

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE LOS LECHOS DE
ADSORCIÓN DE PIROCLASTOS DEL CHIMBORAZO, MAYORES O
IGUALES A 4750 MICRAS DE DIÁMETRO**

Autor:

DANNY BLADIMIR NILVE BALSECA

Tutor:

ING. MSG. ALFONSO ARELLANO

Riobamba - Ecuador

Año 2020

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE LOS LECHOS DE ADSORCIÓN DE PIROCLASTOS DEL CHIMBORAZO, MAYORES O IGUALES A 4750 MICRAS DE DIÁMETRO”**, presentado por: Danny Bladimir Nilve Balseca y dirigida por: Ing. Alfonso Arellano. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

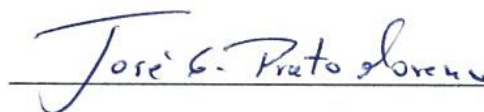
Ing. Alfonso Arellano

Tutor del proyecto

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alfonso', written over a horizontal line.

Dr. José Prato

Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José G. Prato', written over a horizontal line.

Ing. Marcel Paredes

Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marcel Paredes', written over a horizontal line.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Alfonso Arellano, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: **“PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE LOS LECHOS DE ADSORCIÓN DE PIROCLASTOS DEL CHIMBORAZO, MAYORES O IGUALES A 4750 MICRAS DE DIÁMETRO”**, CERTIFICO; que el informe final de trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante Danny Bladimir Nilve Balseca para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis,

Atentamente,



Ing. Alfonso Arellano

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Danny Bladimir Nilve Balseca e Ing. Alfonso Arellano; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Danny/Bladimir Nilve Balseca

C.I 0604085001

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por guiarme y motivarme a alcanzar mis metas además quiero agradecer al Ing. Alfonso Arellano por ayudarme en el desarrollo del proyecto de investigación y al Ing. José Prato y Ing. Marcel Paredes por brindarme sus conocimientos en esta investigación.

Danny Bladimir Nilve Balseca

DEDICATORIA

A mis padres especialmente a mi Madre Marlitt por estar siempre apoyándome en todo momento para que termine mi tesis y por enseñarle que en la vida tienes que sacrificararte para cumplir tus sueños.

Danny Bladimir Nilve Balseca

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| INDICE DE TABLAS | IX |
| INDICE DE FIGURAS..... | X |
| RESUMEN | XI |
| ABSTRACT..... | XII |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1 Objetivo General | 4 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 3. ESTADO DEL ARTE | 5 |
| 3.1 Piroclastos y su clasificación..... | 5 |
| 3.2 Conductividad Hidráulica de los piroclastos..... | 6 |
| 3.2 Eficiencia del filtro..... | 6 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 8 |
| 4.1 Ubicación de Tamaute..... | 9 |
| 4.2 Ubicación de los piroclastos..... | 10 |
| 4.3 Técnica de trituración y tamizado | 11 |
| 4.4 Técnica de limpieza del lecho | 11 |
| 4.5 Elaboración del soporte metálico | 11 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.6 | Técnicas de ensayos mecánicos. | 12 |
| 4.6.1 | Proceso para obtención de la densidad de la roca volcánica | 12 |
| 4.7 | Ensayo hidráulico con agua cruda realizado en Tamaute | 13 |
| 4.8 | Ensayos microbiológicos realizados en laboratorios | 15 |
| 4.9 | Análisis Estadístico básico | 16 |
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 5.1 | Densidad de los lechos del piroclasto del Chimborazo | 17 |
| 5.2 | Temperatura del Agua cruda de la Comunidad Tamaute..... | 17 |
| 5.3 | Análisis estadístico descriptivo | 19 |
| 5.4 | Análisis de calidad del agua filtrada a través de lechos de piroclastos | 20 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 23 |
| 6.1 | Conclusiones | 23 |
| 6.2 | Recomendaciones..... | 24 |
| 7. | REFERENCIAS | 25 |
| 8. | ANEXOS | 28 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características del volcán Chimborazo..... | 1 |
| Tabla 2. Procedencia principal del agua recibida de Chimborazo..... | 2 |
| Tabla N° 3: Características de la captación del agua..... | 2 |
| Tabla 4. Clasificación del piroclasto según su tamaño. | 6 |
| Tabla 5. Características físicas y microbiológicas | 7 |
| Tabla 6. Propiedades físicas de muestreo | 13 |
| Tabla N° 7: Valores de permeabilidad..... | 16 |
| Tabla 8. Clasificación de la dureza del agua..... | 16 |
| Tabla 9. Datos de la densidad del piroclasto..... | 17 |
| Tabla N° 10. Datos de la temperatura de agua de Tamaute..... | 17 |
| Tabla 11. Estadístico descriptivo de la conductividad hidráulica..... | 19 |
| Tabla 12. Valores de un experimento de la permeabilidad de material poroso grueso | 19 |
| Tabla 13. Análisis comparativo de la calidad del agua de la comunidad de Tamaute en el piroclasto del Chimborazo. | 20 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Permeámetro de carga constante | 5 |
| Figura 2. Esquema metodología planteada | 8 |
| Figura 3. Depósito de agua cruda de la vertiente el soltero ubicada en la comunidad de Tamaute..... | 9 |
| Figura 4. Ubicación de la roca volcánica del Chimborazo | 10 |
| Figura 5. Soporte metálico..... | 11 |
| Figura 6. Esquema del filtro | 14 |
| Figura 7. Conductividad Hidráulica ($H_1=1$ cm)..... | 18 |
| Figura 8. Conductividad Hidráulica ($H_1=11.2$ cm)..... | 18 |
| Figura 9. Conductividad Hidráulica ($H_1=22.2$ cm)..... | 18 |
| Figura 10. Análisis comparativo de los parámetros de la calidad del agua | 22 |

RESUMEN


Se determinaron las propiedades mecánicas e hidráulicas de los lechos de adsorción de piroclastos del Chimborazo, mayores o iguales a 4750 micras de diámetro. Se evaluó la conductividad hidráulica utilizando tres cargas hidráulicas constantes a diferentes alturas $H_1=1$ cm, $H_2=11.2$ cm y $H_3=22.2$ cm. Su densidad varía desde 0.84 g/cm^3 a 0.98 g/cm^3 . La conductividad hidráulica K_1 (312.43 cm/min) es mayor que K_2 (38.73 cm/min) y K_3 (19.05 cm/min). Cuando la carga hidráulica en menor altura la conductividad es mayor. Las muestras evaluadas fueron 107. Se realizó un análisis estadístico básico calculando medianas, máximos, mínimos y error estándar. Se tomaron muestras de agua cruda de la Comunidad de Tamaute del Cantón Guano para evaluar la efectividad de los piroclastos como filtros. Se determinaron las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda y de la filtrada, para compararlas. La carga hidráulica H_3 (22.2 cm) es la más eficiente porque elimina coliformes totales cuando el agua cruda tenía 1 NMP/100 ml . Al color le disminuye de 18 a 8 upt-co ; a la conductividad le disminuye de 959 a $956 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$. También los sólidos disueltos totales disminuyen de 479 a 478 mg/l . Sin embargo, se nota el incremento de la dureza de 166 a $176 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$ y de la turbidez de 0,07 a 0.99 NTU .

