



**Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**“DISEÑO DE UN FILTRO CON PIROCLASTOS FINOS PARA LA  
PURIFICACIÓN DEL AGUA DE LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO  
(BAÑOS- TUNGURAHUA)”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**Ingeniera en Biotecnología Ambiental**

**PRESENTADO POR:**

**Liliana Rocío Bastidas Sarabia.**

Quisiera extender un sincero agradecimiento al Ing. Alfonso Arellano por brindarme todo el apoyo necesario para que este proyecto de tesis haya concluido.

De igual forma a la Dra. Gina Álvarez y al Dr. Gerardo León, asesores de tesis por compartir sus conocimientos y ser partícipes del desarrollo de este trabajo.

A mis padres y mi hija por brindarme su apoyo en todo momento y ser el pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos y amigos por estar siempre en las buenas y en las malas y aquellos compañeros que me estuvieron apoyando incondicionalmente en lo largo de mi carrera gracias.

**FIRMAS DE LOS RESPONSABLES Y NOTAS**

**FIRMA**

**FECHA**

**Dr. Edmundo Caluña**  
DECANO FACULTAD  
DE CIENCIAS

.....

.....

**Dr. José Vanegas**  
DIRECTOR DE LA  
ESCUELA DE CIENCIAS  
QUÍMICAS

.....

.....

**Ing. Alfonso Arellano**  
DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

**Dra. Gina Alvarez**  
MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL

.....

.....

**Dr. Gerardo León**  
MIEMBRO DEL  
TRIBUNAL

.....

.....

**Sr. Carlos Rodríguez**  
DIRECTOR DEL Dpto.  
DE DOCUMENTACIÓN

.....

.....

**NOTA DE TESIS ESCRITA**

.....

"Yo **Liliana Rocío Bastidas Sarabia**,  
soy responsable de las ideas,  
doctrinas y resultados expuestos en  
esta tesis, el patrimonio intelectual  
de la tesis de grado pertenece a la  
Escuela Superior Politécnica de  
Chimborazo".

---

Liliana Rocío Bastidas Sarabia

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>msnm</b>	metros sobre el nivel del mar
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>H<sup>+</sup></b>	Iones Hidrógeno
<b>OH<sup>-</sup></b>	Iones Hidróxido
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>mm</b>	Milímetros
<b>cm</b>	Centímetros
<b>mg</b>	Miligramo
<b>g</b>	Gramo
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Q</b>	Caudal
<b>dH</b>	Carga Hidráulica
<b>dL</b>	Altura del Filtro
<b>dH/dl</b>	Gradiente Hidráulico
<b>K</b>	Conductividad Hidráulica
<b>E</b>	Eficiencia
<b>h</b>	Hora
<b>min.</b>	Minuto
<b>h</b>	Altura
<b>t</b>	Tiempo
<b>Vol.</b>	Volumen
<b>L</b>	Litro
<b>N-Org.</b>	Nitrógeno Orgánico

<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Nitrógeno Amoniacal
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitritos
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitratos
<b>Desv. Est</b>	Desviación Estándar
<b>UFC</b>	Unidad Formadoras de Colonias
<b>NTU</b>	Unidades Nefelométricas de Turbidez

## INDICE GENERAL

<b>INDICE DE ABREVIATURAS</b>	<b>5</b>
<hr/>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<hr/>	
<b>ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>14</b>
<hr/>	
<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<hr/>	
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>19</b>
<hr/>	
<b>PARTE TEÓRICA</b>	<b>21</b>
<hr/>	
1.1. ÁREA DE ESTUDIO	21
1.2. AGUA	21
1.3 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BACTERILÓGICOS	22
1.4. SISTEMA DE TRATAMIENTO	24
1.5 DEFINICIÓN DE PIROCLASTOS	30
1.6 LEY DE DARCY	31
<hr/>	
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>35</b>
<hr/>	
2.1. MATERIALES	35
2.2. APARATOS Y EQUIPO	35
2.3. REACTIVOS	36
2.4. MÉTODOS	36

**PARTE EXPERIMENTAL** **42**

---

3.1. TOMA DE MUESTRAS DE PIROCLASTOS	42
3.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL FILTRANTE	42
3.3. DETERMINACIÓN DEL PAQUETE DEL FILTRO	43
3.4. CONTROL DEL CAUDAL DEL FILTRO	44
3.5. AFINAMIENTO DEL FILTRO	47
3.6. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE FILTRACIÓN	47
3.7. FILTRACIÓN DEL AGUA DE LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO	48
3.8. FILTRO REQUERIDO POR LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO	49

**RESULTADOS** **51**

---

4.1. EFICIENCIA DEL FILTRO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN (AGUA DE RIEGO)	51
4.2. EFICIENCIA DEL FILTRO CON DOS CAUDALES (Agua de Riego)	57
4.3. FILTRACIÓN DEL AGUA DE SAN FRANCISCO	64
4.4. DIMENSIONES DEL FILTRO REQUERIDO PARA LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO.	66

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** **68**

---

5.1. CONCLUSIONES 68

5.2. RECOMENDACIONES 70

**RESUMEN** **72**

---

**SUMMARY** **74**

---

**ANEXOS** **75**

---

ANEXO 1. Mapa de Localización de la Comunidad de San  
Francisco 77

ANEXO 2. Norma INEN para 108...2006. para agua potable  
y consumo humano 79

ANEXO 3. Fotos 83

**BIBLIOGRAFÍA** **88**

---

# **INTRODUCCIÓN**

## **Introducción**

El agua encontrada en estado natural presenta sustancias disueltas y en suspensión, estas sustancias pueden causar contaminación y limitar su uso.

En muchos casos el agua cruda es consumida por seres humanos, sin un previo tratamiento. En nuestro país un sinnúmero de comunidades pequeñas no cuentan con una planta de agua potable, por lo que estas personas son propensas a contraer enfermedades.

Uno de los procesos de tratamiento de agua es la filtración el mismo que separa un sólido suspendido del líquido, al hacerlos pasar a través de un medio poroso por el cual el líquido puede penetrar fácilmente.

El presente estudio tiene como propósito la purificación del agua de la Comunidad de San Francisco mediante la filtración, utilizando los piroclastos del volcán Tungurahua como material filtrante.

Los piroclastos se encuentran en grandes cantidades, lo cual permitirá que los costos para la implementación de este filtro sean económicamente bajos, beneficiando así a las comunidades que no cuentan con el servicio de agua potable.

Esta investigación trata de determinar la eficiencia que da un filtro de piroclastos en la purificación del agua.

Este trabajo se realizó a nivel de campo y laboratorio obteniendo resultados para la verificación del

funcionamiento del filtro, pues se realizaron análisis tanto del agua no filtrada como del agua filtrada.

**ANTECEDENTES Y  
JUSTIFICACIÓN**

## **Antecedentes**

En la población de San Francisco parroquia perteneciente a la ciudad de Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua en la actualidad no disponen de agua potable.

San Francisco cuenta con un sin número de fuentes pero los habitantes consumen el agua natural sin un previo tratamiento. La calidad de dicha agua es desconocida ya que no ha tenido ningún tipo de análisis químico, físico y microbiológico. Estas personas son propensas a contraer enfermedades por condiciones deficientes de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene.

El sistema de Agua que tiene la comunidad de San Francisco es una instalación que consta de un tanque de captación, el cuál se encuentra a la intemperie, siendo conducida a los domicilios en condiciones no aptas.

En épocas de lluvia el agua es de mala calidad cuando se mezcla con las escorrentías.

Para mejorar este inconveniente se utilizará piroclastos provenientes del volcán Tungurahua. Los cuales serán utilizados como material de filtración para la implementación de un filtro, obteniendo así agua segura para los pobladores

## **Justificación**

La fuente de captación que posee la comunidad de San Francisco abastece alrededor de 520 personas.

En la actualidad el agua cruda que consume la población, puede presentar sustancias disueltas y en suspensión.

Siendo su principal problema la deficiencia del sistema que afecta la calidad del agua, impidiendo que esta sea adecuada para numerosos fines.

La finalidad de este proyecto es mejorar la calidad del agua, mediante el diseño de un filtro con piroclastos finos, cumpliendo con los límites permisibles establecidos por el INEN para que está sea apta para el consumo humano, teniendo en cuenta las técnicas que se debe emplear como: las pruebas in- situ y las pruebas llevadas al laboratorio.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Diseño de un filtro con piroclástos finos para la purificación del agua de la comunidad de San Francisco en la ciudad de Baños de Agua Santa (Tungurahua).

