dureza Total	CaCO ₃ L-1	130.00
7	Nitratos	ppm	5.00
8	Hierro	mgFe L-1	0.88
9	Manganeso	mgMn L-1	0.07
10	Arsénico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	23.00
12	Sulfatos	mgSO ₄ L-1	10.00
13	Sodio	mgNa L-1	8.20
14	Aluminio	mgAl L-1	0.20
15	Cobre	mgCu L-1	0.07
16	Zinc	mgZn L-1	0.06
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	220.00
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	95.00
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	115.50

3.1.7.2 Resultados de calidad de agua después de la filtración.

Recolección de la muestra. Corresponden a las primeras muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

- Fecha De Muestreo: 29 de junio De 2016, Hora 11: am
- Procedencia : Quebrada Rumiyacu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha de emisión de resultados : 06 de Julio de 2016
- Laboratorio: Departamento de control de calidad de la EPS Moyobamba SRLtda4

Primeras pastillas cerámicas: Esta filtración corresponde de la conformación de los primeras filtros Cerámicos, primer filtro con forma de disco compacto, el cual presenta un color rojo oscuro después de su calcinación y sinterización.

Tabla N° 6: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- Muestra N° 1 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita).

Item	Parámetro	Unidad de medida	Después de la filtración
1	Turbidez	UNT	1.61
2	pH	valor de pH	7.21
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	299.00
4	Conductividad	µmho/cm	590.00
5	Color	UC	10.00
6	Dureza Total	CaCO ₃ L-1	112.27
7	Nitratos	ppm	3.63
8	Hierro	mgFe L-1	0.17
9	Manganeso	mgMn L-1	0.05
10	Arsenico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	19.10
12	Sulfatos	mgSO ₄ L-1	6.25
13	Sodio	mgNa L-1	5.46
14	Aluminio	mgAl L-1	0.16
15	Cobre	mgCu L-1	0.04
16	Zinc	mgZn L-1	0.048
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	106.33
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	45.87
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	71.13

3.1.7.3 Análisis de la cantidad removida de cada parámetro del agua.

Se verificó la eficacia del sistema filtrante (pastillas cerámicas) desarrollado en la presente tesis y elaborado con diferentes proporciones de arcilla y aserrín.

Primeras impresiones de los filtros.

En la prueba de análisis de calidad de agua. Se contrasto que la Turbidez, pH, Color, Dureza, Nitratos, Hierro, Manganeso, Cloruros, Sulfatos, Sodio, Aluminio, Cobre, Zinc y las Bacterias Heterotróficas se redujo considerablemente, aun en los filtros en los cuales no se aplicó carbón activado.

Los resultados obtenidos reflejan y se aproximan a la aceptación de la hipótesis.

Los parámetros salientes después de la filtración se han visto reducidos por el elemento filtrante. El filtro tiene mayor eficacia con los parámetros físicos y químicos, llegando a estar estos muy por debajo de los Límites Máximos Permisibles que establece el Reglamento De Calidad De Agua para Consumo Humano, sin embargo no ofrece la remoción total de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, y Bacterias heterotróficas que manda el reglamento.,

Inactivación Bacteriológica del filtro.

Los resultados para el muestreo microbiológico en el laboratorio muestran que los filtros removieron **48.33 % de Coliformes totales** y **48.28% de Coliformes fecales**. Desafortunadamente el agua que se evaluó (agua antes de la filtración) no contenía E coli, por lo cual no fue posible determinar el porcentaje de remoción de E coli.

Es interesante el hecho de que en los datos presentados dentro de esta sección, el filtro con una tasa de filtración medida en la fábrica de 2.3 lt/h tuvo la remoción de bacterias heterotróficas al 100%, pero no en Coliformes Totales y Fecales.

Esto no significa que el filtro no cumple con la hipótesis planteada, al contrario esta si cumple pero no en su totalidad, porque queda demostrado que los filtros han removido los gran parte de Coliformes fecales, Totales.

Dado a que a las tasas de filtraciones evaluadas removieron porcentajes significativos de bacterias, sería interesante coleccionar muestras de un filtro con una tasa de filtración por debajo de los 2.3 litros/hora (por ejemplo, 1.5 litros/hora) a fin de determinar si la remoción microbiológica de Coliformes totales y fecales mejora a ese rango.

A continuación, se muestra varios gráficos tipo histogramas de frecuencias, para representar los parámetros de análisis de calidad de agua antes de y después de la filtración.

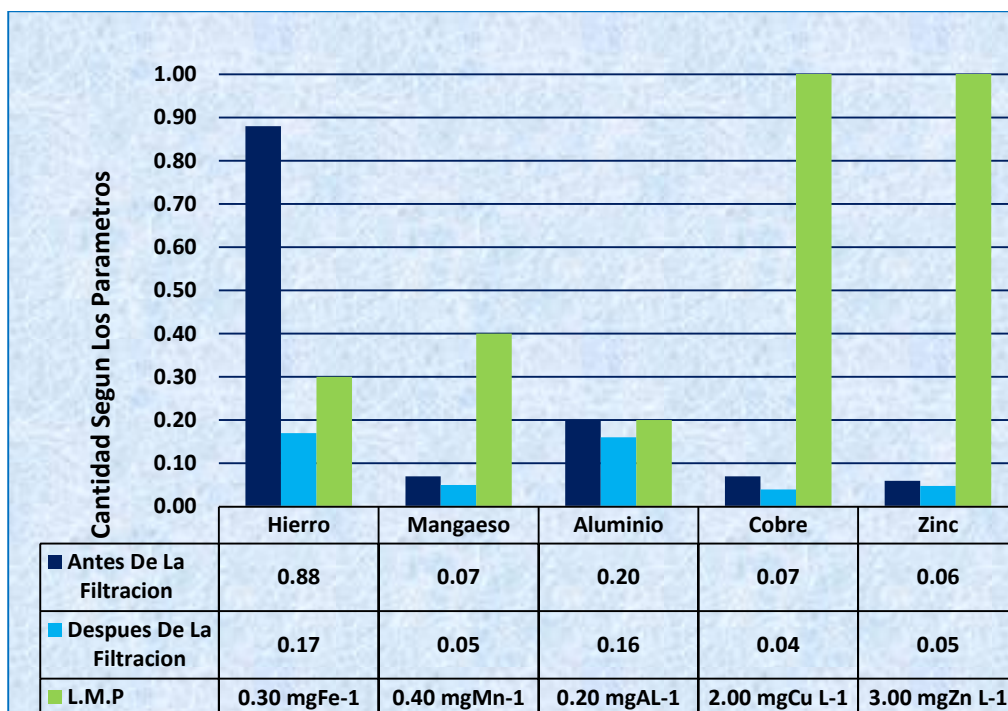
Tabla N° 7: Análisis de calidad de agua - cantidad de parámetro removido en los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.

Parámetros		L.M.P	Antes de la filtración	Después de la filtración	Cantidad removida	Análisis del parámetro removido	Condición del filtro
Calidad Organoléptica	Turbidez	5.00 UNT	10.00	1.61	8.39	Ha Disminuido	Si Cumple
	pH	6.5-8.5 valor de pH	7.59	7.21	0.38	Ha Disminuido	Si Cumple
	Solidos Totales Disueltos	1000.00 mgL-1	233.00	299.00	-66.00	Aumento	No Cumple
	Conductividad	1500.00 µmho/cm	466.00	590.00	-124.00	Aumento	No Cumple
	Color	15.00 UCV escala Pt/Co	13.00	10.00	3.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Dureza Total	500.00 mg CaCO3L-1	130.00	112.27	17.73	Ha Disminuido	Si Cumple
	Nitratos	50.00 mg NO3L-1	5.00	3.63	1.38	Ha Disminuido	Si Cumple
	Hierro	0.30 mgFe-1	0.88	0.17	0.71	Ha Disminuido	Si Cumple
	Manganeso	0.40 mgMn-1	0.07	0.05	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple
	Arsénico	0.01 mgAsL-1	N.D	N.D	ND	ND	ND
	Cloruros	250.00 mgL-1	23.00	19.10	3.90	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sulfatos	250.00 mg SO4=L-1	10.00	6.25	3.75	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sodio	200.00 mgNa-1	8.20	5.46	2.74	Ha Disminuido	Si Cumple
	Aluminio	0.20 mgAL-1	0.20	0.16	0.04	Ha Disminuido	Si Cumple
	Cobre	2.00 mgCu L-1	0.07	0.04	0.03	Ha Disminuido	Si Cumple
Zinc	3.00 mgZn L-1	0.06	0.05	0.01	Ha Disminuido	Si Cumple	
Microbiológicos y Parasitológicos	Coliformes Totales	0.00 UFC/100 mL a 35°C	220.00	106.33	113.67	Ha Disminuido	No Cumple
	Coliformes Fecales	0.00 UFC/100 mL a 44,5°C	95.00	45.87	49.13	Ha Disminuido	No Cumple
	Bacterias Heterotróficas	500 UFC/100 mL a 35°C	115.50	71.13	44.37	Ha Disminuido	Si Cumple

No Cumple: Significa Que El Filtro Cerámico, **NO** ha logrado reducir el parámetro a remover, tal como lo establece Reglamento De Calidad De Agua Para Consumo Humano; Por Lo Tanto El Filtro No Es Eficaz En Este Elemento.