Palabras claves: piroclastos, cargas hidráulicas, adsorción, conductividad hidráulica

ABSTRACT

The mechanical and hydraulic properties of pyroclast adsorption beds from Chimborazo greater than or equal to 4750 microns in diameter were determined. Hydraulic conductivity was evaluated using three constant hydraulic loads at different heights $H_1=1$ cm, $H_2=11.2$ cm, and $H_3=22.2$ cm. Its density varies from 0.84 g/cm^3 to 0.98 g/cm^3 . Hydraulic conductivity K_1 (312.43 cm/min) is greater than K_2 (38.73 cm/min) and K_3 (19.05 cm/min). When the hydraulic load is at a lower height, the conductivity is higher. The samples evaluated were 107. A basic statistical analysis was performed by calculating median, maximum, minimum, and standard error. Raw water samples were taken from the Tamaute Community of Canton Guano to evaluate the effectiveness of pyroclasts as filters. The physical, chemical, and microbiological properties of raw and filtered water were determined for comparison. Hydraulic load H_3 (22.2 cm) is the most efficient because it eliminated total coliforms when raw water had 1 NMP/100 ml. The color decreases it from 18 to 8 u_{pt-co}; conductivity decreases from 959 to $956 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$. Also, total dissolved solids decrease from 479 to 478 mg/l. However, the hardness increase is noted from 166 to 176 mg CaCO_3/l and turbidity from 0.07 to 0.99 NTU.

Keywords: pyroclasts, hydraulic loads, adsorption, hydraulic conductivity.


Reviewed by: Romero, Hugo
Language Skills Teacher



1. INTRODUCCIÓN

Los volcanes del Ecuador forman parte de la zona norteña volcánica de Los Andes. Existen 70 volcanes que atraviesa la Región Interandina por varias cadenas montañosas varios tienen actividad volcánica que afectan de manera significativa. (Vallejo, 2011)

Se destaca al menos una decena de volcanes, muchos de ellos activos y a poca distancia unos de otros. Los volcanes más importantes son el Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Ilinizas, Cayambe, Antisana y Altar en la región Andina, en la Región Amazónica el Reventador y Sangay y en las Islas Galápagos es la Sierra Negra. (Agreda, 2018)

El Chimborazo es el volcán más alto de Los Andes, está ubicado 150 km al sur de Quito y 28 km al noroeste de la ciudad de Riobamba. El volcán es potencialmente activo por el promedio entre erupciones que habido en 1000 años. (Instituto Geofísico, 2018)

Tabla 1.Características del volcán Chimborazo

| Nombre | Chimborazo |
|--------------------|--------------------------|
| Coordenadas | 1,467° S; 78,819° W |
| Altura | 6268 msnm |
| Diámetro | 20 km |
| Tipo de volcán | Estrato volcán compuesto |
| Última erupción | Siglo V - Siglo VII |
| Estado | Potencialmente activo |
| Actividad reciente | Actividad hidrotermal |

Fuente:(Instituto Geofísico, 2018)

Según el censo del 2010 realizado por el INEC en la provincia de Chimborazo, la procedencia principal del agua recibida a sus cantones, obtuvieron estos porcentajes que se indica en la tabla 2, tomando en cuenta esos valores, la calidad del agua en vertientes no es tratada adecuadamente, siendo un problema para la salud y el consumo diario de agua para los habitantes.

Tabla 2. Procedencia principal del agua recibida de Chimborazo

| Nombre del cantón | Procedencia principal del agua recibida | | | | | Total |
|-----------------------|---|------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------|---------|
| | 1. De red pública | 2. De pozo | 3. De río, vertiente, acequia o canal | 4. De carro repartidor | 5. Otro (Agua lluvia/Albarrada) | |
| Alausí | 5.157 | 993 | 4.808 | 9 | 247 | 11.214 |
| Chambo | 1.734 | 45 | 1.220 | 4 | 58 | 3.061 |
| Chunchi | 1.927 | 300 | 1.036 | 1 | 57 | 3.321 |
| Colta | 5.931 | 3.122 | 4.517 | 17 | 801 | 14.388 |
| Cumanda | 2.312 | 36 | 1.041 | 1 | 36 | 3.426 |
| Guamote | 4.984 | 768 | 4.875 | 9 | 376 | 11.012 |
| Guano | 6.620 | 329 | 3.788 | 225 | 429 | 11.391 |
| Pallatanga | 1.331 | 140 | 1.480 | 1 | 21 | 2.973 |
| Penipe | 1.607 | 17 | 440 | 1 | 34 | 2.099 |
| Riobamba | 45.753 | 1.977 | 10.551 | 691 | 1.188 | 60.160 |
| Total | 77.356 | 7.727 | 33.756 | 959 | 3.247 | 123.045 |
| Porcentajes(%) | 62.87 | 6.28 | 27.43 | 0.78 | 2.64 | 100 |

Fuente: (INEC, 2010)

La comunidad de Tamaute se encuentra ubicada en la parroquia la Matriz del cantón Guano, provincia de Chimborazo, a 10.10 km de la ciudad de Riobamba la ruta principal es la vía a Riobamba-Penipe. Tiene una población de 237 habitantes, las principales actividades son la agricultura en un 44%, empleados privados en un 13% y el 91% de moradores tienen casa propia adquirida o heredada. (Flores & Quisnancela, 2016)

En la siguiente tabla se analizan las características de una muestra de agua de Tamaute, que no tiene planta de tratamiento de agua potable, pero si un tanque de pretratamiento y filtros.

Tabla N° 3: Características de la captación del agua

| Características | Unidades | Resultado |
|---------------------|--------------------------|-----------|
| pH | [H ⁺] | 7.39 |
| Conductividad | μS/cm | 997 |
| Turbiedad | FTU-NTU | 0.18 |
| Sólidos totales | mg/l, | 680 |
| Color | upt-co, | 1 |
| Sólidos suspendidos | mg/l, | 1 |
| Sulfatos | mg/l | 78 |
| Fosfatos | mg/l | 1.24 |
| Nitratos | mg/l | 13.6 |
| Dureza total | mg CaCO ₃ /l, | 72 |
| Alcalinidad | mg CaCO ₃ /l | 24 |
| Coliformes totales | UFC/100 ml | 4 |
| Coliformes fecales | UFC/100 ml. | 2 |

Fuente: Laboratorios de Ingeniería Ambiental de la UNACH (2015)

Según Cordoba y Barahona (2019), elaboraron columnas de adsorción para la dureza del agua empleando tuberías de PVC de dimensiones de 57 cm de alto y 13 cm de ancho, la columna se rellenó con 1050 gramos de roca volcánica del Reventador y Tungurahua triturado y tamizado, escogieron al azar 100 rocas para determinar el tamaño del promedio del grano.

En la Universidad de Chile, llegaron a la conclusión que en determinados suelos producto de la actividad volcánica, los piroclastos pueden emplearse como material de filtro en la depuración de aguas residuales domésticas. (Sanhueza, Valenzuela, Palma, Araneda, & Calderón, 2011).

Carrillo & Sánchez (2013), elaboraron un filtro a base del carbón activado del endocarpo de coco, obtuvieron que al aumentar la cantidad de carbón activado en el filtro aumenta la capacidad de retención de cloro residual libre.

Logroño & Bautista (2019), investigaron la utilización de los lechos activados de rocas volcánicas del Chimborazo y Tungurahua de tamaño de 200 micras de diámetro para la reducción de la dureza del agua. Se pesó 1200 gramos de roca volcánica, para tener un lecho de 21 cm de altura y se introdujo en un filtro de tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro, el área del filtro es de 81.71 cm².

En este estudio se redefinió el tamaño de los piroclastos debido a que las 200 micras son difíciles de obtener a través de molidos artesanales y especialmente debido a que sería muy difícil lavar un filtro con ese tamaño de material. Por estas razones se prefirió investigar las propiedades mecánicas e hidráulicas en un tamaño mayor, que es el retenido en el Tamiz N°4 y proporciona un grano mayor o igual a 4750 micras.