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas del agua de Vizcaya.
- Diseñar un sistema de filtración usando piroclástos, de un tamaño menor a 2 cm, como material filtrante.
- Determinar la eficiencia del filtro.
- Establecer los diferentes cálculos para el diseño del filtro.

# **HIPÓTESIS**

## **Hipótesis**

El diseño de un filtro utilizando piroclastos como material filtrante, mejora la calidad del agua.

# **PARTE TEÓRICA**

## **CAPÍTULO I**

### **1. PARTE TEÓRICA**

#### **1.1. ÁREA DE ESTUDIO**

**San Francisco** es una parroquia en Ecuador perteneciente al cantón de Baños de Agua Santa, localizada en el sector meridional de la provincia de Tungurahua, capital del cantón homónimo, en el centro este del país. Está situada a 1.825 metros sobre el nivel del mar.

##### **1.1.1. Clima**

El clima en San Francisco es por general cálido- húmedo, superior a los 20°C.

##### **1.1.2. Población**

La población actual de la Comunidad es 250 habitantes, su toma de agua se encuentra ubicada a una distancia de 500 m desde el centro de la comunidad y a una altura de 1724 m sobre el nivel del mar.

#### **1.2. AGUA**

##### **1.2.1 Agua Potable**

Es el agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. (2)

"Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano". (2)

Las causas de la no potabilidad del agua son la presencia de:

Bacterias, virus;

Minerales (en formas de partículas o disueltos),  
productos tóxicos;

Depósitos o partículas en suspensión. (6)

### **1.2.2. Agua Cruda**

Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas." (2)

### **1.2.3. Agua Superficial**

Es el agua naturalmente expuesta a la atmósfera, como en los ríos, lagos, reservorios, pozos, flujos, mares, estuarios.

Agua procedente de la lluvia, deshielos o nieve, que corre en la superficie de la tierra por los ríos y arroyos, y se dirige al mar.

## **1.3 PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS**

### **1.3.1. pH**

Término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de la disolución. El término (del francés *pouvoir hydrogène*, 'poder del hidrógeno') se define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno,  $H^+$ , cambiado de signo:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

donde  $[\text{H}^+]$  es la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. Debido a que los iones  $\text{H}^+$  se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , el pH también se expresa a menudo en términos de concentración de iones hidronio.

En agua pura a 25 °C de temperatura, existen cantidades iguales de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y de iones hidróxido ( $\text{OH}^-$ ); la concentración de cada uno es  $10^{-7}$  moles/litro. Por lo tanto, el pH del agua pura es  $-\log (10^{-7})$ , que equivale a 7.

### **1.3.2. Dureza**

Las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua. La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de ceolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

### **1.3.3. Turbiedad**

Materia en suspensión en las aguas superficiales (lagunas, cursos de agua, lagos) acumulada luego de una tormenta de lluvia. (4)

#### **1.3.4. Nitratos**

No hay índice de color visible, olor o sabor del agua. En concentraciones superiores a 10,0 ppm como N, los nitratos se consideran un riesgo para la salud. (8)

#### **1.3.5. Sólidos Suspendidos**

Son las partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución. (4)

#### **1.3.6. Conductividad**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, y concentraciones relativas así como de la temperatura de la medición. (4)

#### **1.3.7. Coliformes Totales y Fecales**

Los coliformes fecales y totales en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras. (4)

### **1.4. SISTEMA DE TRATAMIENTO**

**Tratamiento Primario:** se refiere a las unidades de operación física por ejemplo: las rejillas, filtros de arena, etc.

#### **1.4.1. Filtración**

Es un medio físico y es el proceso que consiste en pasar el agua a través de un material filtrante como: arena, antracita o carbón activado.

El carbón activado es un material natural con millones de agujeros microscópicos que captura a los contaminantes presentes en el agua, teniendo la misma morfología los piroclastos. Por esta razón podría ser utilizado como material filtrante. (3)

El **filtro** de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. (3)

#### 1.4.1.1. La filtración de arena

La filtración de la arena se utiliza con frecuencia y es un método muy robusto para separar los sólidos suspendidos del agua.

Aplicaciones para la filtración de arena:

- Preparación de agua fría
- Tratamiento de aguas residuales
- Tratamiento de agua potable
- Filtración en piscinas
- Pre Filtración para sistemas de membrana
- Filtración de agua gris o de superficie (4)

Los filtros de arena son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente.

La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de filtración, etc.

Estos filtros se pueden fabricar con resinas de poliéster y fibra de vidrio, muy indicados para filtración de aguas de río y de mar por su total resistencia a la corrosión. También en acero inoxidable y en acero al carbono para aplicaciones en las que se requiere una mayor resistencia a la presión.

Una aplicación especial del filtro de arena es la separación del hierro en la superficie en el suelo o con el agua limpia. La instalación de la separación del hierro consiste en la aereación, oxidación y precipitación del hierro y el manganeso seguido por una separación de las partículas precipitadas con el filtro de arena.

Fig. #1: filtro de arena



Fuente: Frederick Veall

Cuando los filtros se cargan con las partículas, la dirección del flujo es invertida y el volumen del flujo se aumenta para limpiar el filtro de nuevo.

Los factores que afectan el funcionamiento de un filtro de arena son: calidad de agua, características de la arena, caudal, y la caída de presión admisible o hidráulica. (4)

a. Proceso de filtración

La filtración comprende dos fases: 1) filtración y 2) limpieza o regeneración. La filtración puede ser continua o semi continua. En el tipo semi continuo las fases de filtración y limpieza ocurren secuencialmente mientras que en el tipo continuo ocurren simultáneamente.

Filtración semi continua.- Las aguas pasan a través de una cama de material granular, con o sin químicos. Los sólidos suspendidos son removidos en este proceso a través de los siguientes mecanismos: tamizado, intercepción impacto, sedimentación, floculación y adsorción. La fase de filtración termina cuando los sólidos suspendidos en el efluente crecen hasta cierto nivel o cuando se alcanza una pérdida de carga limitante a través de la cama filtrante.

Entonces se debe lavar el filtro para remover los sólidos acumulados, para lo que se revierte el flujo de agua con suficiente caudal para que el material filtrante se expanda.

A medida que se incrementa la suciedad retenida se incrementa también la pérdida de carga del filtro. (1)

## b. Caudal

El tamaño de partículas mínimas que queda retenida en el filtro, es función del caudal que pasa a través del tamaño de la arena.

Normalmente los caudales oscilan entre 50 y 70 m<sup>3</sup> por hora de lecho filtrante.

En términos generales, estos filtros, trabajando con 60 m<sup>3</sup> / h por m<sup>2</sup> de lecho filtrante, son capaces de retener partículas 1/7 veces más pequeñas que el diámetro efectivo de sus arenas. Al aumentar el caudal, esta eficiencia disminuye. No se recomienda sobre pasar los 70 m<sup>3</sup>. Deberán instalarse como mínimo dos filtros y tantos filtros en paralelo como el caudal del agua a filtrar y la capacidad de cada filtro exija. (4)

## c. Perdidas de carga.

El aumento de la caída de presión tiende a ser lineal con el tiempo de filtrado. Se determina por lectura de manómetros.

Debe procederse a la limpieza del filtro instalando mecanismos de limpieza automáticos, cuando está se realiza dos o más veces al día

El filtrado se realiza a gravedad al atravesar el agua la arena del filtro en forma descendente. El proceso consta de tres acciones distintas:

- Tamizado en la capa superior de la arena.
- Filtrado en profundidad por adherencia.
- Sedimentación de partículas.

La granulometría recomendada para la arena es de 0.8 a 1.2mm. (4)

#### d. Instalación y Limpieza

El filtro de arena purifica el agua de tres formas:

1. La filtración. En este método, las partículas se separan físicamente de las aguas que ingresan al medio filtrante.
2. La adsorción química. En la adsorción química, los contaminantes se adhieren o son absorbidos a la superficie de la arena, dando lugar al crecimiento biológico. (4)

#### e. Principio de contra lavado/ retrolavado

Cuando aumenta mucho la pérdida de carga en el filtro, debe realizarse la limpieza del mismo. Dicha limpieza se realiza por inversión del flujo de agua, haciéndola circular de abajo a arriba. El lavado se realiza con agua limpia procedente de otros filtros o de un tanque de agua.