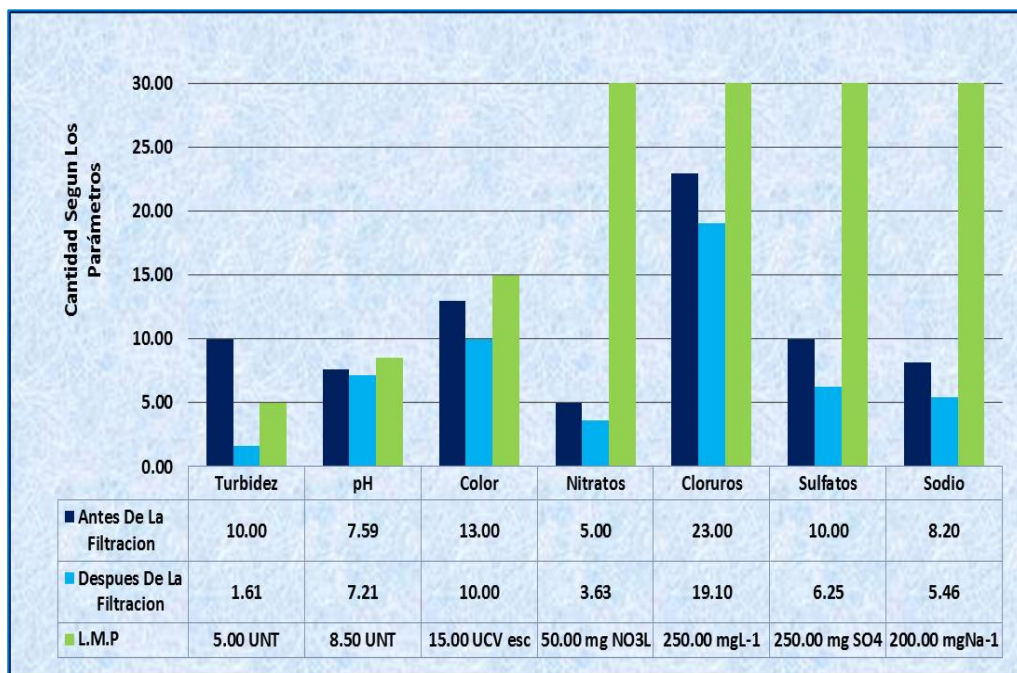
Si Cumple: Significa que el filtro cerámico, **Si** ha reducido el parámetro A Remover, tal como lo establece el Reglamento De Calidad De Agua Para Consumo humano; por lo tanto el filtro es eficaz en este elemento.

Gráfico N° 2: Comparación de parámetros, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Zinc.



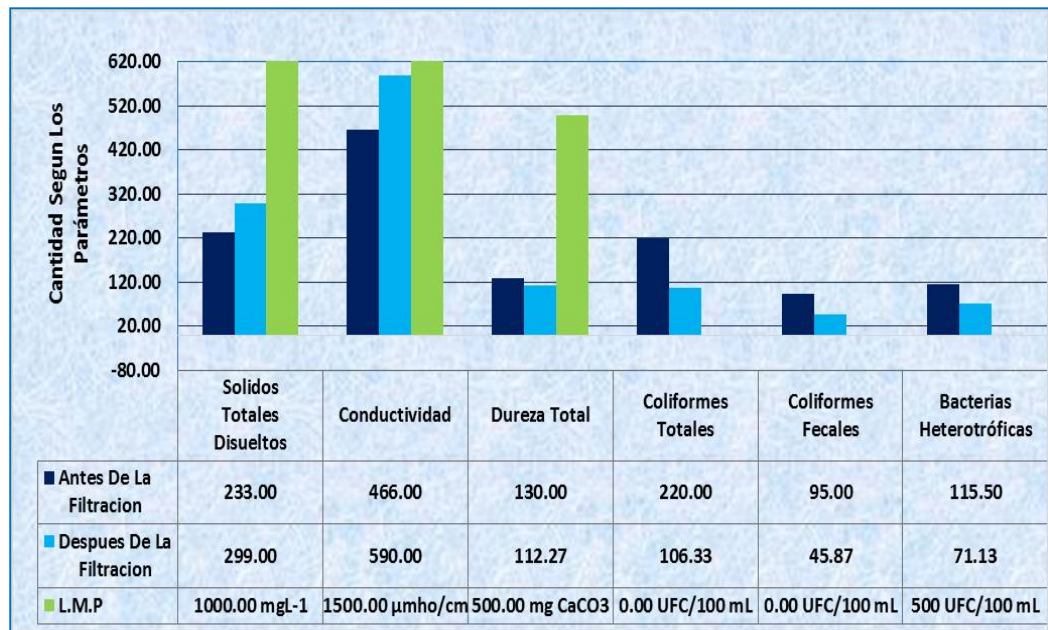
Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 3: Comparación de parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos, Sodio.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 4: Comparación de parámetros, TDS, Conductividad, Dureza Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Bacterias Heterotróficas.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación.

- Los gráficos muestran la reducción de los agentes patógenos del agua, después de la filtración, teniendo como unidad de tratamiento, los filtros cerámicos. Los datos reflejan de que el filtro no remueve totalmente los Coliformes Totales y Fecales, solamente reduce en un 48.33% y 48.28%, en cambio si logra remover las bacterias heterotróficas al 100%.
- Paradójicamente a los parámetros removidos, Sólidos Totales Disueltos y la Conductividad han incrementado su cantidad inicial. Es decir que el agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas, si los hace. De tal manera que la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, entonces lo que ocurre con el filtro es que durante el proceso de filtración el agua logra arrastrar micro

partículas propios del filtro, incrementando los TDS y por defecto la conductividad del agua.

Ante esta evaluación se opta por fabricar nuevamente nuevas pastillas cerámicas recolectando arcillas 100% puras y libres de arenas, limos o partículas muy finas.

3.1.8 Análisis de los segundos filtros cerámicos y segunda muestra de agua.

3.1.8.1 Resultados de calidad de agua antes de la filtración inicial.

Recolección de la muestra. Corresponden a las segundas muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

Fecha De Muestreo : 02 de agosto De 2016, Hora 11: am

- Procedencia : Quebrada Rumiyacu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha de emisión de resultados: 09 de Agosto de 2016
- Laboratorio : Departamento de control de calidad de la EPS Moyobamba SRLtda.

El sistema de filtración anterior logra remover gran mayoría de los parámetros de control de calidad de agua, sin embargo no fue efectivo en la remoción de coliformes fecales y totales, algunos parámetros como los TDS y conductividad eléctrica han incrementado su concentración inicial. Entonces con la finalidad de lograr reducirlos como indica la norma, se opta por utilizar nuevas filtros fabricados de arcilla 100% pura, siendo la Muestra N° 2 (50% de aserrín + 50% de arcilla hematita).

La tasa de filtración se ha mantenido igual que el anterior sistema y Para contrastar la remoción de contaminantes, se realizó el análisis de calidad de agua de los parámetros indicadores, antes del proceso del filtrado, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N° 8: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración-muestra N° 2.

Item	Parámetro	Unidad De Medida	Antes De La Filtración
1	Turbidez	UNT	4.85
2	pH	valor de pH	7.80
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	122.00
4	Conductividad	µmho/cm	244.00
5	Color	UC	9.00
6	Dureza Total	CaCO3 L-1	110.00
7	Nitratos	ppm	4.00
8	Hierro	mgFe L-1	0.17
9	Manganeso	mgMn L-1	0.04
10	Arsenico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	15.00
12	Sulfatos	mgSO4 L-1	8.00
13	Sodio	mgNa L-1	12.00
14	Aluminio	mgAl L-1	0.10
15	Cobre	mgCu L-1	0.07
16	Zinc	mgZn L-1	0.05
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	180.00
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	80.00
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	97.00

3.1.8.2 Resultados de calidad de agua después de la filtración.

Recolección de la muestra. Corresponden a las segundas muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

- Fecha De Muestreo: 02 de Agosto De 2016, Hora 11: am
- Procedencia : Quebrada Rumiyacu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha de emisión de resultados : 09 de Agosto de 2016
- Laboratorio: Departamento de control de calidad de la EPS Moyobamba SRLtda.