En esta investigación se pretende definir las características hidráulicas y mecánicas de los lechos de piroclastos de Chimborazo, con tamaños mayores o iguales a 4750 micras de diámetro, consiste en filtrar agua a caudal constante con tres cargas hidráulicas diferentes, utilizando filtros de PVC 4 pulgadas, para mejorar la calidad de agua de la comunidad de Tamaute.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los lechos de piroclastos mayores o iguales de 4750 micras de diámetro del Chimborazo para mejorar la calidad de agua de la comunidad de Tamaute.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el análisis físico-químico y microbiológico del agua de la Vertiente el Soltero que provee a la comunidad de Tamaute.
- Obtener la muestra de piroclastos con los tamaños de grano adecuados a la muestra de agua.
- Realizar las pruebas de filtración para determinar: la conductividad hidráulica y la densidad del piroclasto.
- Determinar los parámetros de calidad de agua potable de acuerdo a los métodos y técnicas definidas: pH, Conductividad, Color, Sólidos Disueltos Totales, Dureza Total, Turbidez, Coliformes Totales.
- Evaluar la eficiencia de los filtros.

3. ESTADO DEL ARTE

El Ingeniero Henry Darcy realizó un experimento utilizando una tubería horizontal, en donde observo el movimiento del agua a través de un medio filtrante. El autor considera a la tubería como un permeámetro con flujo de agua constante. Este permeámetro presenta en su extremo un depósito elevado a nivel constante y el otro extremo hay un grifo que se regula el caudal ver Figura 1. (Sánchez, 2017)

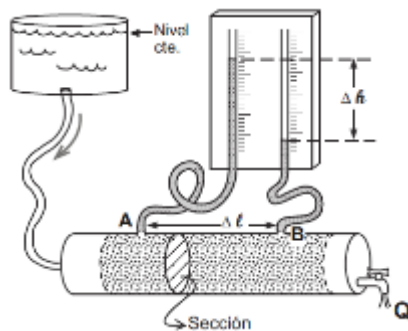


Figura 1. Permeámetro de carga constante
Fuente: (Sánchez, 2017)

$$Q = \text{Caudal}$$

$$\Delta h = \text{Diferencia de Potencial entre A y B}$$

$$\Delta l = \text{Distancia de Potencial entre A y B}$$

$$\text{Gradiente Hidráulica} = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

Darcy repitió el experimento con varios materiales porosos y cambiando las variables de: altura del lecho(A_l) y la altura de la carga hidráulica(A_h) la ecuación 1 no cambia, pero la permeabilidad k posee características propias en cada material filtrante.

$$Q = K * \text{Sección} * \frac{\Delta h}{\Delta l} \quad \text{Ec. 1}$$

3.1 Piroclastos y su clasificación

Según Cunalata (2017), los piroclastos son fragmentos de lava expulsados por los volcanes, tamaños menores de (0.001 a 2mm) es la ceniza, lapilli (2 a 64 mm) y bloques mayor a de 64 mm. Su textura es hipocristalina esta rodeado de cristales por toda la roca.

Guzmán (2018), investigó sobre la caída de piroclastos de Chimborazo, donde analizan las propiedades físicas, químicas y su geología asociadas al proceso eruptivo. Su clasificación del tamaño de piroclasto son las siguientes:

Tabla 4. Clasificación del piroclasto según su tamaño.

| Tamaño del grano(mm) | Depósitos volcánicos primarios no consolidados |
|-----------------------------|---|
| <1/16 | Ceniza extremadamente fina |
| 1/6-1/8 | Ceniza muy fina |
| 1/4-1/2 | Ceniza media |
| 1/2-1 | Ceniza gruesa |
| 1-2 | Ceniza muy gruesa |
| 2-4 | Lapilli fino |
| 4-16 | Lapilli medio |
| 16-64 | Lapilli grueso |
| >64 | Bloque/Bomba |

Fuente: (Guzmán, 2018)

3.2 Conductividad Hidráulica de los piroclastos.

Según Barbecho & Calle (2012), indicaron que la conductividad hidráulica es una propiedad de los medios porosos que obedece a la permeabilidad. La permeabilidad es la capacidad de transmitir un fluido a través de porosidad y del grado de saturación que este tenga.

Según Polo, Lafuente, & Giráldez (2003), afirmaron que la conductividad hidráulica saturada k_s , como un parámetro físico determinante del suelo. Además, sus procesos son la infiltración y la generación de escorrentía o transferencia de flujo.

3.2 Eficiencia del filtro

Sanhueza, Valenzuela, Palma, Araneda, & Calderón (2011), realizaron investigaciones los estudiantes de la Universidad de Chile. Concluyen que determinados suelos producto de la actividad volcánica a lo largo de los años y estudios como porosidad, área superficial y densidad han podido suponer que estos materiales, pueden considerarse un material como filtro en la depuración de aguas residuales domésticas.

Mallamas & Páliz (2018), implementaron un filtro de arena para mejorar la calidad del agua, su purificación es un método lento, mediante cual se hizo un proceso físico-biológico, para retirar impurezas coloidales, reducción de bacterias y virus.

Según Vásconez (2017), utilizó un filtro con piedra pómez para el tratamiento de aguas residuales, se determinó que puede ser un material filtrante que permite una reducción significativa por su alta porosidad, el lecho de piedra pómez retiene más sólidos que un lecho de arena por su porosidad media del 90% que le permite flotar en el agua.

Carrillo & Quintero (2013), explicaron en porcentajes el índice de gestión de la calidad del agua, si es mayor que el 67% está en buenas condiciones, cuando el 33% es menor indica que su calidad es deficiente y con condiciones regulares si su valor es intermedio.

La norma NTE INEN 1108 (2014), establece requisitos para el consumo de agua potable en lugares privados y públicos, a continuación la tabla contiene rangos máximos permitidos que son:

Tabla 5. Características físicas y microbiológicas

| Parámetros | Unidad | Límite máximo permitido |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| pH | [H] ⁺ | 6.5 – 8.5 |
| Conductividad | μS/cm | 50-1500 |
| Color | upt-co | 15 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 500 |
| Dureza total | mg CaCO ₃ /l | 300 |
| Turbidez | NTU | 5 |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | < 2 |

Fuente: (NTE INEN, 1108)

4. METODOLOGÍA

En el siguiente diagrama se muestra el proceso sistemático que se siguió para realizar esta investigación.