Con el contra lavado, el agua arrastra la suciedad acumulada en el filtro. El agua, cargada de suciedad, sale a través de la válvula de drenaje hacia el exterior. (4)

#### 1.4.1.2. Filtros de carbón activado

Se utilizan principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua. El sistema de funcionamiento es el mismo que el de los filtros de arena, realizándose la retención de contaminantes al pasar el agua por un lecho filtrante compuesto de carbón activo. Muy indicados para la filtración de aguas subterráneas. Se fabrican en acero inoxidable, en acero al carbono y en fibra de vidrio.

Los filtros se pueden diseñar con varios materiales filtrantes como arena, grava, carbón activo los cuales se parecen a los piroclastos porque tienen porosidades que adsorben las partículas sólidas purificando el agua. (4)

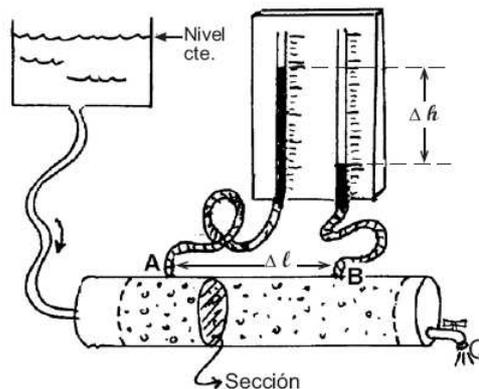
### 1.7 DEFINICIÓN DE PIROCLASTOS

Los **piroclastos** son fragmentos de lava expulsados por las explosiones volcánicas, que tienen tamaños variables desde finísimas partículas (<0,001 mm) hasta bombas o bloques de unos 5 m de diámetro. La nomenclatura empleada según su tamaño es **ceniza** (<0,001-2 mm), **lapilli** (2 - 64 mm) y **bombas o bloques** (>64 mm). Todas las bombas son del magma en erupción, es decir son de material **juvenil**. Cuando este material fresco es poroso y de composición basáltica se le denomina **escoria** y cuando es silíceo se le llama **pómez**. Escoria: < 60% de sílice y densidad > 1 g/cm<sup>3</sup>; pómez: > 60% de sílice y densidad < 1 g/cm<sup>3</sup>. Generalmente, los bloques son fragmentos angulosos de rocas, arrastrados desde las paredes del conducto eruptivo.

## 1.6 LEY DE DARCY

En 1856, en la ciudad francesa de Dijon, el ingeniero Henry Darcy fue encargado del estudio de la red de abastecimiento a la ciudad. Parece que también debía diseñar filtros de arena para purificar el agua, así que se interesó por los factores que influían en el flujo del agua a través de los materiales arenosos, y presentó el resultado de sus trabajos como un apéndice a su informe de la red de distribución. Ese pequeño apéndice fue la base de todos los estudios físico-matemáticos posteriores sobre los filtros.

Fig. #2: Permeámetro



Fuente: Sánchez Javier

Básicamente un permeámetro (fig. # 2) es un recipiente de sección constante por el que se hace circular agua conectando a uno de sus extremos un depósito elevado de nivel constante. En el otro extremo se regula el caudal de salida mediante un grifo que en cada experimento mantiene el caudal también constante.

Finalmente, se mide la altura de la columna de agua en varios puntos (como mínimo en dos, como en la Figura. Darcy encontró que el caudal que atravesaba el permeámetro era linealmente proporcional a la sección y al gradiente hidráulico.

*Gradiente* es el incremento de una variable entre dos puntos del espacio, en relación con la distancia entre esos dos puntos. Si la variable considerada fuera la altitud de cada punto, el gradiente sería la pendiente entre los dos puntos considerados.

Es decir: variando el caudal con el grifo y/o moviendo el depósito elevado, los niveles del agua en los tubos varía. Podemos probar también con permeámetros de distintos diámetros y midiendo la altura de la columna de agua en puntos más o menos próximos. Pues bien: cambiando todas las variables, siempre que utilicemos la misma arena, se cumple que:

$$Q = cte. \times Sección \times \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

Darcy encontró que utilizando otra arena (más gruesa o fina, o mezcla de gruesa y fina, etc.) y jugando de nuevo con todas las variables, se volvía a cumplir la ecuación anterior, pero que la constante de proporcionalidad lineal era otra distinta. Concluyó, por tanto, que esa constante era propia y característica de cada arena y la llamó *permeabilidad* (K).

Actualmente, la Ley de Darcy se expresa de esta forma:

$$q = -K \left( \frac{dh}{dl} \right)$$

donde:  $q = Q/\text{sección}$  (es decir: caudal que circula por  $m^2$  de sección)

$K =$  Conductividad Hidráulica

$dh/dl =$  gradiente hidráulico expresado en incrementos infinitesimales (el signo menos se debe a que el caudal es una magnitud vectorial).

Este medio es sumamente eficiente para remover el cloro, mal olor y sabor del agua, así como sólidos pesados (plomo, mercurio) en el agua. (5)

**MATERIALES**

**Y**

**MÉTODOS**

## **CAPITULO II**

### **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. MATERIALES**

- Muestra de agua
- Muestra de Piroclastos
- 2 bidones de 15 y 8 L
- 2 Llaves de agua de ½ plg.
- Cronómetro
- Vasos de precipitación de 100, 500 y 1000 mL
- Pipeta graduada de 10 mL
- Embudo
- Graduador
- Papel filtro
- Cajas petri

#### **2.5. APARATOS Y EQUIPO**

- Balanza analítica
- pH-metro
- Termómetro
- Conductímetro
- Baño maría
- Estufa
- Turbidímetro.
- Equipo de Absorción atómica
- Desecador

### 2.3. REACTIVOS

- Agua destilada
- Salicinato de Sodio
- Acido Sulfúrico concentrado
- Hidróxido de Sodio 10 N
- Hidróxido de Sodio 2.5N

### 2.4. MÉTODOS

#### 2.4.1. Temperatura

##### MÉTODO 2550 A. y MÉTODO 2550 B.

**Principio:** La lectura de cifras de temperatura se utiliza en el cálculo de diversas formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de la salinidad y en las operaciones generales de laboratorio. En los estudios limnológicos, con frecuencia se requieren temperaturas de agua en función de la profundidad. Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua calentada, pueden tener un impacto ecológico significativo. A menudo, la identificación de la fuente de aporte hídrico, como en los manantiales profundos, sólo es posible efectuando medidas de temperaturas. Las plantas industriales suelen pedir datos de temperatura del agua para uso sistemático o cálculos de transmisión de calor.

#### **2.4.2. Método de Muestreo**

Se muestrea tanto en campo como en laboratorio.

En Campo se muestreo en el tanque de captación de la Comunidad de San Francisco, mediante un recipiente de 15 L, y envases estériles para el análisis microbiológico.

En laboratorio se toma muestras del agua ya filtrada para sus respectivos análisis.

#### **2.4.3. pH (4500-H<sup>+</sup>B. Método Electrométrico)**

Principio: El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino por el que pasan burbujas de hidrógeno gaseoso a una presión de 101 KPa. Debido a la dificultad de utilizarlo y al potencial de intoxicación del electrodo de hidrógeno, se utiliza comúnmente el electrodo de vidrio.

#### **2.4.4. Conductividad (2510 A Método Conductométrico)**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad  
La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la

medición. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados. A la inversa, las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen una conductividad muy escasa o nula. La medición física practicada en una determinación de laboratorio suele ser de resistencia, medida en ohmios o mega ohmios.

#### **2.4.5. Turbiedad (2130 A Método Turbidímetro)**

El método para determinación de la turbidez se basa en el turbidímetro de Jackson; sin embargo el valor más bajo de turbidez que puede medirse directamente con este instrumento es de 25 unidades. Como la turbidez del agua tratada suele situarse en un intervalo de 0 a 1 unidades, también se desarrollaron métodos indirectos.

Por su precisión, su sensibilidad y su fácil aplicación a un amplio margen de turbideces, el método de nefelométrico resulta preferible a los métodos visuales y se expresa en forma de unidades nefelométricas de turbidez (NTU)

#### **2.4.6. Sólidos Suspendidos (Método Gravimétrico)**

Son los residuos filtrados del agua, desecados a la temperatura normalizada, y el aumento de peso en el papel filtro son los sólidos suspendidos.

#### **2.4.7. Nitratos** (4500- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>B. Método Espectrométrico ultravioleta selectivo)

Principio: La medida de la absorción Uv a 220nm hace posible la determinación rápida de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dado que la materia orgánica disuelta puede absorber a 220 nm y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no lo hace a 25 nm puede utilizar una segunda medida a 25 nm para corregir el valor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> esta corrección empírica dependerá de la naturaleza y concentración de la materia orgánica y puede variar de unas a otras.