Tabla N° 9: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- muestra N°2

Item	Parámetro	Unidad De Medida	Después De La Filtración
1	Turbidez	UNT	2.00
2	pH	valor de pH	7.39
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	118.00
4	Conductividad	µmho/cm	236.00
5	Color	UC	5.00
6	Dureza Total	CaCO3 L-1	88.00
7	Nitratos	ppm	1.80
8	Hierro	mgFe L-1	0.05
9	Manganeso	mgMn L-1	0.02
10	Arsenico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	10.00
12	Sulfatos	mgSO4 L-1	6.00
13	Sodio	mgNa L-1	7.00
14	Aluminio	mgAl L-1	0.075
15	Cobre	mgCu L-1	0.047
16	Zinc	mgZn L-1	0.035
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	82.00
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	40.00
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	55.00

3.1.8.3 Análisis de la cantidad removida de cada parámetro del agua.

Primeras impresiones de los filtros.

En la prueba de análisis de calidad de agua. Se ha notado que los parámetros, han sido removidos. No obstante el filtro solo aminora los parámetros Coliformes Totales un 45.55%, Fecales en 50%. Es decir persiste el mismo problema de filtración al igual que el anterior proceso; Sin embargo los TDS y Conductividad eléctrica si fueron removidas de su concentración inicial, algo que no se ha logrado con los primeros filtros.

La implantación de este sistema para depurar agua con los filtros de cerámica tuvo efecto mayoritario con los parámetros físicos y químicos,

logrando también ser menor que el de los Límites Máximos Permisibles que establece el Reglamento De Calidad De Agua para Consumo Humano, sin embargo no ofrece la remoción total de Coliformes Totales y Fecales. Es decir el filtro cerámico todavía no ha logrado la reducción de estos dos parámetros; por lo tanto surge la idea de añadir un elemento filtrante más, para poder cumplir con el objetivo, este sería el carbón activado, cuyo proceso se ve mostrado en el siguiente sistema de filtración.

Inactivación bacteriológica del filtro.

Los resultados para el muestreo microbiológico en el laboratorio muestran que el filtro logra remover las bacterias heterotróficas al 100 %. A pesar que el filtro proporciona la retención de partículas sólidas y otras impurezas, todavía se muestra algunas viscosidades, ya que quedan dos parámetros por depurar, los demás parámetros fueron reducidos a lo establecido por la norma.

A continuación, se muestra varios gráficos tipo histogramas de frecuencias, para representar los parámetros de análisis de calidad de agua antes de y después de la filtración.

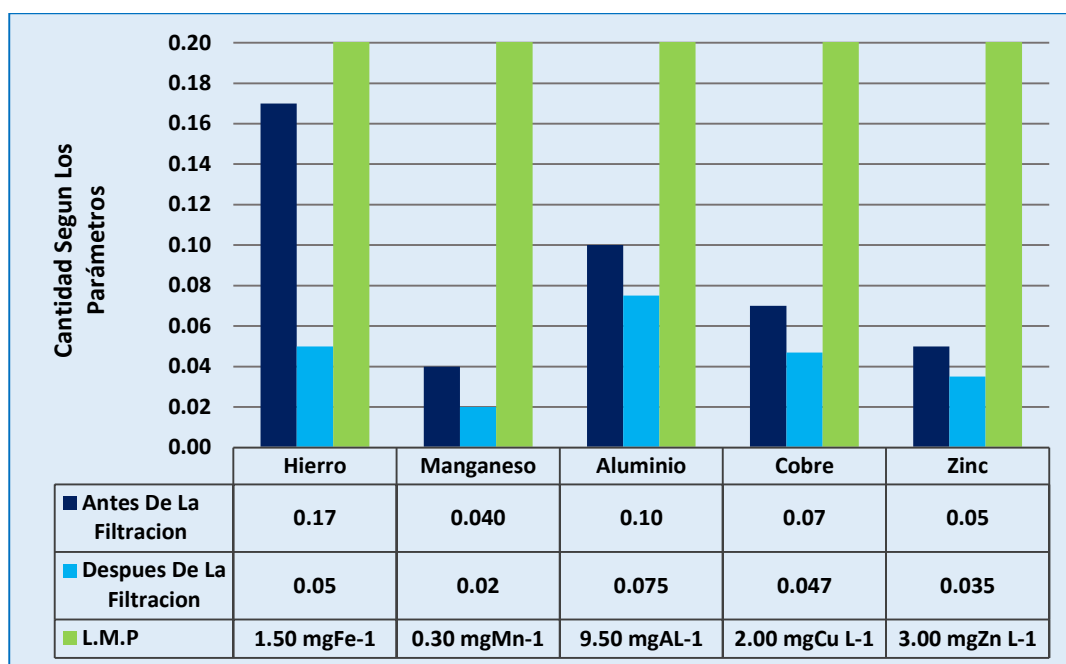
Tabla N° 10: Análisis De Calidad de Agua - cantidad de parámetro removido en los segundos filtros cerámicos y segunda muestra de agua.

Parámetros		L.M.P	Antes de la filtración	Despues de la filtración	Cantidad removida	Análisis del parámetro removido	Condición del filtro
Calidad Organoléptica	Turbidez	5.00 UNT	4.85	2.00	2.85	Ha Disminuido	Si Cumple
	pH	6.5 - 8.50 valor de pH	7.80	7.39	0.41	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sólidos Totales Disueltos	1500.00 mgL-1	122.00	118.00	4.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Conductividad	1500.00 µmho/cm	244.00	236.00	8.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Color	15.00 UCV escala Pt/Co	9.00	5.00	4.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Dureza Total	250.00 mg CaCO3L-1	110.00	88.00	22.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Nitratos	50.00 mg NO3L-1	4.00	1.80	2.20	Ha Disminuido	Si Cumple
	Hierro	1.50 mgFe-1	0.17	0.05	0.12	Ha Disminuido	Si Cumple
	Manganeso	0.30 mgMn-1	0.040	0.02	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple
	Arsénico	0.01 mgAsL-1	N.D	N.D	ND	ND	ND
	Cloruros	50.00 mgL-1	15.00	10.00	5.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sulfatos	250.00 mg SO4=L-1	8.00	6.00	2.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sodio	0.20 mgNa-1	12.00	7.00	5.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Aluminio	9.50 mgAL-1	0.10	0.075	0.03	Ha Disminuido	Si Cumple
Cobre	2.00 mgCu L-1	0.07	0.047	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple	
Zinc	3.00 mgZn L-1	0.05	0.035	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple	
Microbiológicos y Parasitológicos	Coliformes Totales	0.00 UFC/100 mL a 35°C	180.00	82.00	98.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Coliformes Fecales	0.00 UFC/100 mL a 44,5°C	80.00	40.00	40.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Bacterias Heterotróficas	500 UFC/100 mL a 35°C	97.00	55.00	42.00	Ha Disminuido	Si Cumple

No Cumple: Significa Que El Filtro Cerámico, **NO** ha logrado reducir el parámetro a remover, tal como lo establece Reglamento De Calidad De Agua para consumo humano; por lo tanto el filtro no es eficaz en este elemento.