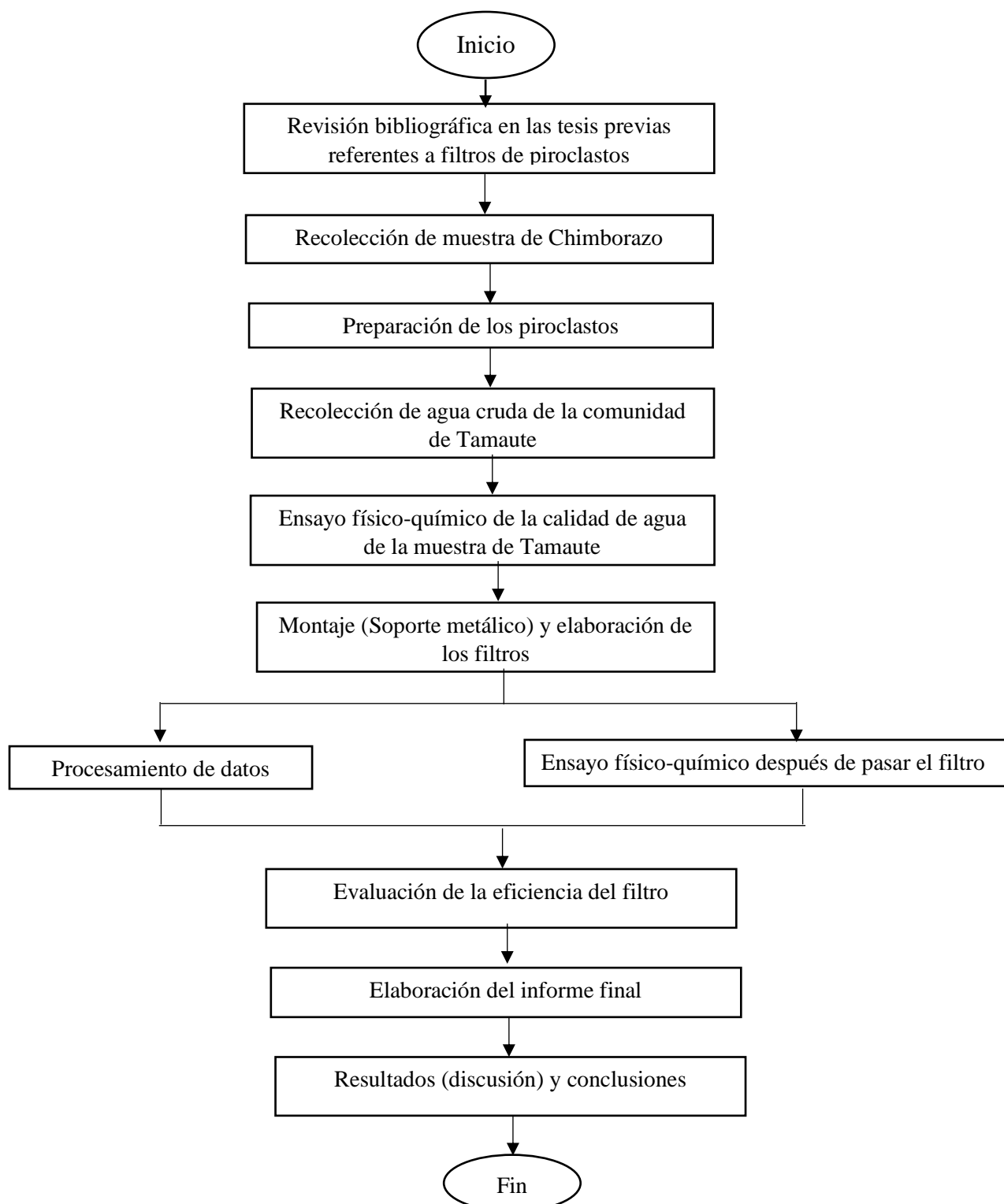


Figura 2. Esquema metodología planteada
Fuente: Elaborado por Donoso y Páez

Se realizará los ensayos físicos, químicos, microbiológicos e hidráulicos con agua cruda en la comunidad de Tamaute mediante filtros de PVC de 4 pulgadas de diámetro con piroclasto de Chimborazo mayores o iguales a 4750 micras.

Se definió tres cargas hidráulicas constantes ($H_1=1\text{cm}$), ($H_2=11.2\text{ cm}$) y ($H_3=22.2\text{ cm}$) a diferentes alturas y diferentes intervalos de tiempos establecidos. Mediante una medición del filtro de PVC de 4 pulgadas ver Figura 6.

4.1 Ubicación de Tamaute

La comunidad de Tamaute se encuentra en las coordenadas en x 768681, coordenadas en y 9818313 a una altura de 2513 msnm, cerca de la parroquia de Cubijés, en donde se realizará la toma de muestra de agua cruda y filtrada.



Figura 3. Depósito de agua cruda de la vertiente el soltero ubicada en la comunidad de Tamaute.

Elaborado por: Danny Nilve

4.2 Ubicación de los piroclastos

El piroclasto del Chimborazo se recolectó en las coordenadas en x 739394 y coordenadas en y 9831844, a una altura de 4015 msnm, vía a San Juan - Guaranda, Se escoge los piroclastos de color gris la cual no tiene impurezas en los poros, mientras los blancos podrían tener alto contenido de feldespatos aportando con más calcio a la dureza y las rojas por su alto contenido de hierro que podrían aportar con más contaminantes.



Figura 4. Ubicación de la roca volcánica del Chimborazo
Elaborado por: Danny Nilve

4.3 Técnica de trituración y tamizado

La muestra fue recolectada en sacos de yute, se llevó a un proceso de trituración por medio de una máquina mecánica de trituración hasta obtener 10 kg de muestra de 3/4" y 3/8", en donde se somete al proceso de tamizado en los laboratorios de la UNACH.

El tamaño del grano del piroclasto se filtró por tamiz N° 3/8 (950 μm) y N° 4 (4750 μm); para eliminar exceso de material, escogiendo los granos retenidos en el tamiz N° 4, en una cantidad aproximada de 5 kg, que será utilizado para cada ensayo. Este proceso se lo realizó en los laboratorios de la UNACH.

4.4 Técnica de limpieza del lecho

Los piroclastos recolectados se colocarán en una tina con agua, donde se deberá lavarlo durante 10 minutos para quitar las impurezas adheridas a la roca. Finalmente se deja secar al ambiente por 2 horas.

4.5 Elaboración del soporte metálico



Figura 5. Soporte metálico
Elaborado por: Adriana Páez y Felipe Donoso

Descripción

El soporte metálico cuenta con dimensiones comerciales (100x165x30) cm y consta de los siguientes pasos:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1.Tapa del filtro | 7.Llave H ₂ (intermedia) |
| 2.mangera de nivel media pulgada | 8.Llave H ₃ (final) |
| 3.Caudal de entrada | 9.Aforo del bidón de 15 litros |
| 4.Bidones de 20 litros | 10.Filtro de Chimborazo |
| 5.Tabla de 100x56(cm) | 11.Caudal de salida cerrado |
| 6. Llave H ₁ (inicial) | 12.Abrazaderas |

4.6 Técnicas de ensayos mecánicos.

4.6.1 Proceso para obtención de la densidad de la roca volcánica

En el estudio se realiza diferentes actividades para la obtención la densidad de la roca volcánica tal como se lo demuestra a continuación:

- Pesar el filtro vacío con la ayuda de una balanza estandarizada modelo EK5055 con capacidad máxima de 5 kg.
- Se procede a agitar y sopletear el material con la finalidad de quitar el exceso de ceniza volcánica adherida en los poros de la roca antes de introducir el piroclasto en los filtros.
- Marcar la altura del lecho a 17 cm desde borde inferior.
- Se coloca adecuadamente y con cuidado el piroclasto dentro del filtro de PVC de 4" hasta la marca.
- Se lleva a pesar de nuevo el filtro más el piroclasto.

La diferencia entre el filtro vacío y con el piroclasto añadido se tendrá el peso del agregado, es decir:

$$P_{material} = P_{filtro+piroclasto} - P_{filtro\ vacio}$$

$$P_{material} = 3001g - 1640 g$$

$$P_{material} = 1361 g$$

Se determinó el área del filtro mediante su diámetro interno que es de 10.2 cm; que se lo calcula mediante la siguiente formula:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 10.2^2}{4}$$

$$A = 81.71cm^2$$

Finalmente conociendo la altura del lecho y el peso del material se obtiene su densidad:

$$d = \left(\frac{P_{material}}{A * altura\ del\ lecho} \right)$$

$$d = \left(\frac{1361 g}{(81.7128 cm^2 * 17 cm)} \right)$$

$$d = 0.98 g/cm^3$$

4.7 Ensayo hidráulico con agua cruda realizado en Tamaute

Los resultados generales de las pruebas de carga constante (H_1 , H_2 y H_3) y la altura del lecho (material piroclasto), se obtendrán a diversos tiempos considerando los siguientes factores:

Tabla 6. Propiedades físicas de muestreo

| Factores | Unidad |
|--|--------------------|
| Coefficiente de permeabilidad (k) | (cm/min); |
| Volumen total de agua (Q) | (cm ³) |
| Distancia que debe recorrer el fluido al interior de la masa del material (L) | (cm) |
| Área de la sección transversal de la muestra (A) | (cm ²) |
| Pérdida de carga hidráulica (h) | (cm) |
| Tiempo en el cual se recoge el agua (t) | (min) |