#### **2.4.8. Determinación del Caudal** (Método Volumétrico)

Se realiza mediante el volumen y el tiempo.

Se inicia abriendo la llave del filtro y se recoge en un vaso de precipitación de 1000 mL, tomando en cuenta el tiempo que demora mediante un cronómetro.

Obteniendo los datos se procede al cálculo del  $Q = V/t$ .

#### **2.4.9. Método de Coliformes Fecales** (Método de Filtración por membrana)

Se coloca en el cabezal de la Rampa de filtración una membrana de 0.45 micras y en los conos 100 ml del agua y se procede a filtrar.

En una caja petri pequeña se añade el medio de cultivo (m-FC Médium with Rosolic Acid) y con una pinza estéril se toma la membrana, la misma que se coloca en la caja para luego ser encubada a 37°C por 24 horas.

#### **2.4.10. Método de Coliformes Totales** (Método de Filtración por membrana)

Se coloca en el cabezal de la Rampa de filtración una membrana de 0.45 micras y en los conos 100 ml del agua y se procede a filtrar.

En una caja petri pequeña se añade el medio de cultivo (m-ENDO) y con una pinza estéril se toma la membrana, la misma que se coloca en la caja para luego ser encubada a 37°C por 24 horas.

**PARTE**  
**EXPERIMENTAL**

## **CAPITULO III**

### **3. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **3.1. TOMA DE MUESTRAS DE PIROCLASTOS**

##### **3.1.1. Localización**

Los piroclastos se encuentran fácilmente en la antigua carretera Baños-Riobamba, desde la zona llamada "Los Pájaros" a 500m vía a Riobamba.

El material volcánico fue de fácil recolección, por encontrarse superficialmente ubicado a una altura de 2143msnm, al noroeste de la ciudad de Baños.

##### **3.1.2. Procedencia y Origen**

Los piroclastos son fragmentos de lava procedentes de la erupción del Volcán Tungurahua de agosto del 2006.

#### **3.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL FILTRANTE**

##### **3.2.1. Soplado**

La limpieza de los piroclastos se dio mediante un soplado con un compresor de Potencia de 5 Hp y una capacidad de 0-300 PSI.

Se tomó porciones de piroclastos (10 piedras) y se sopló por un lapso de 3 minutos. La boquilla del soplete se encontró cerca de los piroclastos a una distancia de 3 cm.

### **3.2.2. Lavado**

El lavado se ejecutó mediante agua a presión por un periodo de 5 minutos con 10 repeticiones.

Posteriormente se llevó a cabo un lavado manual para evitar un daño a los piroclastos, que por sus características porosas son de fácil destrucción.

### **3.2.3. Tamaño**

Se ha escogido los piroclastos de un tamaño mayor a un centímetro y menor a dos centímetros, los cuales fueron medidos con la ayuda de un calibrador.

## **3.3. DETERMINACIÓN DEL PAQUETE DEL FILTRO**

### **3.3.1. Introducción**

La determinación del paquete del filtro se realizó para conocer el volumen adecuado, ejecutándose varias pruebas a diferentes alturas (5, 10 y 15 cm) de filtro.

Obteniéndose distintos datos del caudal del agua en función del volumen del material filtrante.

Tabla 3.3.1 Peso del filtro a diferentes alturas.

Diámetro (cm.)	Altura (cm.)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso Filtro (Kg)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
23	5	2.077,38	1,58	760,71
23	10	4.154,76	3,16	760,53
23	15	6.232,13	4,75	762,20

### 3.3.2. Propiedades Hidráulicas del Paquete

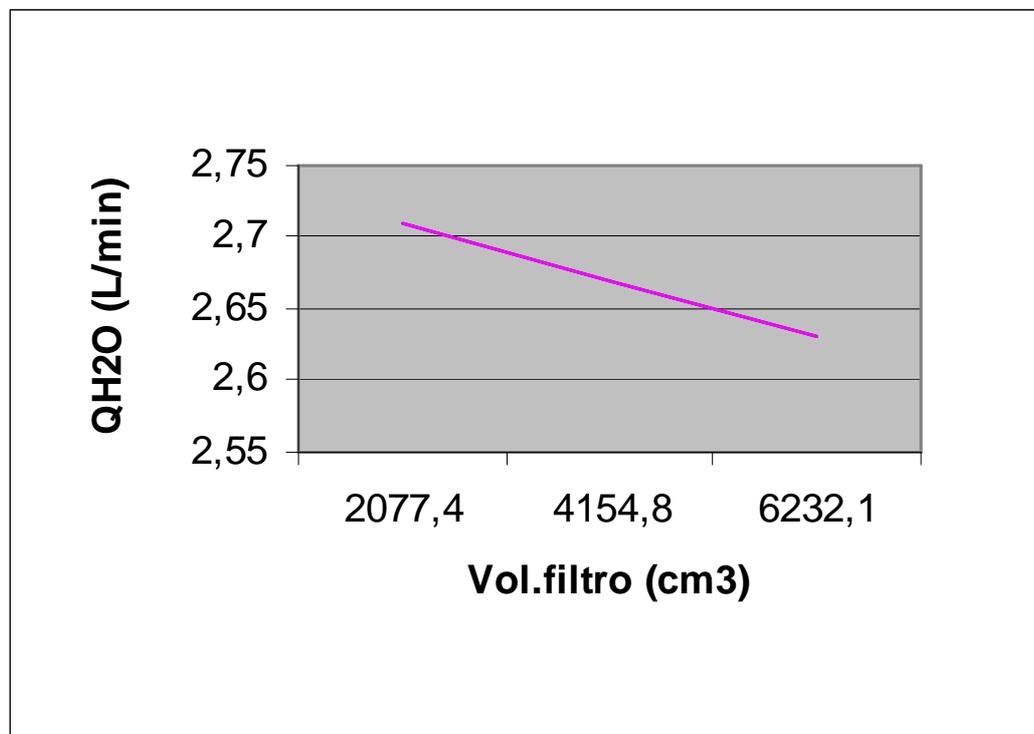
Tabla 3.3.2. Propiedades Hidráulicas del Paquete.

	BLANCO	FILTRO h=5cm	FILTRO h=10cm	FILTRO h=15cm
<b>Vol. Filtro (cm3)</b>	0	2.077,38	4.154,76	6.232,13
<b>Radio del filtro (cm)</b>	11,5	11,5	11,5	11,50
<b>dH(cm)</b>	22,5	22,5	22,5	22,50
<b>dl (cm)</b>		5	10	15
<b>dH/dl</b>		4,50	2,25	1,50
<b>t1(min)</b>	0,353	0,369	0,377	0,378
<b>t2(min)</b>	0,355	0,369	0,374	0,382
<b>t3(min)</b>	0,353	0,368	0,372	0,378
<b>t(promedio)</b>	0,354	0,369	0,374	0,379
<b>Vol. Agua (L)</b>	1	1	1	1
<b>Q(L/min)</b>	2,82	2,71	2,67	2,64
<b>K (L/min)</b>		0,60	1,19	1,76

La relación  $dH/dl$  es directamente proporcional al caudal o sea a mayor  $dH/dl$ , mayor caudal de agua.

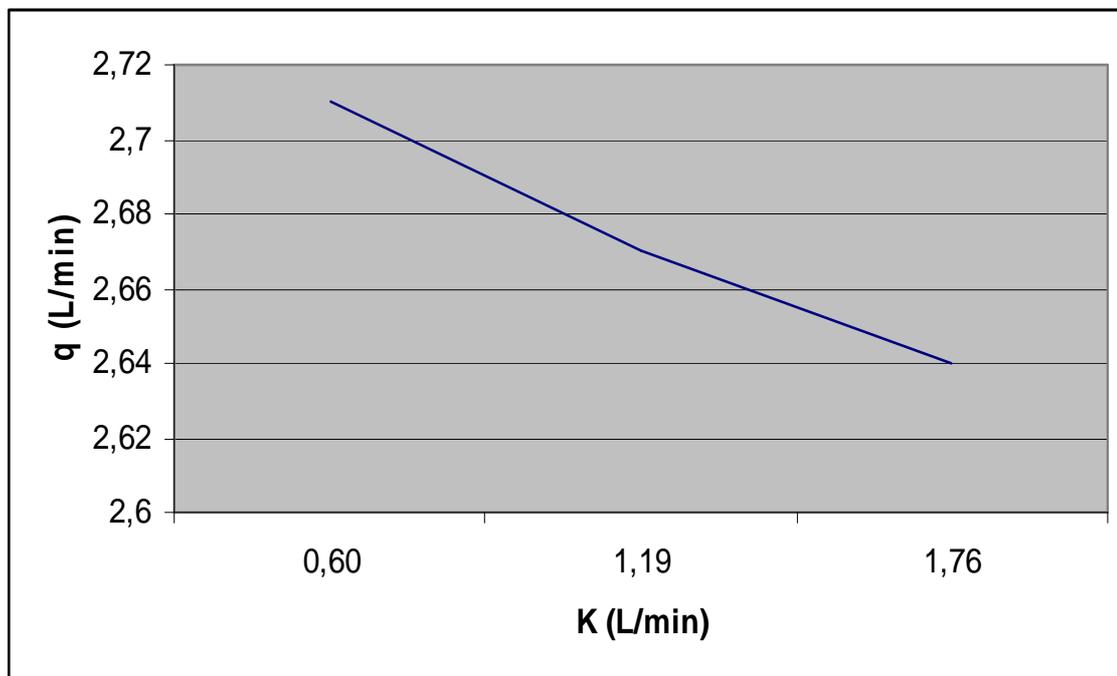
La relación  $dH/dl$  es mayor, cuando la altura del filtro es menor.