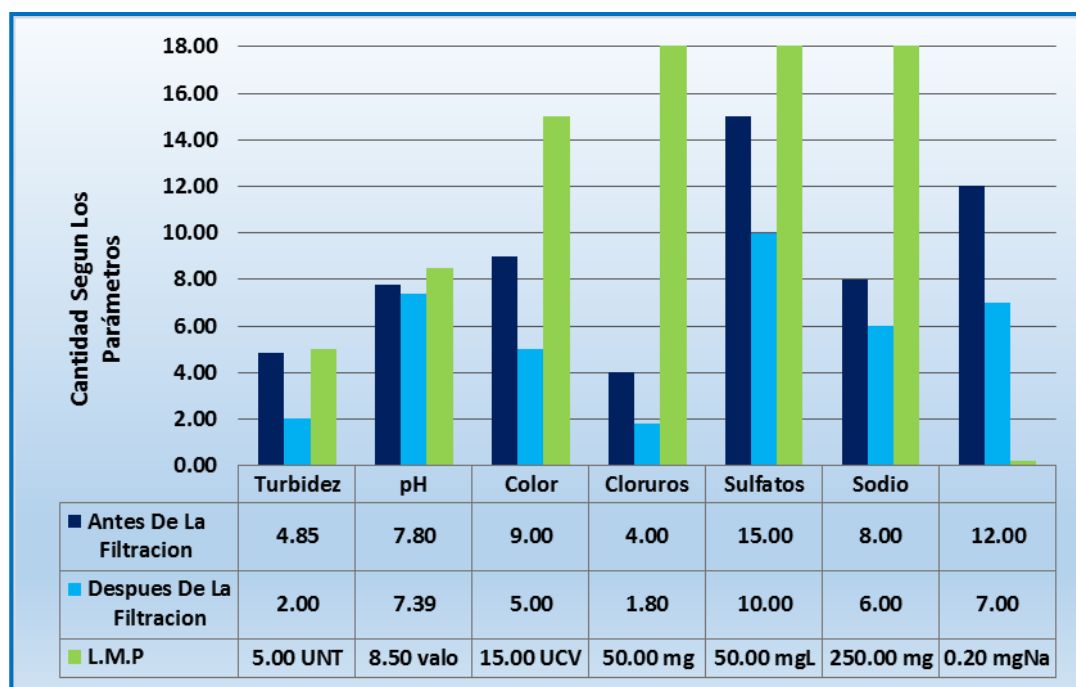
Si Cumple: Significa que el filtro cerámico, **Si** ha reducido el parámetro a remover, tal como lo establece el reglamento de Calidad De Agua Para Consumo humano; por lo tanto el filtro es eficaz en este elemento.

Gráfico N° 5: Comparación de parámetros, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre, Zinc.



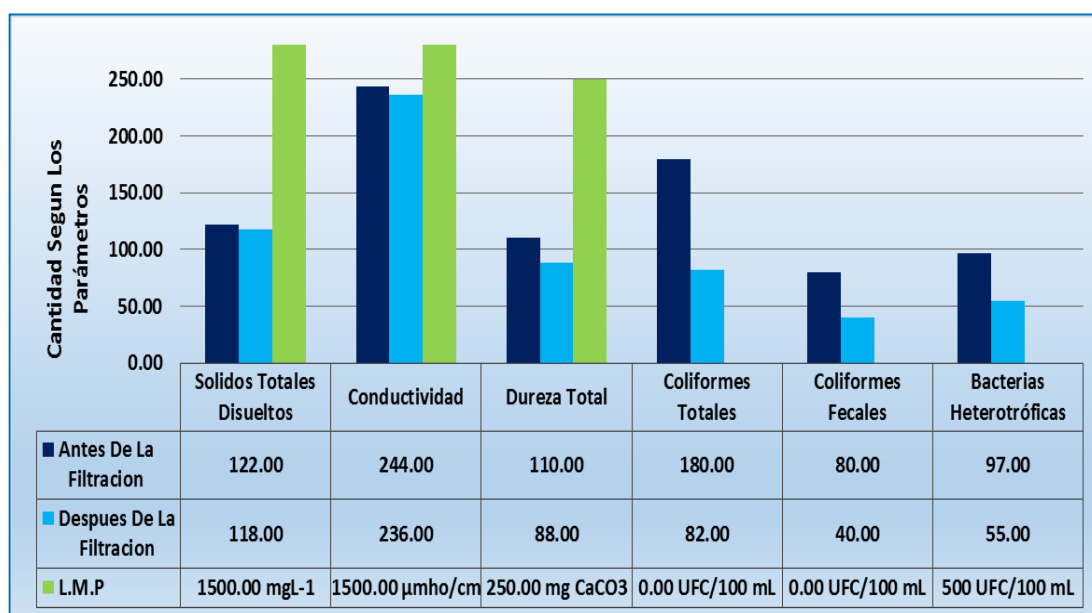
Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 6: Comparación de parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos, Sodio.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 7: Comparación de parámetros, Tds, conductividad, dureza total, coliformes totales, coliformes fecales, bacterias heterotróficas



Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación. Los gráficos muestran la reducción de los agentes patógenos del agua, después de la filtración, teniendo como unidad de tratamiento, solamente los filtros cerámicos. Estos datos reflejan que este sistema si logró remover los parámetros pendientes, los TDS y Conductividad eléctrica. Sin embargo, los Coliformes Fecales y Totales solo se removi6 en un 50% y 45.55%, todavía no se consiguió reducir su concentración inicial a cero, a pesar de haber sido disminuido por las membranas del filtro. Es decir hay una ligera reducción.

3.1.9 Análisis de las terceras muestras de filtros cerámicos más carbón activado y segunda muestra de agua.

3.1.9.1 Resultados de calidad de agua antes de la filtración inicial.

Recolección de la muestra. Corresponden a las segundas muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

- Fecha De Muestreo: 02 de agosto De 2016, Hora 11: am
- Procedencia : Quebrada Rumiycu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha de emisión de resultados: 09 de Agosto de 2016
- Laboratorio: Departamento de control de calidad de la EPS Moyobamba SRLtda.

En este procedimiento de micro filtración con la finalidad de lograr reducir los Coliformes Totales y Fecales a cero, se opta por utilizar carbón activado, Siendo la **Muestra N° 2 (50% de aserrín + 50% de arcilla hematita+ carbón activado)** la elegida, por motivos que ya fueron explicadas.

La tasa de filtración se ha mantenido igual que el anterior sistema. Se realizó análisis de calidad de agua de los parámetros indicadores antes del proceso del filtrado, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla N° 11: Reporte de análisis de calidad de agua, antes de la filtración-muestra N° 2 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita + Carbón Activado)

Item	Parámetro	Unidad de medida	Antes de la filtración
1	Turbidez	UNT	4.85
2	pH	valor de pH	7.80
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	122.00
4	Conductividad	µmho/cm	244.00
5	Color	UC	9.00
6	Dureza Total	CaCO3 L-1	110.00
7	Nitratos	ppm	4.00
8	Hierro	mgFe L-1	0.17
9	Manganeso	mgMn L-1	0.04
10	Arsenico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	15.00
12	Sulfatos	mgSO4 L-1	8.00
13	Sodio	mgNa L-1	12.00
14	Aluminio	mgAl L-1	0.10
15	Cobre	mgCu L-1	0.07
16	Zinc	mgZn L-1	0.05
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	180.00
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	80.00
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	97.00

3.1.9.2 Resultados de calidad de agua después de la filtración.

Recolección de la muestra. Corresponden a las segundas muestras tomadas del punto de captación de la EPS-Moyobamba.

- Fecha De Muestreo: 02 de Agosto De 2016, Hora 11: am
- Procedencia : Quebrada Rumiyacu
- Coordenadas : 0282257/9328160/881 msnm
- Fecha De Emisión De Resultados : 09 de Agosto de 2016
- Laboratorio: Departamento De Control De Calidad de la EPS Moyobamba SRLtda.

Tabla N° 12: Reporte de análisis de calidad de agua, después de la filtración- muestra N° 2 (50% de Aserrín + 50% de Arcilla Hematita + Carbón Activado).

Ítem	Parámetro	Unidad de medida	Después de la filtración
1	Turbidez	UNT	4.00
2	pH	valor de pH	7.67
3	Solidos Totales Disueltos	mg L-1	137.00
4	Conductividad	µmho/cm	2785.00
5	Color	UC	11.00
6	Dureza Total	CaCO3 L-1	95.00
7	Nitratos	ppm	2.90
8	Hierro	mgFe L-1	0.09
9	Manganeso	mgMn L-1	0.03
10	Arsenico	mgAs L-1	N.D
11	Cloruros	mgCl L-1	13.00
12	Sulfatos	mgSO4 L-1	5.00
13	Sodio	mgNa L-1	8.00
14	Aluminio	mgAl L-1	0.08
15	Cobre	mgCu L-1	0.05
16	Zinc	mgZn L-1	0.04
17	Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	87.00
18	Coliformes Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	42.00
19	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	60.00

3.1.9.3 Análisis de la cantidad removida de cada parámetro del agua.

- Primeras impresiones de los filtros.

En la prueba de análisis de calidad de agua. Se ha contrastado que los parámetros, tanto como las Bacterias Heterotróficas han sido removidos. No obstante, el carbón activado no aminora en gran cantidad algunos parámetros, como si los hace los primeros filtros. El carbón activado a pesar de tener la propiedad de ser un reductor de bacterias y coliformes, no fue lo suficientemente efectivo en esta prueba.