Elaborado por: Diego Quintana

Una vez determinado el peso del piroclasto se procede a realizar el ensayo hidráulico con el agua cruda de la comunidad de Tamaute. Para este proceso se deberá seguir los siguientes pasos:

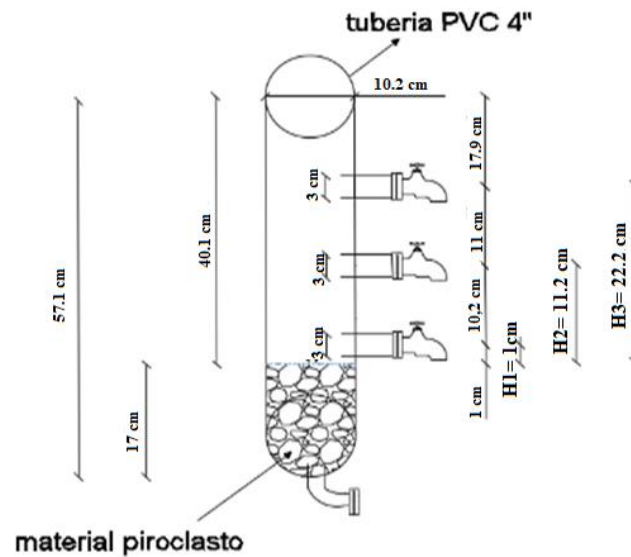


Figura 6. Esquema del filtro
Elaborado por: Diego Quintana

- Durante 1 minuto se debe agitar el piroclasto con la ayuda de un recipiente de 2.5 litros perforado en la parte inferior. El proceso de la agitación se repetirá por cinco veces para quitar el exceso de ceniza volcánica adherida a los poros de la roca.
- Sopletear el piroclasto a 10 cm, con una secadora de pelo en frío de 1600 watts durante un minuto y repetirlo por 5 veces.
- Colocar la rejilla metálica de separación de abertura de 1.5 mm y un diámetro interno de 7.3 cm en el fondo del filtro.
- Introducir el lecho de piroclasto limpio y seco a 17 cm, agitar con mucho cuidado el PVC de 4" para acomodar el material.
- Comprobar la altura del lecho de piroclasto (40.1 cm) por dentro con la ayuda de un flexómetro.

- La llave del caudal de entrada debe estar cerrada para evitar fugas.
- Asegurarse de tener el nivel máximo (15 litros aforado) de agua en el bidón.
- Para la carga H_1 a 1 cm, la llave inicial (H_1) debe estar abierta y la llave intermedia (H_2) y final (H_3) del filtro deberán estar cerradas para permitir un flujo uniforme constante del agua.
- Para la carga H_2 a 11.2 cm, la llave intermedia (H_2) debe estar abierta y la llave inicial (H_1) y final (H_3) deberán estar cerradas.
- Para la carga H_3 a 22.2 cm, la llave final (H_3) debe estar abierta y la llave intermedia (H_2) e inicial (H_1) deberán estar cerradas.
- El bidón de recepción de agua debe estar vacío y limpio.
- Tener un cronómetro listo y las hojas de registro.
- Tomar las medidas de niveles del bidón azul, cada medio minuto.

4.8 Ensayos físicos, químicos y microbiológicos realizados en laboratorios

Las actividades que se ejecutaron para la realización de análisis en el laboratorio fueron las siguientes:

- Recolectar desde la captación el agua cruda basándose en parámetros técnicos de recolección de la Norma NTE INEN 2169 (2013).
- Consiguiente recolectar el agua filtrada por el piroclasto considerando la norma NTE INEN 2169 (2013).
- Finalmente, todas las muestras se transportarán a los laboratorios de la UNACH para el análisis físico químico y microbiológico del agua cruda y filtrada con piroclastos des Chimborazo según los parámetros del INGECAP.

4.9 Análisis Estadístico básico

En el presente estudio por medio del software Excel y Minitab se realizó un análisis estadístico básico en base a los resultados obtenidos en laboratorio, bajo los parámetros de las medias de cada conductividad, el error estándar de la media, las medianas y los límites máximo y mínimo.

La media es el promedio de los datos, que es la suma de todas las observaciones dividida entre el número de observaciones. (Minitab, 2018).

El error estándar de la media (EE de la media) estima la variabilidad entre las medias de las muestras que usted obtendría si tomara muestras repetidas de la misma población. (Minitab, 2018).

La mediana es el punto medio del conjunto de datos. El valor de este punto medio es el punto en el cual la mitad de las observaciones está por encima del valor y la otra mitad está por debajo del valor. (Minitab, 2018).

Lambe (2004), indica la siguiente tabla valores con respecto a la conductividad hidráulica:

Tabla N° 7: Valores de permeabilidad

| Grado de permeabilidad | Valor de K (cm/seg) | Valor de K(cm/min) |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Elevada | Superior a 10^{-1} | Superior a 6 |
| Media | 10^{-1} a 10^{-3} | 6 a 0.06 |
| Baja | 10^{-3} a 10^{-5} | 0.06 a 0.0006 |
| Muy baja | 10^{-5} a 10^{-7} | 0.0006 a 6×10^{-6} |
| Prácticamente impermeable | Menor de 10^{-7} | Menor de 6×10^{-6} |

Fuente: (Lambe, 2004)

Según Alvarado, Herrera, Portuquez, & Brolatto (2000), indicaron valores de la dureza del agua en base Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 8. Clasificación de la dureza del agua

| Dureza (CaCO₃/mg/L) | Tipos de agua |
|--|----------------------|
| 0 – 60 | Blanda |
| 61-120 | Moderadamente dura |
| 121-180 | Dura |
| >180 | muy dura |

Fuente: (Alvarado et al., 2000)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó varias muestras de la densidad del piroclasto de Chimborazo y el agua cruda de la comunidad de Tamaute antes de las pruebas de filtración de la Conductividad Hidráulica.

5.1 Densidad de los lechos del piroclasto del Chimborazo

Tabla 9. Datos de la densidad del piroclasto

| Muestras de densidad del piroclasto (g/cm ³) | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| 0.98 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.94 |
| 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.93 | 0.92 | 0.91 |
| 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.87 | 0.84 | 0.85 |

Elaborado por: Danny Nilve

5.2 Temperatura del Agua cruda de la Comunidad Tamaute

Tabla N° 10. Datos de la temperatura de agua de Tamaute

| Muestras de la temperatura del agua cruda (C°) | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 19 | 19 | 19 | 17 | 17 | 17 |

Elaborado por: Danny Nilve

Se analizó la conductividad hidráulica del piroclasto de Chimborazo retenido en el tamiz 4, en tres figuras a diferentes cargas constantes H_1 (1cm); H_2 (11.2 cm) y H_3 (22.2 cm).

En las figuras 7, 8 y 9, se localizan el tiempo acumulado (min) en las abscisas y la conductividad (cm/min) en las ordenadas. Cada figura corresponde a una de las tres cargas constantes.