Gráfico 3.3.2 Caudal del agua en función del Volumen del filtro.



Mediante las pruebas realizadas para la determinación del caudal en función del volumen del filtro, se observó que a mayor volumen del material filtrante disminuye el caudal del agua.

Gráfico 3.3.3 Conductividad Hidráulica (K) en función del caudal del agua (q).



De acuerdo a los experimentos efectuados por Darcy se logró comprobar que la Conductividad Hidráulica es inversamente proporcional al caudal que lo atraviesa.

Esto se debe a que la relación  $dH/dl$  es directamente proporcional al caudal del agua, como se ve en la gráfica anterior (3.3.2).

Por lo tanto se utilizará el filtro con mayor k es decir el de 15 cm. de altura, que además requiere una cantidad de agua menor que los otros dos tamaños de filtro.

### **3.4. CONTROL DEL CAUDAL DEL FILTRO**

#### **3.4.1. Introducción**

Se instala una válvula de compuerta a la salida del filtro con la finalidad de controlar y de mantenerlo constante durante la filtración.

### **3.5. AFINAMIENTO DEL FILTRO**

Considerando que la fuente de agua de San Francisco se encuentra a más de 200 Km de Riobamba, se realizó las primeras pruebas del filtro, con agua de riego obtenida de las cercanías de la ESPOCH en Riobamba.

Una vez ajustado el filtro, se determinó la calidad del agua filtrada a distintos tiempos (0.7, 24 y 120 horas), mediante los análisis de laboratorio.

### **3.6. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE FILTRACIÓN**

Se realizó aforos de caudal a la salida del filtro, en función de la abertura de la llave; colocando la llave en dos posiciones: 23 y 45° medidos con respecto al recorrido que realiza la llave desde 0° (válvula cerrada) a 90° (válvula completamente abierta).

Con la abertura de 23°, se tomo muestras del agua filtrada para sus respectivos análisis físico-químico y microbiológico, el mismo proceso se efectuó para la

abertura de 45°, a partir de la prueba #2 con el agua de riego.

### **3.7. FILTRACIÓN DEL AGUA DE LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO**

Se hizo una segunda recolección del material filtrante, debido a que el agua de riego contaminó y obstruyó los piroclastos. La limpieza de los piroclastos recogidos en la segunda recolección, se realizó mediante el proceso ya antes mencionado en el literal 3.2.2.

Preparado el filtro de 15 cm de altura, se realizó la filtración con la abertura de la llave a 23°.

Se tomaron muestras del agua filtrada y no filtrada y se realizaron los análisis de pH, conductividad, turbiedad, sólidos suspendidos, nitratos, coliformes totales y coliformes fecales.

Con los resultados obtenidos se logró conocer la eficiencia y la Conductividad Hidráulica (K) del filtro.

Con el parámetro que tiene mejor eficiencia se procedió a realizar el método estadístico (t-student), mediante el software estadístico SPSS Versión 15 Español (2006); el cual nos ayudo aceptar o rechazar la hipótesis establecida la misma que dice: El diseño de un filtro utilizando piroclastos como material filtrante, mejora la calidad del agua.

### **3.8. FILTRO REQUERIDO POR LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO**

Se calculó el caudal que requiere la Comunidad de san Francisco, a partir del número de habitantes, la dotación y el factor de mayoración.

Con este caudal, el desnivel entre la fuente y la cota del filtro ( $dH$ ) y la Conductividad Hidráulica ( $K$ ), se procede a calcular la altura del filtro ( $dI$ ) que necesita la Comunidad.

# **RESULTADOS**

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. EFICIENCIA DEL FILTRO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE RETENCIÓN (AGUA DE RIEGO)

La eficiencia será calculada:

$$E = \frac{\text{Valor Agua no Filtrada} - \text{Valor Agua Filtrada}}{\text{Valor Agua Filtrada}} \times 100$$

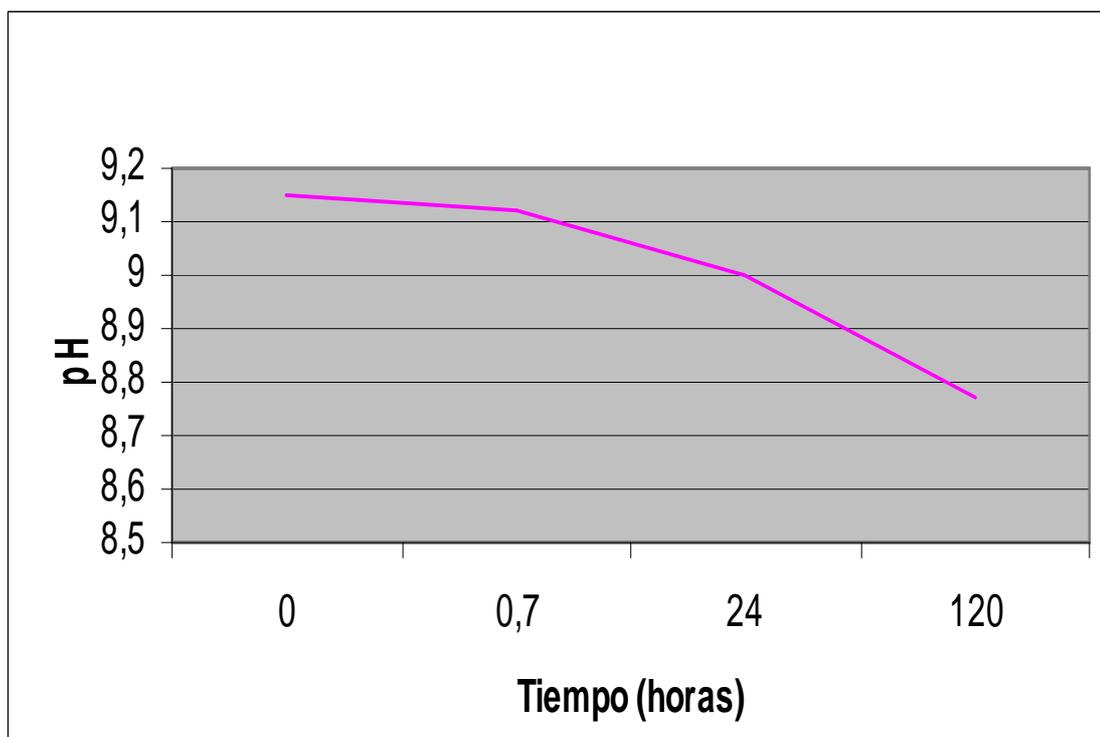
Tabla 4.1. Prueba #1 con agua de riego

PRUEBA #1 (Agua de Riego)							
Parámetros	No Filtrada	Filt. (0,7h)	Eficiencia (%)	Filt. (24h)	Eficiencia (%)	Filt. (120h)	Eficiencia (%)
Temperatura (°C)	14	14		14		14	
pH	9,150	9,120	0,33	9	1,63	8,77	4,15
Conductividad (µmhos)	300	300	0	300	0	300	0
Turbiedad (NTU)	2,800	2,500	10,71	2,100	25	1,62	42,14
Sol. Susp. (mg/L)	0,029	0,022	24,10	0,015	48,27	0,007	75,90
Nitratos (mg/L)	0,106	0,109	-2,83	0,114	-7,54	0,122	-15,10

Con los valores obtenidos de la tabla se procede a graficarlos, para obtener la variación de los parámetros con respecto al tiempo de retención del filtro.