Los parámetros salientes después de la filtración se han visto reducidos por los elementos filtrantes. El filtro remueve los parámetros físicos y

químicos, logrando también ser menor que el de los Límites Máximos Permisibles que establece el Reglamento De Calidad De Agua para Consumo Humano, sin embargo no ofrece la remoción total de Coliformes Totales, Fecales, que manda el reglamento.

- **Inactivación bacteriológica del filtro.**

Los resultados para el muestreo microbiológico en el laboratorio muestran que los filtros removieron 48.33% de Coliformes totales y 52.50% de coliformes fecales. El filtro cumple con la hipótesis planteada pero con algunas viscitudes porque queda demostrado que los filtros remueven los indicadores de calidad de agua, sin embargo no llega a reducir a cero los Coliformes fecales y totales.

A continuación, se muestra varios gráficos tipo histogramas de frecuencias, para representar los parámetros de análisis de calidad de agua antes de y después de la filtración.

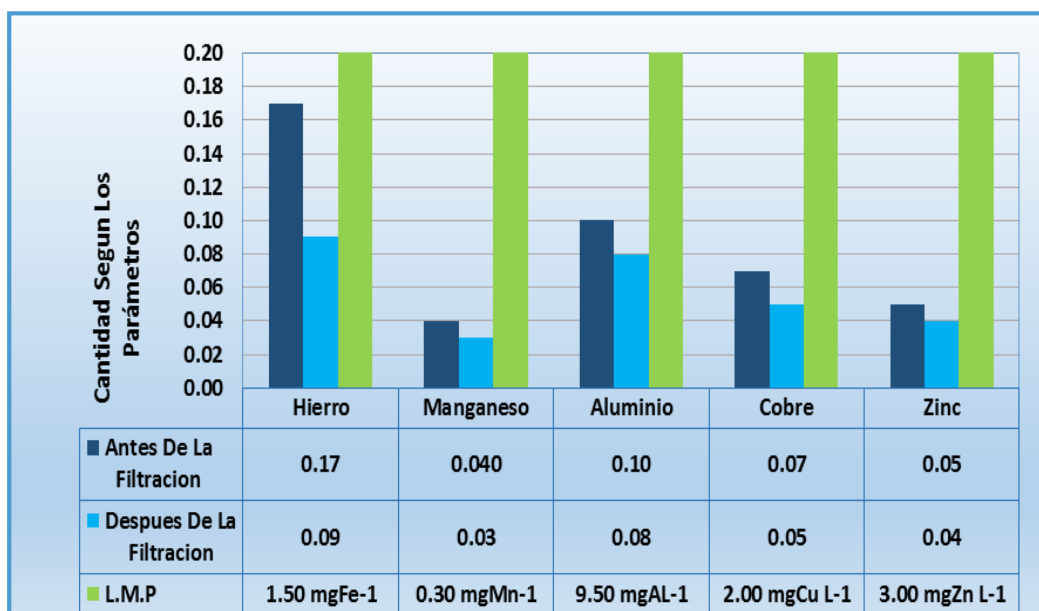
Tabla N° 13: Análisis de calidad de agua - cantidad de parámetro removido en los primeros filtros cerámicos y primeras muestras de agua.

Parámetros		LM.P	Antes de la filtración	Después de la filtración	Cantidad removida	Análisis del parámetro removido	Condición del filtro
Calidad Organoléptica	Turbidez	5.00 UNT	4.85	4.00	0.85	Ha Disminuido	Si Cumple
	pH	6.5-8.5 valor de pH	7.80	7.67	0.13	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sólidos Totales Disueltos	1500.00 mgL-1	122.00	137.00	-15.00	Aumento	No Cumple
	Conductividad	6.5-8.5 valor de pH	244.00	275.00	-31.00	Aumento	No Cumple
	Color	15.00 UCV escala Pt/Co	9.00	11.00	-2.00	Aumento	Si Cumple
	Dureza Total	250.00 mg CaCO3L-1	110.00	95.00	15.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Nitratos	50.00 mg NO3L-1	4.00	2.90	1.10	Ha Disminuido	Si Cumple
	Hierro	1.50 mgFe-1	0.17	0.09	0.08	Ha Disminuido	Si Cumple
	Manganeso	0.30 mgMn-1	0.040	0.03	0.01	Ha Disminuido	Si Cumple
	Arsénico	0.01 mgAsL-1	N.D	N.D	ND	ND	ND
	Cloruros	Aceptable	15.00	13.00	2.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sulfatos	250.00 mg SO4=L-1	8.00	5.00	3.00	Ha Disminuido	Si Cumple
	Sodio	0.20 mgNa-1	12.00	8.00	4.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Aluminio	9.50 mgAL-1	0.10	0.08	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple
	Cobre	2.00 mgCu L-1	0.07	0.05	0.02	Ha Disminuido	Si Cumple
Zinc	3.00 mgZn L-1	0.05	0.04	0.01	Ha Disminuido	Si Cumple	
Microbiológicos y Parasitológicos	Coliformes Totales	0.00 UFC/100 mL a 35°C	180.00	87.00	93.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Coliformes Fecales	0.00 UFC/100 mL a 44,5°C	80.00	42.00	38.00	Ha Disminuido	No Cumple
	Bacterias Heterotróficas	500 UFC/100 mL a 35°C	97.00	60.00	37.00	Ha Disminuido	Si Cumple

No Cumple: Significa Que El Filtro Cerámico, **NO** ha logrado reducir el parámetro a remover, tal como lo establece el Reglamento De Calidad De Agua Para Consumo Humano; por lo tanto, el filtro no es eficaz en este elemento.

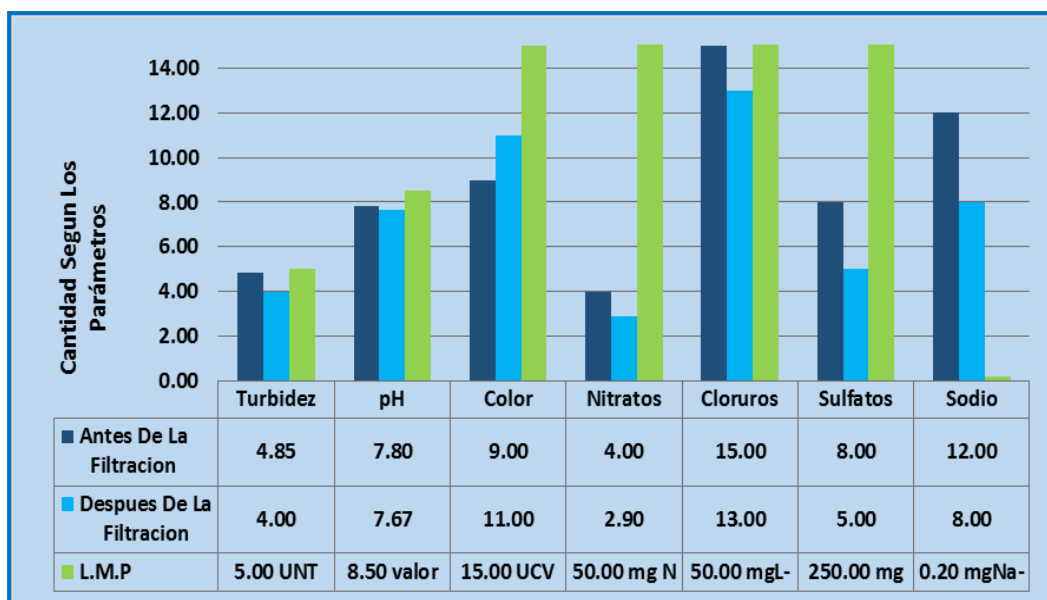
Si Cumple: Significa que el filtro cerámico, **Si** ha reducido el parámetro a remover, tal como lo establece el Reglamento De Calidad De Agua Para Consumo humano; por lo tanto el filtro es eficaz en este elemento.