Conductividad Hidráulica del piroclasto de Chimborazo, retenido en el tamiz # 4 (Cargas constantes H₁, H₂, H₃)

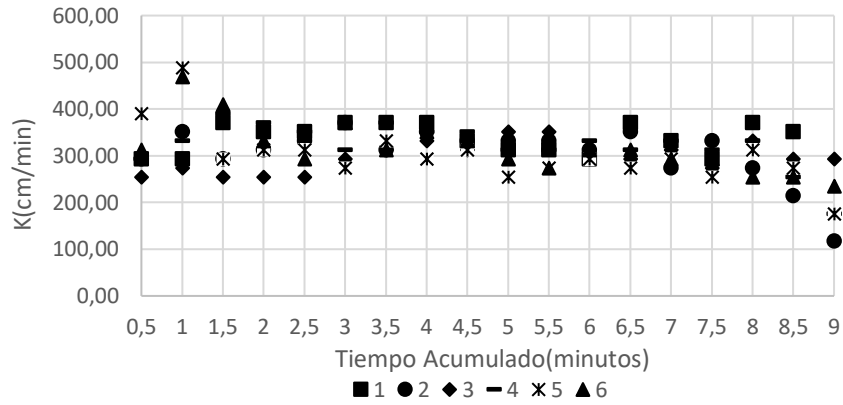


Figura 7. Conductividad Hidráulica (H₁=1 cm)

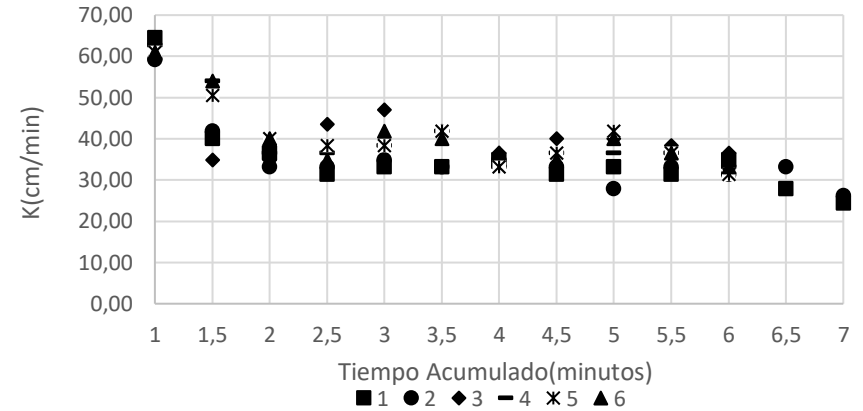


Figura 8. Conductividad Hidráulica (H₂=11.2 cm)

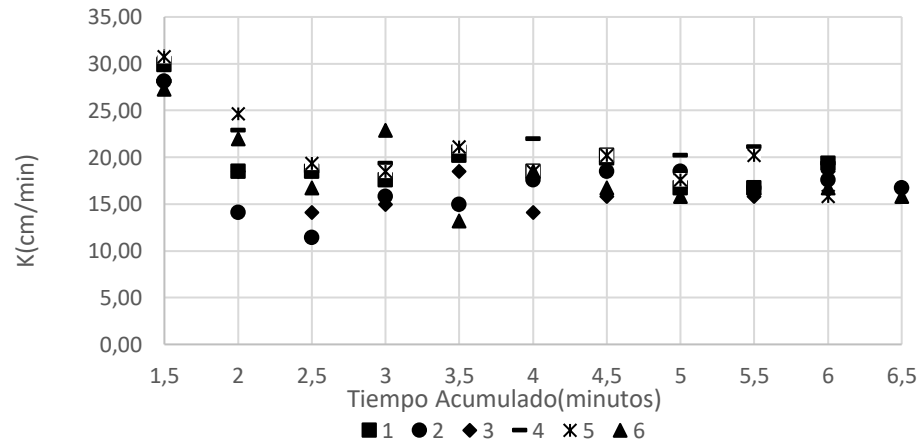


Figura 9. Conductividad Hidráulica (H₃=22.2 cm)

5.3 Análisis estadístico descriptivo

Tabla 11. Estadístico descriptivo de la conductividad hidráulica

| Variable | N | Media | Error estándar de la media | Mínimo | Mediana | Máximo |
|-------------------------|-----|--------|----------------------------|--------|---------|--------|
| K ₁ (cm/min) | 107 | 312.43 | 4.95 | 117.03 | 31.207 | 487.61 |
| K ₂ (cm/min) | 70 | 38.73 | 1.05 | 24.38 | 36.57 | 64.43 |
| K ₃ (cm/min) | 63 | 19.05 | 0.52 | 11.42 | 18.45 | 30.75 |

Fuente: Programa Minitab (Estadístico descriptivo)

Elaborado por: Danny Nilve

La media de la variable K₁(312.43 cm/min) es mayor que las conductividades K₂ (38.73 cm/min) y K₃(19.05 cm/min) por la variación de las alturas en la Ecuación 1 de la Ley de Darcy. La conductividad de un medio poroso cambia con la variación de las cargas hidráulicas, a mayor altura menor conductividad y a menor altura mayor es la conductividad.

Se observa valores de la conductividad hidráulica K₁, K₂ Y K₃ con diferentes cargas hidráulicas, comparando el grado de permeabilidad de la tabla 7 su conductividad es elevada, es superior a 6 cm/min.

Tabla 12. Valores de un experimento de la permeabilidad de material poroso grueso

| I | Q(cm ³ /s) | K(cm/s) | K(cm/min) |
|-------|-----------------------|---------|-----------|
| 1.179 | 8.886 | 0.049 | 2.94 |
| 1.991 | 12.103 | 0.066 | 3.96 |
| 2.081 | 12.444 | 0.068 | 4.08 |
| 2.894 | 15.061 | 0.082 | 4.92 |
| 3.119 | 15.800 | 0.087 | 5.22 |
| 3.796 | 17.597 | 0.097 | 5.82 |
| 4.022 | 19.914 | 0.099 | 5.94 |
| 4.924 | 20.614 | 0.113 | 6.78 |

Fuente: (Carrera & Pacheco, 2012)

Según Carrera & Pacheco (2012), realizaron un estudio experimental de permeabilidad mediante la Norma ASTM-D (2348-68) en lechos porosos con material triturado grueso de una pulgada de diámetro, su altura es de 23.14 cm, se observa rangos permeabilidad K(2.94 cm/min) y K(6.78 cm/min). La conductividad hidráulica es media.

5.4 Análisis de calidad del agua filtrada a través de lechos de piroclastos

Para evaluar la calidad del agua se debe comparar parámetros físicos (pH, conductividad, color y turbidez), químicos (sólidos disueltos totales, dureza total) y microbiológicos (coliformes totales) del agua cruda de la Comunidad de Tamaute con las cargas hidráulicas H₁, H₂ y H₃.

En la tabla 13 tenemos dos tipos de agua cruda ensayados en distintos días lo cual se comparará agua cruda 1 a H₁ y agua cruda 2 a H₂ y H₃, para evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad de agua.

Tabla 13. Análisis comparativo de la calidad del agua de la comunidad de Tamaute en el piroclasto del Chimborazo.

| CONTROL DE CALIDAD DE AGUA | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| Análisis Químico | Unidad | Agua Cruda | | Carga 1 cm | Carga 11.2 cm | Carga 22.2 cm | Norma INEN 1108 |
| | | agua cruda 1 | agua cruda 2 | H1 | H2 | H3 | Límites máximos permisibles |
| pH | [H] ⁺ | 7.38 | 7.31 | 7.61 | 7.61 | 7.6 | 6.5 – 8.5 |
| Conductividad | μS/cm | 984 | 959 | 962 | 978 | 956 | 50-1500 |
| Color | upt-co | 21 | 18 | 17 | 12 | 8 | 15 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/l | 492 | 479 | 481 | 489 | 478 | 500 |
| Dureza total | mg CaCO ₃ /l | 492 | 166 | 348 | 186 | 176 | 300 |
| Turbidez | NTU | 0.64 | 0.07 | 0.4 | 0.8 | 0.99 | 5 |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | 7 | 1 | 7 | 4 | <1(Ausencia) | < 2 |

Fuente: Laboratorios de Ingeniería Ambiental de la UNACH (2019)

Elaborado por: Danny Nilve

Se observa en la Tabla 13 la dureza total del agua cruda 1 es muy dura y agua cruda 2 es dura, porque hubo un cambio climático respecto a esos dos días de ensayo. Comparando mediante su filtración la carga hidráulica H_1 y H_2 el agua es muy dura y H_3 es agua dura según la tabla 8.