#### 4.1.1. Eficiencia del filtro con respecto al pH

Gráfico 4.1.1. ph en función del tiempo de retención.



En la gráfica se observa que el valor de pH disminuye cuando el tiempo de filtración aumenta.

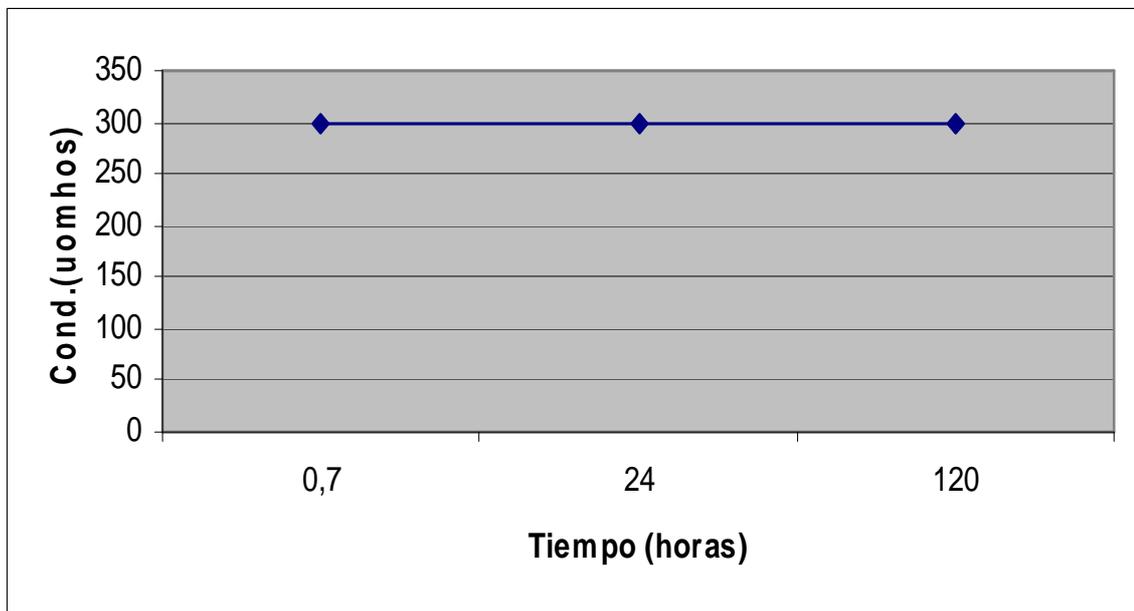
El valor del pH se redujo solo el 0,33% cuando el tiempo de retención fue 0,7 horas, mientras que la reducción fue 1,63% (casi 5 veces mas que la anterior) cuando el tiempo fue 24 horas y cuando el tiempo de filtración fue 120 horas, el pH se redujo 4,15%; o sea 2.5 veces más que la reducción 24 horas.

Por lo tanto el filtro con un tiempo de retención considerable, disminuirá el pH del agua, pero se requeriría

un tamaño de filtro también considerable para aumentar el tiempo de retención o de filtración.

#### 4.1.2. Eficiencia del filtro con respecto a la Conductividad

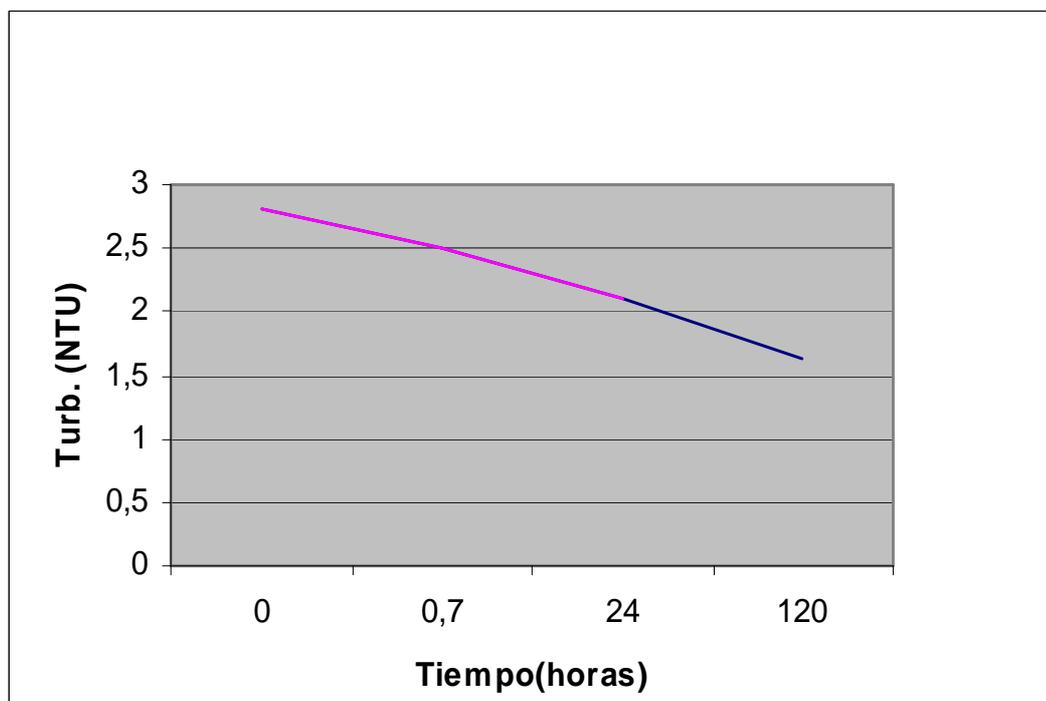
Gráfico 4.1.2. Conductividad en función del tiempo de retención.



En la gráfica se observa que la conductividad es constante en los tres tiempos de retención, porque los iones existentes en el agua quedan retenidos en los poros del material filtrante, pero aparentemente no son adsorbidos por sus paredes.

### 4.1.3. Eficiencia del filtro con respecto a la Turbiedad

Gráfica 4.1.3. Turbiedad en función del tiempo de retención.



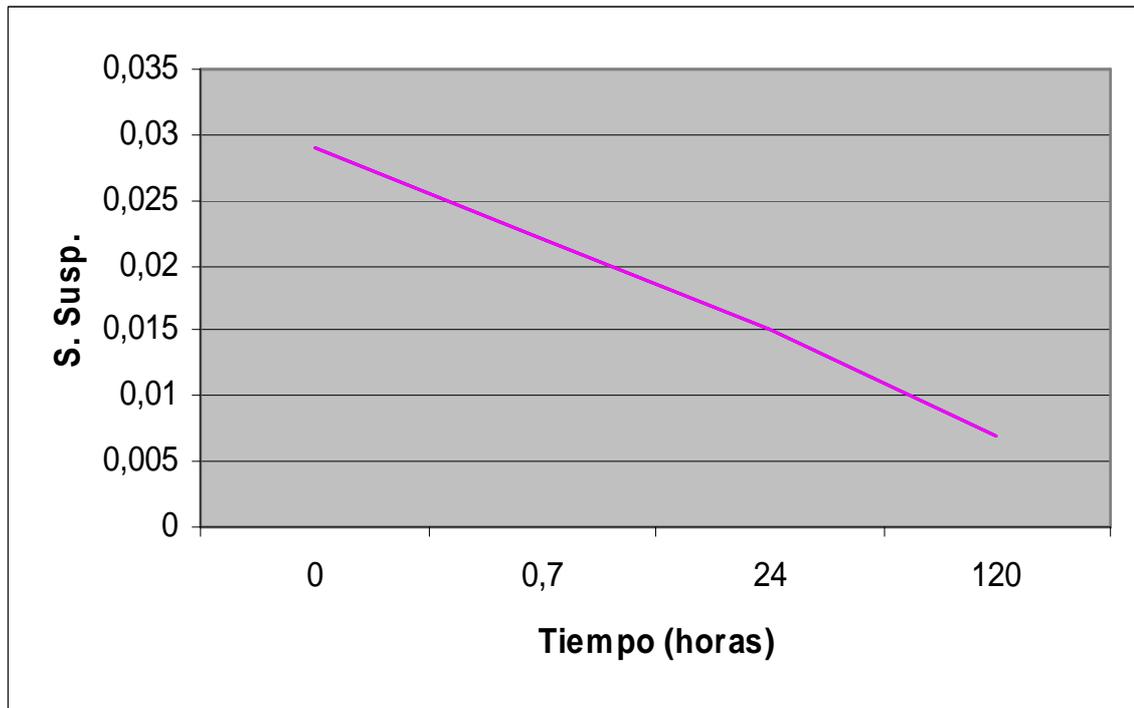
En la gráfica se demuestra que a mayor tiempo de retención se observa una disminución de la turbiedad, porque las partículas contaminantes se adhieren a las paredes de los piroclastos.