Gráfico N° 8: Comparación de Parámetros, Hierro, Manganeseo, Aluminio, Cobre, Zinc



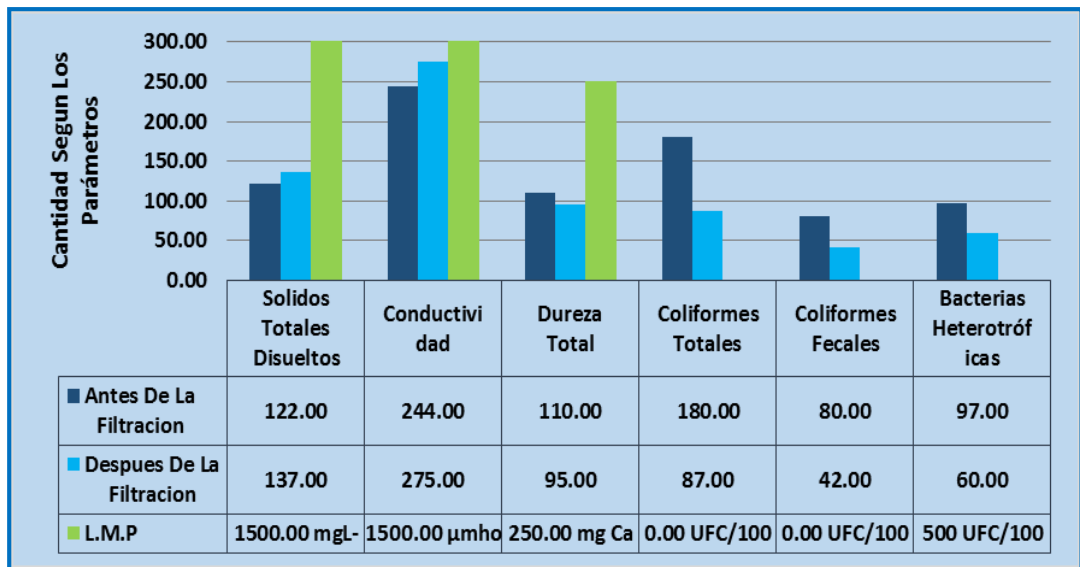
Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 9: Comparación de parámetros, Turbidez, pH, Color, Nitratos, Cloruros, Sulfatos, Sodio.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico N° 10: Comparación de parámetros, TDS, Conductividad, Dureza Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Bacterias Heterotróficas.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación.

- Los gráficos muestran la reducción de los agentes patógenos del agua, después de la filtración, teniendo como unidad de tratamiento, los filtros cerámicos y el carbón activado añadido.
- Estos datos reflejan que este sistema de filtración tampoco logra remover totalmente los Coliformes Fecales y Totales, solamente reduce en un 52.50% y 48.33% pero si los hace con las bacterias heterotróficas llegando al 100%, al igual que los sistemas de filtraciones anteriores.
- Siendo lo contrario con el sistema anterior los TDS, Conductividad Eléctrica y Color del agua han incrementado su concentración inicial, esto se ve afectado directamente por el uso del Carbón Activado que a pesar de su alta micro porosidad y poder adsorbente, hay desprendimiento de partículas muy finas, probablemente el carbón utilizado en la investigación no fue muy puro.

- Lo resto de parámetros fueron reducidos sus concentraciones iniciales pero no tan efectivas como si los hizo el anterior sistema indicado en el Ítem 03.02.05, a pesar de estar por debajo de lo establecido por la norma.

3.1.10 Observaciones de los sistemas de filtración.

Se ha creado un prototipo de filtro cerámico lográndose establecer el tipo de arcillas y otros materiales necesarios para su construcción (proporciones y granulometrías apropiadas) y las dimensiones que garanticen un filtrado mecánico.

Luego se amplio la investigación al utilizar carbon activado como agente reductor de coliforms totales y fecales, para conseguir la desinfección del agua. Entonces partir de todos los estudios e investigaciones realizadas en torno al filtro, conlleva a realizar una análisis y evaluación de los sistemas de filtración realizados en la presente tesis.

Tabla N^a 14: Evaluación y análisis de los dos sistemas de filtración

Características Especificas	Sistema de Filtración N° 1			Sistema de Filtración N° 2		
	SI	NO	observacion en relación a su concentración Inicial	SI	NO	observacion en relación a su concentración Inicial
1. ¿Los filtros ceramicos, logran remover los parametros iniciales?						
Turbidez	x		Ha disminuido	x		Ha disminuido
pH	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Solidos Totales Disueltos	x		Ha disminuido.	x		Aumentó
Conductividad	x		Ha disminuido.	x		Aumentó
Color	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Dureza Total	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Nitratos	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Hierro	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Manganeso	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Arsenico	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Cloruros	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Sulfatos	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Sodio	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Aluminio	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Cobre	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Zinc	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
Coliformes Totales		x	Ha disminuido parcialmente		x	Ha disminuido parcialmente
Coliformes Fecales		x	Ha disminuido parcialmente		x	Ha disminuido parcialmente
Bacterias Heterotróficas	x		Ha disminuido.	x		Ha disminuido.
2. ¿Cómo varia la taza de filtración?	Hay decrecimiento proporcional de la taza de filtracion, a medida que se repite el			Hay decrecimiento proporcional de la taza de filtracion, a medida que se repite el		
3. ¿Cuánto es la vida util del filtro cerámico?	Indeterminado			Indeterminado		
4. ¿ Cuánto equivale el caudal por día?	Q = 57.1199 lt/Dia			Q = 22.48 lt/Dia		
4. ¿ Cuánto es el costo por elaborar el filtro?	S/. 0.00			S/. 0.00		
5. Confianza en remoción de parámetros	89.47%			78.94%		
5. ¿Cuáles son las desventajas de mayor consideración?	Es fragil, requiere mantenimiento con regularidad y cepillado del filtro para aumentar la taza de filtracion			Es fragil, requiere mantenimiento con regularidad y cepillado del filtro para aumentar la taza de filtracion, pude variar el sabor y el color del agua si se utiliza mucho carbon activado		

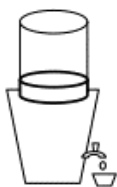
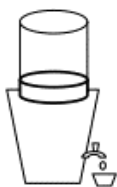
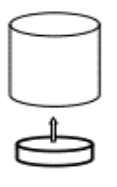

3.1.11 Aplicabilidad de los filtros cerámicos en el componente social y en un sistema de tratamiento de agua.

El Saneamiento Básico Integral mantiene una brecha de cobertura y calidad de los servicios básicos – agua y saneamiento, y para cerrar esta brecha se trabaja en conjunción con actores públicos y privados para la gestión sostenible de los servicios de agua potable y saneamiento en las áreas rurales. Ante este problema social persistente actualmente, se hace el estudio, análisis y propuesta de como intervendría los filtros cerámicos para lograr reducir la brecha. Planteándose la siguiente alternativa.

a. Establecimiento de una estrategia de intervención

Este componente conlleva a elaborar una metodología adecuada de intervención en una población focalizada, que permita realizar una evaluación social, económica y financiera sobre la aceptabilidad de los filtros cerámicos en una población focalizada.

Tabla N^o 15: Componente social de intervención con los filtros cerámicos

Modelo de Filtros	Objetivos	Acciones	Resultados a esperar	Impacto
	Que los usuarios asuman la responsabilidad de organizarse y Participar	Diagnóstico comunal	Reducción de los casos de EDA	Contribuir a mejorar las condiciones de salud de la población
	Analizar la importancia de contar con el agua potable como medio de prevención de enfermedades	Análisis de los problemática con los pobladores	75 % de familias consuman agua de calidad	
	Los usuarios aprendan a crear sus propios Filtros	Conformación de una organización	75 % de familias hagan manejo adecuado de los filtros cerámicos	
	Promover la cultura del agua	Reuniones de capacitación	75 % de familias tengan una educación sanitaria	

3.1.12 Aplicabilidad de los filtros cerámicos en un sistema de tratamiento de agua.

En Ingeniería sanitaria, el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales, en el caso de las urbanas, aguas negras.

La finalidad de estas operaciones es obtener el agua con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

Entonces Corresponde evaluar, en que etapa de estos procesos unitarios actuaría el filtro cerámico, determinandose que la function mas optima es la de actuar como unidad de pretratamiento en una linea de conduccion del en un sistema de abastecimiento de agua potable. La forma o estructura de la uidad filtrante varia segun las cartacteristicas propias del Sistema.