El agua cruda 1 a H_1 hay adsorción de dureza total por el lecho del piroclasto, mientras baja el nivel de dureza del agua filtrada, la adsorción no se observa, esto está relacionado con el proceso de difusión de los iones hacia la superficie del suelo, al aumentar la concentración de dureza en el agua filtrada hay una mayor difusión hacia el lecho volcánico.

El pH relativamente es el mismo en relación al agua cruda y a las cargas hidráulicas, por lo tanto, esta en base a la Norma INEN 1108 está dentro de los límites máximos permisibles para la calidad de agua potable.

La carga hidráulica H_3 posee mejor calidad de agua que las dos cargas (H_1 y H_2), elimina coliformes totales, los valores más bajos el color a (8 upt-co); conductividad (956 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos disueltos totales (478 mg/l). Sin embargo, se nota el incremento de la dureza (176 mg CaCO_3/l) y la turbidez (0,99 NTU).

Los parámetros de pH, Turbidez, Coliformes totales se le multiplica por 100 y Color por 10 para una mayor apreciación del agua cruda vs agua filtrada.

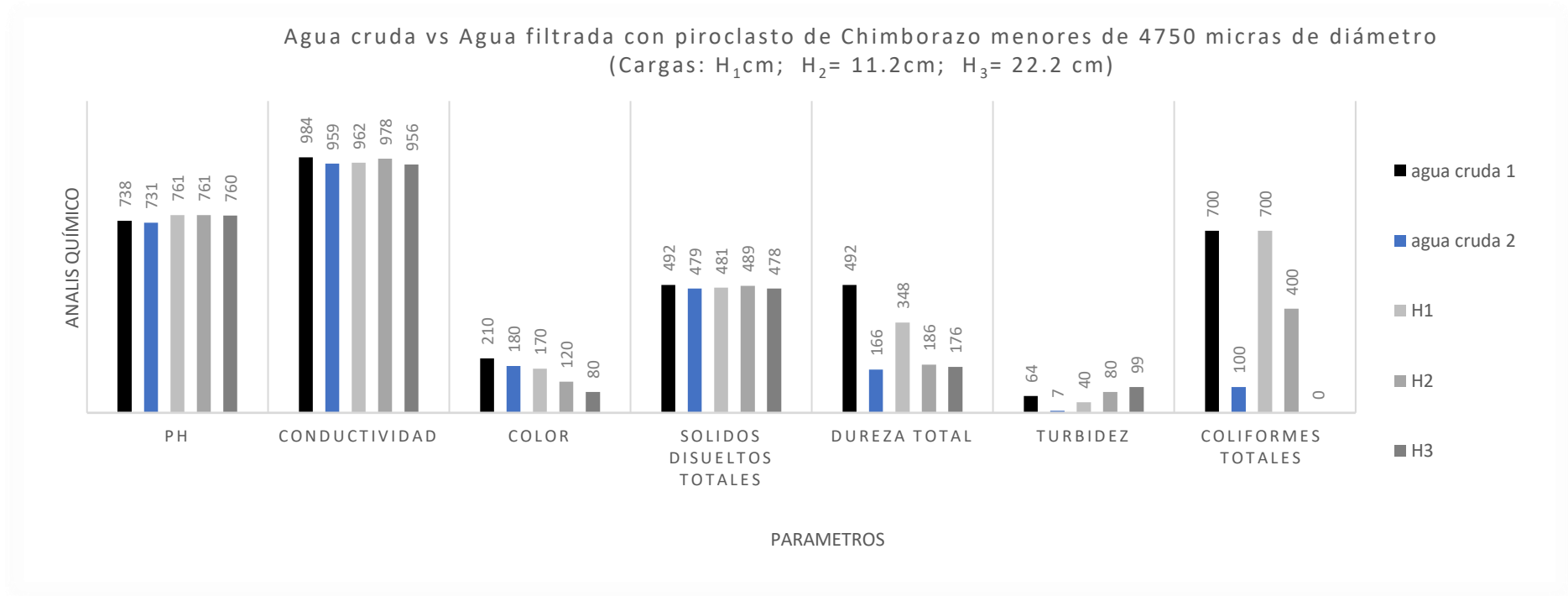


Figura 10. Análisis comparativo de los parámetros de la calidad del agua

Elaborado por: Danny Nilve

Al aumentar las cargas hidráulicas H_1 , H_2 en comparación con las Agua cruda 1 y Agua cruda 2 disminuye el color, y los parámetros físicos químicos y microbiológicos como el pH, conductividad solidos disueltos totales, turbidez y coliformes totales a diferentes alturas no hay un cambio significativo en la mayoría de parámetros analizados.

Las características físicas químicas y microbiológicas analizadas del agua de la comunidad de Tamaute, mejoran con la carga H_3 (22.2 cm), este resultado se debe a que la velocidad es más corta, pasa más tiempo en contacto en el agua contaminada con el lecho adsorbente, este es un fenómeno que golpea los sólidos para que exista una mejor depuración de agua con respecto a las cargas H_1 y H_2 .

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La calidad del agua de Tamaute mejora usando lechos de piroclasto del Chimborazo retenido en el tamiz # 4, a diferentes cargas hidráulicas H_1 (1 cm), H_2 (11.2 cm) y H_3 (22.2 cm), la carga hidráulica H_3 (22.2 cm) es la más eficiente porque elimina coliformes totales cuando el agua cruda tenía 1 NMP/100 ml. Al color le disminuye de 18 a 8 upt-co; a la conductividad le disminuye de 959 a 956 $\frac{\mu S}{cm}$. También los sólidos disueltos totales disminuyen de 479 a 478 mg/l. Sin embargo, se nota el incremento de la dureza de 166 a 176 mg $CaCO_3/l$ y de la turbidez de 0,07 a 0,99 NTU porque hay una mejor difusión hacia el lecho volcánico.
- La conductividad del piroclasto no es constante, depende de la variación de carga hidráulica, el resultado las medias de la conductividad hidráulica es K_1 (312.43 cm/min); K_2 (38.73 cm/min) y K_3 (19.05 cm/min). La conductividad es menor cuando la altura sea mayor de la carga hidráulica.

- Su variación de altura de las cargas hidráulicas es de 1 a 22.2 cm, teniendo como resultado un número de muestras de conductividad que varía de 63 a 107.
- Las conductividades hidráulicas K_1 (312.43 cm/min); K_2 (38.73 cm/min) y K_3 (19.05 cm/min), son elevadas para un piroclasto de Chimborazo retenido a 4750 micras, con respecto al estudio experimental de permeabilidad mediante la Norma ASTM-D (2348-68) que su conductividad es media con material triturado grueso de una pulgada de diámetro.

6.2 Recomendaciones

- Elaborar un filtro transparente para que se pueda observar internamente su comportamiento en el proceso de filtración del agua, mediante lechos porosos.
- Se recomienda lavar el material filtrante con sal y sopletar a presión durante varios días porque se desprende este es el proceso de meteorización porque está en contacto con el suelo.
- Continuar una investigación usando un filtro con varias capas de lechos y ensayar las propiedades físicas químicas y microbiológicas en varios días para un mejor desempeño de la calidad del agua.
- Tomar varias muestras de agua por épocas de clima normal y no de lluvia que puede afectar la calidad del agua.