La turbiedad es reducida 10,7% en 7 horas de filtración, 25% en 24 horas y hasta 42,14% en 120 horas de filtración.

Por lo tanto la eficiencia de la filtración para reducir la turbiedad es directamente proporcional al tiempo de filtración

#### 4.1.4. Eficiencia del filtro con respecto a los Sólidos Suspendidos

Gráfica 4.1.4. Sol. Suspendidos en función del tiempo de retención.

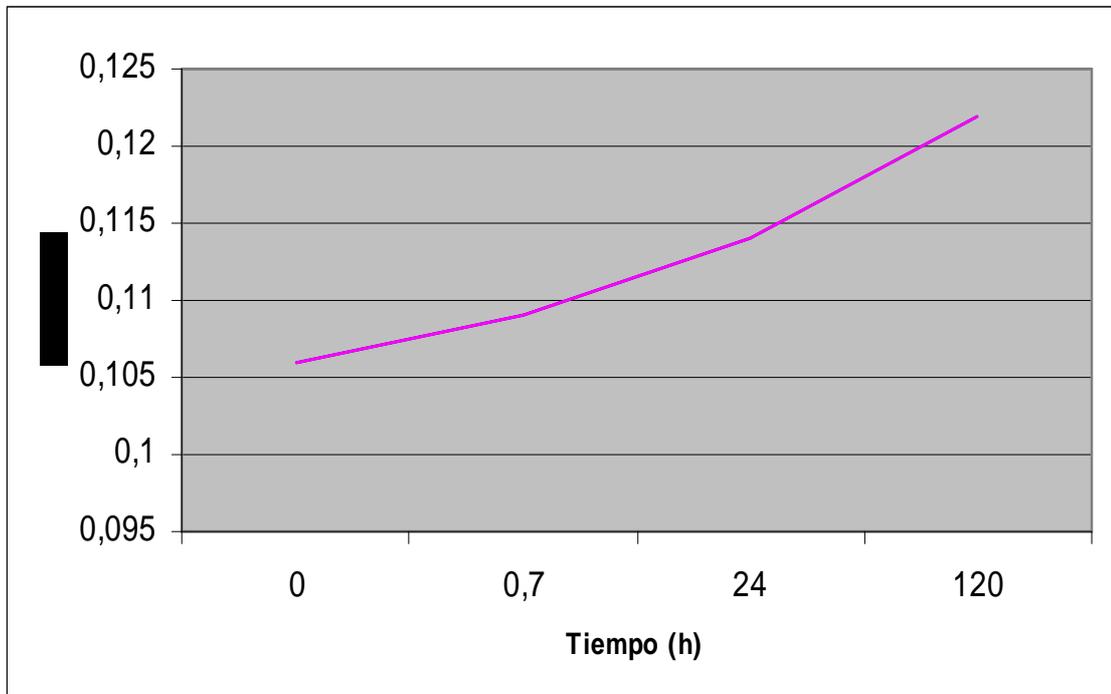


En la gráfica se demuestra que a mayor tiempo de retención se observa una disminución notable de los Sólidos suspendidos, debido a que son retenidos en las paredes de los poros de los piroclastos.

La máxima eficiencia para reducir los sólidos suspendidos en los tres periodos de tiempo de filtración se dio a las 120 horas, logrando una reducción de 75.9%.

#### 4.1.4. Eficiencia del filtro con respecto a los Nitratos

Gráfica 4.1.4. Nitratos en función del tiempo de retención.



En la gráfica se demuestra que a mayor tiempo de retención se observa un aumento de Nitratos, debido a que estos sufren un proceso químico. Esto se debe a que el Nitrógeno en el agua no filtrada se encuentra en distintas formas como: Nitrógeno orgánico, Nitrógeno amoniacal, Nitritos y Nitratos y durante la filtración se convierten en nitratos.

La última forma en que el Nitrógeno en el agua se convierte es en Nitratos, siguiendo el siguiente proceso.



#### 4.2. EFICIENCIA DEL FILTRO CON DOS CAUDALES (Agua de Riego)

Tabla 4.2. Prueba # 2 y 3 con agua de riego en función de la abertura de la llave

Parámetros	Agua sin filtrar	Abertura 45° filtrada	Eficiencia % (45°)	Abertura 23° filtrada	Eficiencia % (23°)
Caudal (L/min)		0,32		0,04	
pH	8,98	8,84	1,55	8,75	2,56
Turbiedad	59,7	34,8	41,71	13,15	77,97
Conduct. (uomhios)	260	290	-11,54	290	-11,54
Sol. Susp. (mg/L)	0,03	0,028	6,67	0,003	90,00
Nitratos (mg/L)	0,264	0,32	-21,21	0,51	-93,18
Coli. Totales (UFC)	210	100	52,38	20	90,48
Coli. Fecales (UFC)	75	40	46,67	8	89,33

Con los valores obtenidos de la tabla se procede a graficar, para obtener la variación de los parámetros con respecto al caudal, el mismo que varía según la abertura de la llave.

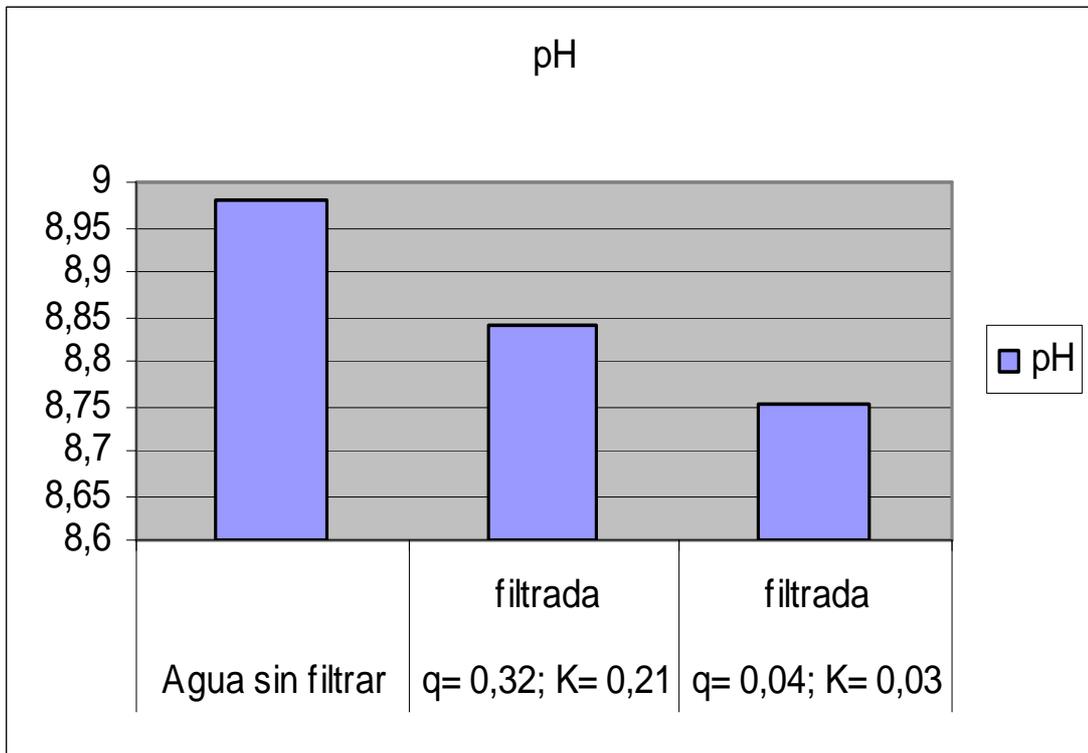
Tabla 4.3. Relación Caudal & Conductividad hidráulica

Q (L/min)	dH (cm)	dl (cm)	dH/dl	K (L/min)
0,32	22.5	15	1,5	0,21
0,04	22.5	15	1,5	0,03

La Conductividad hidráulica (K) es directamente proporcional al caudal de agua; o sea a mayor K, mayor caudal.