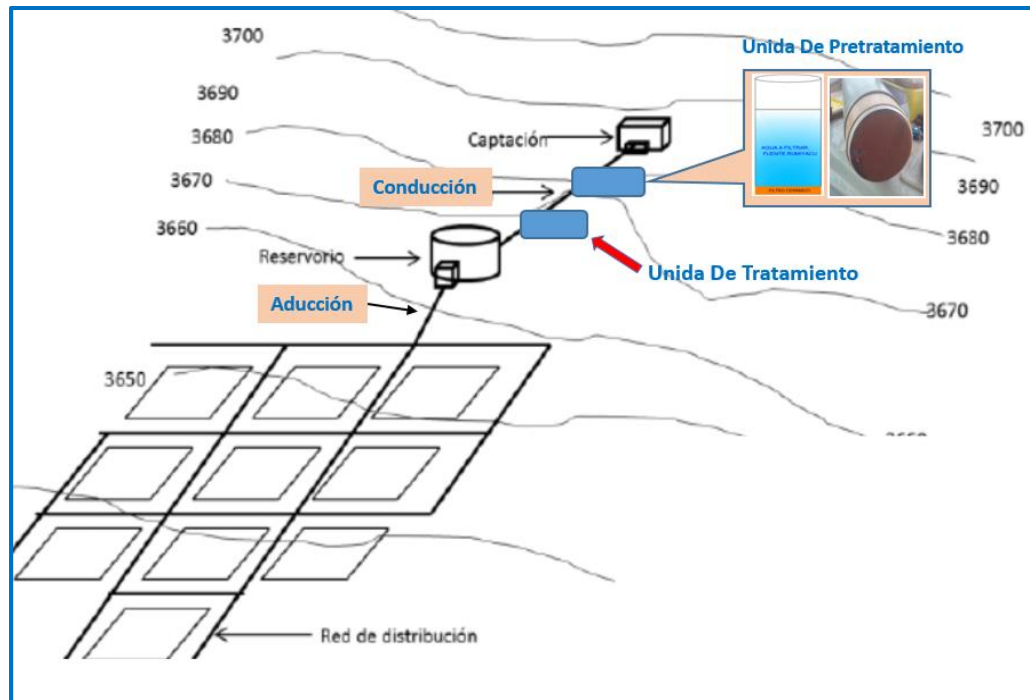


Imagen N°21: Emplazamiento del filtro cerámico en un sistema de tratamiento de agua potable.

3.2 Uso del filtro cerámico

De acuerdo a la investigación, las recomendaciones para su uso eficiente son:

- La primera vez que se usa el filtro, se debe llenar de agua varias veces y botar el agua filtrada para quitarle el sabor amargo posible
- Antes de usar el filtro, lavar con agua limpia el balde plástico o tinaja que recoge el agua filtrada.
- Colocar el filtro de barro en la boca del tubo de Ø 6".
- Si el agua trae mucha suciedad, está verdosa o turbia, se debe colar el agua con un pedazo de tela fina y limpia antes de echarlo al filtro.
- Para tener suficiente agua limpia hay que llenarlo con frecuencia.
- Siempre hay que mantener el filtro tapado y cada vez que desee agua para.
- Cuando se detecta suciedad acumulada en el fondo o en las paredes del elemento filtrante se debe lavar con agua limpia y un cepillo de dientes.

3.2.1 Ventajas y desventajas encontradas en el uso de los filtros cerámicos. como mejora de la calidad de agua.

El servicio que presta el filtro es bueno, porque cumple con las condiciones que se ha planteado en la justificación e importancia del presente trabajo de investigación.

- Los filtros caseros son una alternativa para tratar agua a bajo costo de implantación, operación y mantenimiento.
- Aplicación de un nuevo método para tratar agua de manera sencilla, económica e eficaz.
- Los Filtros Cerámicos contribuye en el mejoramiento de la calidad de vida de la población que vive en comunidades rurales dispersas y alejadas de los sistemas convencionales de servicios de agua potable

Ventajas.

- El tiempo que se dedica a la operación del filtro es poco.
- La facilidad de almacenar agua.
- Es una forma segura de almacenar el agua.
- Fácil manejo y cuidado.
- Es una forma sana y segura de purificar el agua.
- Ahorra gastos médicos.
- Da confianza en la pureza del agua.
- Facilidad para sacar agua a los niños pequeños.
- Culturalmente aceptables.
- No cambia sabor al agua y lo mantiene fresca.
- Hechos con materiales locales
- Remueve la turbidez en más del 100%
- Ofrece confianza en la remoción de Parámetros Físicos y Químicos
- Es una unidad portátiles que permiten filtrar el agua dondequiera que se encuentre.

Desventajas

- La unidad filtrante es frágil y puede quebrarse fácilmente.
- Se tienen que lavar la superficie del filtro, cada vez que esta disminuya su tasa de filtración, cuando es menor a 2.3 Lt/hora
- Requiere mantenimiento con regularidad.
- La unidad filtrante se debe reemplazar cuando supere su vida útil.
- Si el agua a tratar tiene mucha turbidez las membranas cerámicas se colmatan, reduciéndose el caudal como consecuencia.
- No logra remover a cero los Coliformes Totales y Fecales, tal como lo establece el Reglamento De Calidad De Agua Para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA)

3.3 Discusiones

- ✓ En el año 2001, Joysee Mariela Cartagena Baide realiza una investigación sobre unos filtros de agua realizado con arcilla, cuya investigación es plasmada en su tesis “**Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio el ocotal de guinope, honduras**”. Esta investigación demuestra que los filtros de cerámica son muy efectivos en la potabilización del agua, es más hace mención que hay resultados microbiológicos de un filtro que ha sido utilizado diariamente durante 7 años, sin modificaciones, que sigue siendo eficiente en su tarea de descontaminación. Sin embargo para poder lograr su objetivo utiliza la Plata Coloidal como desinfectante que actúa en una solución aproximadamente del 0.32% en 200 gramos de agua.

Esta información, acrecenta la investigación realizada en la presente tesis, sin embargo los Coliformes totales y fecales, no se han logrado eliminar totalmente. Contrario a lo que Joysee Mariela demuestra haber logrado remover, en su trabajo de investigación y que para lograrlo, aclara que utiliza un tercer insumo, que es plata coloidal, de allí las diferencias de resultados obtenidos en la presente tesis.

- ✓ En el año 2003 el “**Centro de investigación de tecnología apropiada, camaguey cenhica, centro nacional de hidrología y calidad de las aguas, cuba**”. Plantea un sistema de filtro capaz de producir la cantidad de agua potable suficiente para cubrir las necesidades familiares con capacidad de 7.2 litros. Los resultados obtenidos han sido, mejoras en la calidad del agua de beber, descenso del índice de enfermedades por diarreas, así como la aceptación por la población ya que el agua filtrada no tiene alteración en su sabor. Además Reporta que el filtro puede garantizar una efectividad de potabilización de agua durante un año con una tasa de filtración promedio de 7 a 10 litros diarios.

Lo más importante de este centro de investigación, sobre los filtros aparte de garantizar una efectividad de potabilización de agua durante un año, es la aceptación por parte de la población. Una situación distinta con el trabajo de investigación realizado, debido a la diferencia de objetivos, el cual fue realizar una evaluación preliminar de remoción de contaminantes. Esto no desmerita el

trabajo, contrario a ello sirve como una demostración de investigación a nivel de laboratorio, que si es posible la remoción de contaminantes y agentes patógenos al agua utilizando los filtros cerámicos, esto significa que estos resultados obtenidos sirven como información primaria, para dar respuesta o motivo de investigación para una segunda tesis en donde se evalúe el nivel de aceptación de los filtros en las poblaciones rurales dispersas del Alto Mayo, solo por mencionar alguno las comunidades de Nativas (Awajun) sería una población focalizada de mayor relevancia.

- ✓ En el año 2004 el programa **IDEASS (Ceramistas Por La Paz) de Nicaragua**, crea un elemento filtrante al cual llama FILTRÓN, este proporciona agua cristalina eliminando la turbidez, así como bacterias imposibilitadas de cruzar por sus micro poros. Gracias a un baño de plata coloidal en su elemento filtrante, provoca una reacción que desactiva agentes dañinos para el organismo humano que pueden atravesar el filtro, siendo completamente inofensivo para el ser humano. Llegando inclusive ha recibir reconocimientos nacionales e internacionales. Entre los más importantes a nivel internacional son el Premio “Marketplace 2004” del Banco Mundial en Camboya a la tecnología transferida desde Nicaragua, y el Premio de la Asociación Latinoamericana de Ingenieros Sanitarios, 1982.

Esta información, acrecenta la investigación realizada en la presente tesis, al igual que Joysee Mariela Cartagena Baide el programa **IDEASS** utiliza plata coloidal como desinfectante, logrando la remoción total de agentes patógenos del agua. La información de estos dos trabajos realizados tanto de Joysee Mariela y del el programa **IDEASS**, demuestran que existe la necesidad del uso de un tercer insumo químico final en el proceso de potabilización del agua , que actué como desinfectante final, que es plata coloidal, hipotéticamente se puede afirmar que los dos parámetros Coliformes totales y fecales, que no se lograron remover totalmente como lo establece el reglamento de calidad de agua. Logran eliminarse añadiendo un tercer agente desinfectante, ya sea cloro y/o plata coloidal.