7. REFERENCIAS

- Agreda, A. (2018). Proyecto Preliminar para asentamientos humanos forzosos de la Parroquia Josè Guango Bajo, tras posible erupción del volcán Cotopaxi nivel 4. *Universidad Central Del Ecuador*, (1), 43.
- Alvarado, Herrera, Portuquez, & Brolatto. (2000). *Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica*. (179), 452–459.
- ASTM-D, & 2348-68. (n.d.). Ensayo experimental de permeabilidad. In *Universidad Nacional de Colombia*.
- Barbecho, & Calle. (2012). Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la subcuenca del Río Tarqui. *Universidad de Cuenca*, 34,56.
- Carrera, & Pacheco. (2012). Estudio Experimental De Permeabilidad En Medios Porosos Gruesos. *Escuela Politécnica Del Ejército*.
- Carrillo, & Quintero. (2013). *Propuesta de dotaciones de agua potable para poblaciones menores a 150000 del Ecuador, basada en las características meteorológicas y socio económicas*. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Cordoba, & Barahona. (2019). rocas volcánicas de Ecuador.
- Cunalata. (2017). Universidad técnica de ambato facultad de ingeniería civil y mecánica carrera de ingeniería civil. *Universidad Técnica de Ambato*.
- Flores, & Quisnancela. (2016). Velocidad de infiltración del agua en el sub- suelo de Tamaute y Cubijíes, pertenecientes a los cantones guano Riobamba, respectivamente, asociado a la granulometría y a la textura de sus componente.

- Guzmán, A. (2018). *Dinamismo eruptivos de los periodos de actividad pertenecientes al pleistoceno tardio del Volcan Chimborazo, en base a las características de los piroclastos de caída de Totorillas.*
- INEC. (2010). Estadística Demográfica en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas. *Inec*, 86.
- INEN 2169. Agua, calidad de agua, muestreo manejo y conservación de muestras. , 2169 § (2013).
- Instituto Geofísico. (2018). *Características de los volcanes de Ecuador.*
- Lambe. (2004). *Mecánica de suelos -Lambe y Whitman.pdf.*
- Logroño, & Bautista. (2019). Lechos activados de rocas volcánicas de Chimborazo y Tungurahua para la retención de la dureza del agua. *Universidad Nacional de Chimborazo.*
- Mallamas, & Páliz. (2018). Implementación de un filtro lento de arena para mejorar la calidad de agua en la Escuela Comunitaria fiscal Chimborazo. *Escuela Politécnica Nacional.*
- NTE INEN. (1108). *Agua Potable. Requisitos. Nte Inen 1108.* (5), 1–10.
- Polo, Lafuente, & Giráldez. (2003). Variabilidad espacial de la conductividad hidráulica saturada en suelos de olivar y su influencia en el balance hidrológico global. *Estudios de La Zona No Saturada Del Suelo*, 6, 181–186.
- Sánchez. (2017). *Ley de Darcy. Conductividad hidráulica.* 1–14.
- Sanhueza, C., Valenzuela, P., Palma, J., Aráneda, O., & Calderón, K. (2011). Evaluación del comportamiento geotécnico de suelos volcánicos chilenos para su

uso como material de filtro en la depuración de aguas residuales domésticas.

Revista de La Construcción, 10(2), 66–81.

Vallejo, S. (2011). Distribución de las cenizas volcánicas Holocénicas-tardías en la costa de Ecuador. *Escuela Politécnica Nacional.*

Vásquez. (2017). *Análisis de la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de Faenamiento Ocaña del Cantón Quero.*

8. ANEXOS

8.1 Resultados de análisis de la calidad del agua de la Comunidad de Tamaute


LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
 Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012

N° SE: 150 - 19

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Danny Nilve **INFORME N°:** 150 - 19
EMPRESA: Proyecto de Tesis UNACH **N° SE:** 150 - 19
DIRECCIÓN: Araujo Chiriboga y Monseñor Edeberto Ordoñez
TELÉFONO: 0990273478 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 22 - 11 - 19
FECHA DE INFORME: 27 - 11 - 19

NÚMERO DE MUESTRAS: 3, Agua filtrada, Tamiz 4, Tamaute **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN:

| | | |
|--------------|---|------|
| MA - 400 -19 | Muestra 1 Chimborazo carga hidráulica = 1 cm | Agua |
| MA - 401 -19 | Muestra 2 Chimborazo carga hidráulica = 11,2 cm | Agua |
| MA - 402 -19 | Muestra 3 Chimborazo carga hidráulica = 22,2 cm | Agua |

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 400 -19

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|-------------|-------------------|
| pH | - | PE-LSA-01 | 7,61 | +/- 0,06 | 22 -11 -19 |
| Conductividad | µS/cm | PE-LSA-02 | 962 | +/- 8 % | 22 -11 -19 |
| * Color | Upt-co | STANDARD METHODS 2120 C | 17 | N/A | 22 -11 -19 |
| * Sólidos Disueltos Totales | mg/l | STANDARD METHODS 2540 - C | 481 | N/A | 22 -11 -19 |
| * Dureza Total | mg CaCO ₃ /l | STANDARD METHODS 2340 - C | 348 | N/A | 22 -11 -19 |
| * Turbidez | NTU | STANDARD METHODS 2130 B | 0,40 | N/A | 22 -11 -19 |
| * Coliformes totales | NMP/100 ml | STANDARD METHODS 9221 - C | 7 | N/A | 22 -11 -19 |



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con certificado No. SAE LEN 17-012



N° SE: 156 - 19

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Danny Nilve **INFORME N°:** 156 - 19
EMPRESA: Proyecto de Tesis UNACH **N° SE:** 156 - 19
DIRECCIÓN: Araujo Chiriboga y Monseñor Edelberto Ordoñez
TELÉFONO: 0990273478 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 10 - 12 - 19
FECHA DE INFORME: 12 - 12 - 19

NÚMERO DE MUESTRAS: 2. Agua filtrada, Tamiz 4, Tamaute **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN:
 MA - 412 - 19 Muestra 2 Chimborazo carga hidráulica = 11,2 cm Agua
 MA - 413 - 19 Muestra 3 Chimborazo carga hidráulica = 22,2 cm Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 412 - 19

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|----------|-------------------|
| pH | - | PE-LSA-01 | 7,61 | +/- 0,08 | 10 - 12 - 19 |
| Conductividad | µS/cm | PE-LSA-02 | 978 | +/- 8 % | 10 - 12 - 19 |
| * Color | Upt-co | STANDARD METHODS 2120 C | 12 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Sólidos Disueltos Totales | mg/l | STANDARD METHODS 2540 - C | 489 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Dureza Total | mg CaCO ₃ /l | STANDARD METHODS 2340 - C | 186 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Turbidez | NTU | STANDARD METHODS 2130 B | 0,80 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Coliformes totales | NMP/100 ml | STANDARD METHODS 9221 - C | 4 | N/A | 10 - 12 - 19 |

MA - 413 - 19

| PARÁMETROS | UNIDADES | MÉTODO/PROCEDIMIENTO | RESULTADO | U(K=2) | FECHA DE ANÁLISIS |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|----------|-------------------|
| pH | - | PE-LSA-01 | 7,60 | +/- 0,08 | 10 - 12 - 19 |
| Conductividad | µS/cm | PE-LSA-02 | 956 | +/- 8 % | 10 - 12 - 19 |
| * Color | Upt-co | STANDARD METHODS 2120 C | 8 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Sólidos Disueltos Totales | mg/l | STANDARD METHODS 2540 - C | 478 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Dureza Total | mg CaCO ₃ /l | STANDARD METHODS 2340 - C | 176 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Turbidez | NTU | STANDARD METHODS 2130 B | 0,99 | N/A | 10 - 12 - 19 |
| * Coliformes totales | NMP/100 ml | STANDARD METHODS 9221 - C | < 1 (Ausencia) | N/A | 10 - 12 - 19 |

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