- ✓ En el año 2012 en el Perú, Guerra Alarcon Alfredo. Junto a Hiyagon Arroyo Genevie Valeria, realizaron una investigación en su tesis **“Tratamiento De Agua Con Remoción De Plomo Aplicando Nanotecnología”**. Su trabajo consistió en la remoción de plomo utilizando el filtro de arcilla fabricado en base de Dolomita, Bentonita, Caolinita, dolomita y aserrín, logrando reducir concentraciones iniciales de 18 y 6.5 ppm de Pb a **0.05 ppm**.

Esta información, que a pesar de que no está destinado a la potabilización del agua queda demostrado que en nuestro país, se hizo el uso de las arcillas como medio filtrante y de reducción de contaminantes, cuyos resultados sirvieron para mejorar el trabajo investigado

3.4 Conclusiones

En base a los resultados de las pruebas microbiológicas anteriormente detallados, se presentan las siguientes conclusiones.

- Se desarrolló una técnica reproducible de fabricación de filtros porosos de discos de bentonita-aserrín y de bentonita, caolinita y dolomita, así como de filtros porosos cilíndricos de bentonita, caolinita y dolomita mediante procesos de mezcla, tamizado, compactación y calcinación, este proceso de fabricación y evaluación de los filtros además, permitió elegir que de todas las muestras fabricadas la elegida sea aquella que está conformada por 50% de arcilla y 50% de serrín debido a la mayor tasa de filtración que ofrece (2.3 litros/hora) y la cantidad de remoción de contaminantes que es constante, y para mantener la tasa de filtración constante el cepillado del filtro rejuvenece la tasa de filtración, y debe ser realizado periódicamente para prolongar la vida útil del filtro
- De los 19 parámetros de calidad de agua analizados, una fracción de Coliformes totales y fecales fueron removidas en los tres sistemas de filtración con las siguientes proporciones, en una primera etapa se removió en un 48.33 % y 48.28%, en la segunda etapa en un 45.55 % y 50.00% y en la tercera etapa en un 48.33% y 52.50%. Por lo tanto, el uso de un elemento desinfectante se ve necesaria para completar la remoción e inactivación de las bacterias. No obstante esto no amerita a que los filtros no actúen como elemento filtrante, al contrario la no remoción total de estos parámetros es un tema de investigación pendiente, a pesar de ello podemos decir que dichas bacterias poseen un tamaño mucho más menor que el de los poros del filtro el cual oscila entre 0.074 y 0.250 milímetros, y es por ello que algunos logran atravesarlos.

El filtro promovido por este trabajo de investigación es una tecnología que ofrece resultados positivos, aunque no suficientes por el hecho de la no remoción total de solamente dos parámetros. A pesar de haber añadido carbón activado al filtro no se logró la remoción total, inclusive algunos parámetros

como los TDS, y Conductividad, Color incrementaron su concentración inicial, situación que no ocurrió cuando se utilizó un filtro fabricado con arcilla 100% pura. De allí su elección de este sistema.

Debido a que los filtros cerámicos cumplen una función de pretratamiento dentro del sistema de tratamiento de agua potable, por lo tanto necesita de uno o más componentes que logren mejorar la calidad del agua al 100% por lo que el filtro cerámico aplicado solo es útil para el proceso de pretratamiento, siendo requerido el proceso de desinfección cuando el agua sea destinado para consumo humano; sin embargo, en esta investigación se ha logrado demostrar su utilidad como componente adicional del sistema, en ese sentido se acepta H1.

Entonces se cumple que:

Se rechaza H0: Si Aplicamos los Filtros cerámicos como tratamiento del agua entonces, no se obtendrá mejor calidad de agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros establecidos en los LMP del reglamento de calidad de agua.

Y se acepta Hi: Si Aplicamos los filtros cerámicos como tratamiento del agua entonces, si se obtendrá mejor calidad de agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros establecidos en los LMP del reglamento de calidad de agua.

3.5 Recomendaciones

- En una próxima investigación, a los alumnos de la Facultad de Ecología se propone realicen, nuevas combinaciones de materiales con capacidad de adsorción y/o remoción de Bacterias Coliformes Fecales Totales y otros, para contribuir a la optimización del sistema filtrante e investigar su capacidad para el abatimiento de otros contaminantes de origen químico y/o bacteriológico. Teniendo como información primaria el trabajo investigado.

- Una recomendación para estudios futuros, infundir a los docentes de la FECOL y alumnos, no centrarse en el uso del cloro como agente desinfectante universal, contrario a eso existen muchos agentes que pueden actuar como desinfectante ya sea industrial y/o natural, por ejemplo inculcar a hacer análisis del carbón activado biocida un método tan innovador de desinfección. Este carbón tiene una carga importante de yodo, es decir, tiene un exceso de tres yodos. En Química, se encuentra, con frecuencia, el yodo I₂, pero éste es I₅. Desde este punto de vista, cualquier microorganismo que Pase cerca del carbón activado biocida muere de inmediato Gracias a esta característica el yodo I₅, adherido al carbón activado, puede acabar con toda la carga biológica del agua: virus, bacterias, levaduras, algas y otros organismos. El Resultado es agua potable y, por ende, apta para el consumo humano.

- En procesos de transferencia de tecnología es muy importante involucrar a los habitantes de la comunidad y organizaciones, tales como MINSA, RED DE SALUD, DIRES a invocar y/o financiar tesis que estén destinados al sector salud que solucionen problemas directos por consumo de agua contaminada y que estos trabajos sean aplicados a la comunidad, logrando asegurar una comunicación eficiente que beneficiará a todos, tanto a los beneficiarios como a los proyectos promotores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bodero, M. E. (2003). *Los servicios de agua y saneamiento en el Perú*. Un diagnóstico y estadísticas. Lima – Perú
- Calderón, J. C. (2004). *Agua y saneamiento caso del Perú rural*. Lima.- Perú.
- Calzada, B. J. 1995. *Métodos estadísticos aplicados a la investigación*. Lima – Perú.
- Carriazo, J. G., Barrera-V. y Saavedra. (2005). *Empleo de Dos Arcillas Naturales Colombianas en la Eliminación de Iones Metálicos en Solución Acuosa*. Colombia.
- Coronado, R. 2008. *Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en Poblaciones Rurales Dispersas*. Universidad Mayor De San Simón. Cochabamba – Bolivia.
- Delgado, G. (2011). *Estudio de filtros cerámicos para el diseño y desarrollo de sistemas domésticos de bajo costo*. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Domínguez, J.M y Scheffer I. (1992). *El barro noble*. México.
- García, E. y Suárez, M. (1994). *Las Arcillas; Propiedades Y Usos*. Universidad Complutense. Madrid.
- Guerra, A. y Hiyagon, A. (2012). *Tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología*. Lima - Perú.
- Henry, C (1914). *Poder germicida de la plata coloidal*. Universidad de California. EE.UU.
- Hernández S. (2010), *Metodología de la investigación*. México.
- Inga. J. (2007). *Fabricación de Cerámicos Porosos Adsorbentes a Base de Arcilla para la retención de contaminantes en Efluentes Industriales*.

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú.

Lantagne, D. S. (2001). *Investigación del Filtro de Barro Impregnado con Plata Coloidal*. Promovido por Ceramistas. La Paz.- Bolivia

Lerma, A. 2011. *Filtros cerámicos, una alternativa de agua segura*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

Martínez. R. J. (1999). *Métodos para purificar el agua con plata coloidal*. México

MINSA, (2001). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano*. (1ra. Edi.). Perú : Lima

OMS (1995). *Guía Para La Calidad De Agua De Bebida*. Volumen 1. publicación científica OPS.

OPS/ OMS/ PAS, (2000). *Evaluación global de los servicios de agua y saneamiento*. Lima – Perú.

Rivera, R. (2004). *Filtros cerámicos para agua potable*. IDEASS. La Paz. – Nicaragua.

Racks, L Y García. F. (2004). *Propiedades físicas de los suelos*. Montevideo-Uruguay

Rojas, R. y Valencia L. (1999). *Estudio de la calidad del agua en sistemas de abastecimiento rural*. Lima – Perú.

Vargas, C (1996). *Control de la calidad de agua de la red de distribución*. CEPIS

Vásquez, W, y Deza. H. (2005). *Eficiencia de Filtros Cerámicos Porosos en la Adsorción de Metales Pesados*. Universidad Nacional de Trujillo.

Vidal, H. (2010). *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas*. Pereira.

Villora, J. M. Callejas P. y Barba M.F. (2004). *Influencia de procesamiento de materiales cerámicos en su comportamiento como adsorbente de iones de aguas industriales*. Bolivia.