#### 4.2.1. Eficiencia del filtro

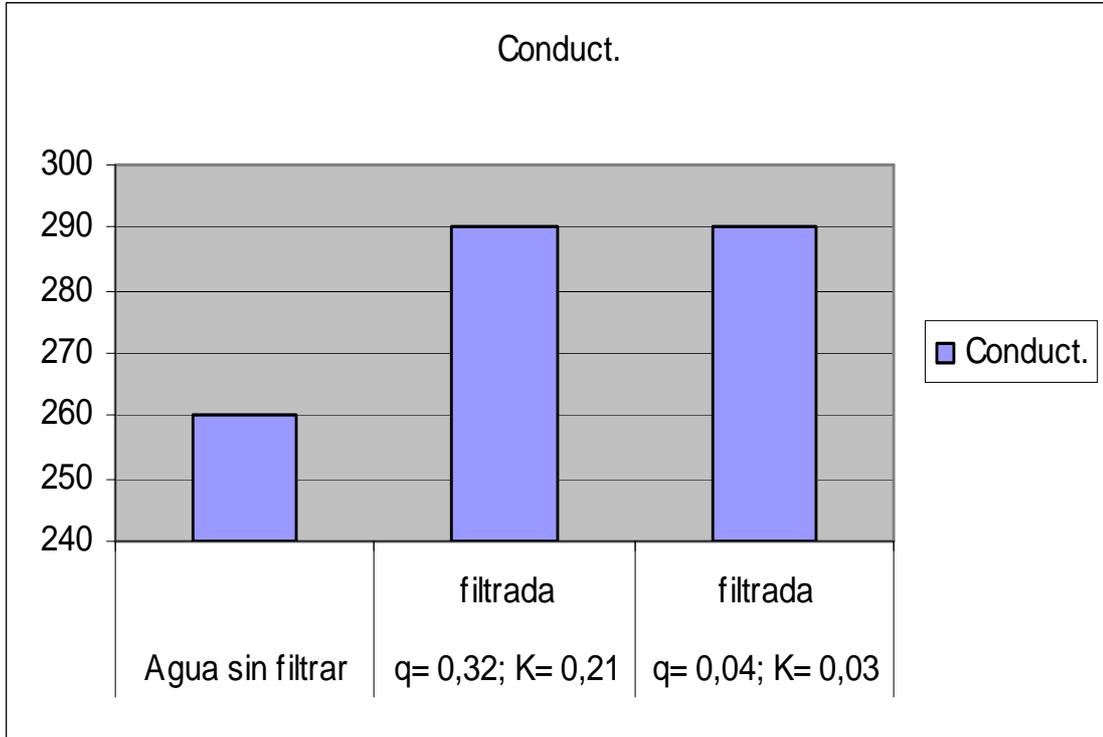
Gráfica 4.2.1. pH medidos con dos caudales de agua de riego.



La disminución del pH tiene una relación directamente proporcional al coeficiente hidráulico K.

Esto quiere decir que cuando el K disminuye, también disminuye el pH.

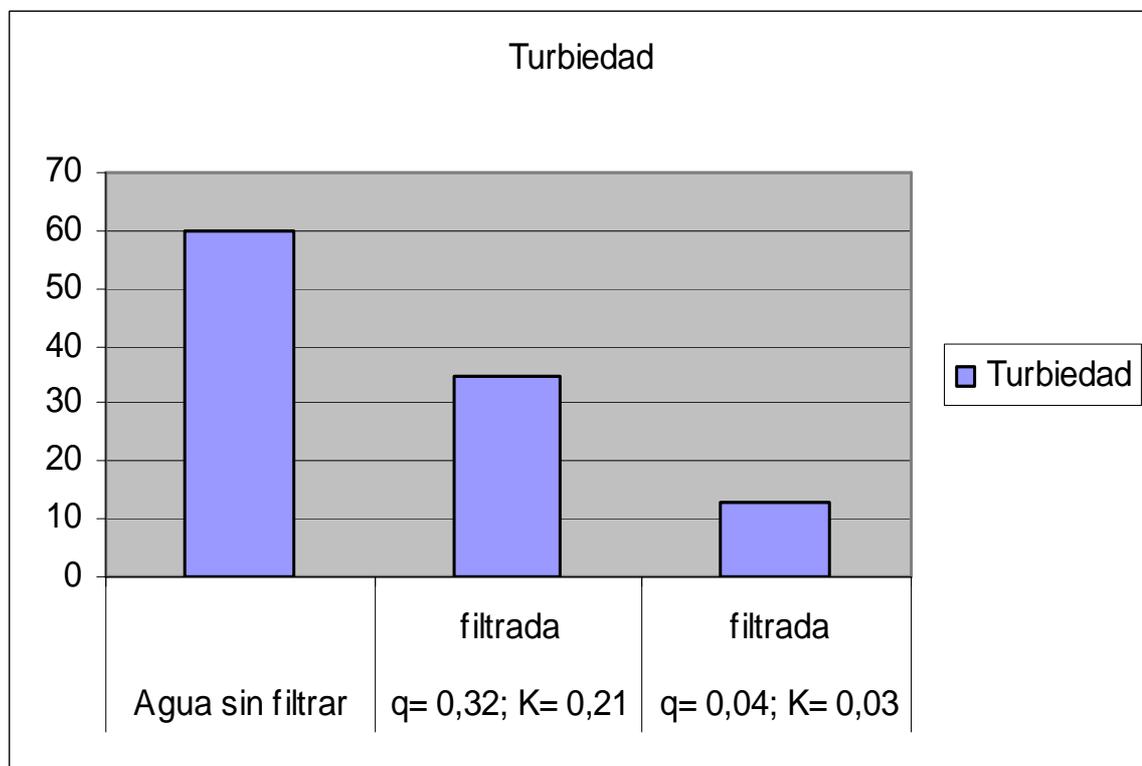
Gráfica 4.2.2. Conductividad medida con dos caudales de agua de riego.



En la gráfica se demuestra que el agua sin filtrar tiene una menor conductividad, con respecto al agua filtrada, probablemente a iones desprendidos por los piroclastos.

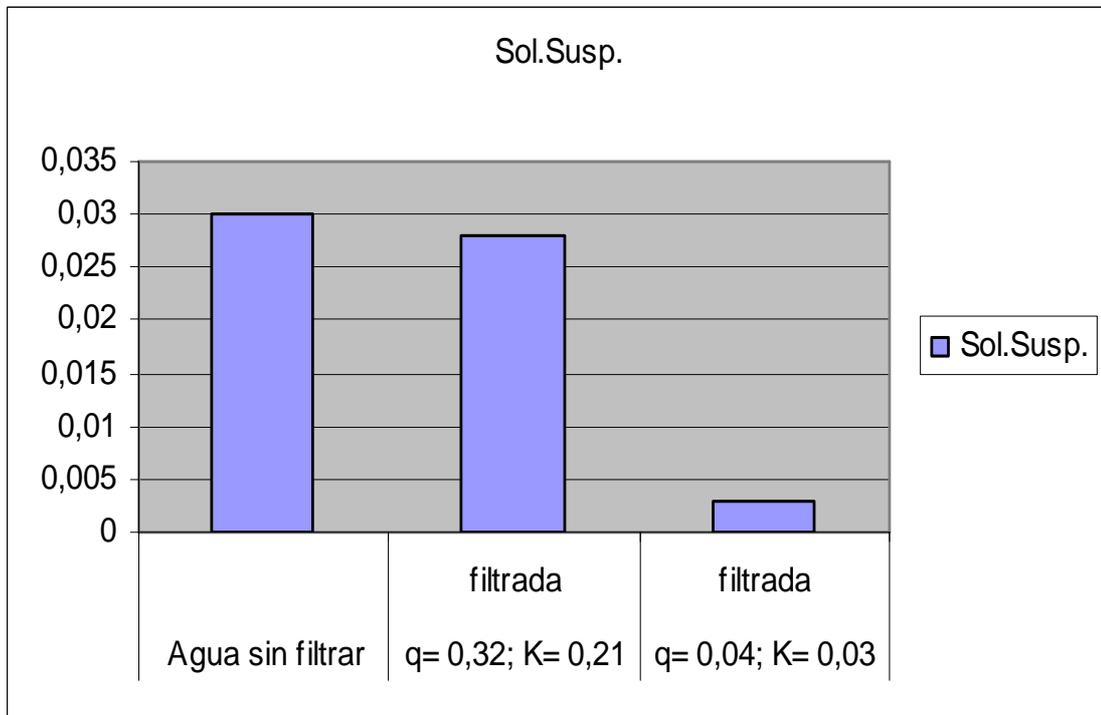
La Conductividad del agua no filtrada no ha variado con los valores de los caudales experimentados y por lo tanto tampoco varían con la conductividad hidráulica, por lo que este parámetro no depende del tamaño del filtro.

Gráfica 4.2.3. Turbiedad medida con dos caudales de agua de riego.



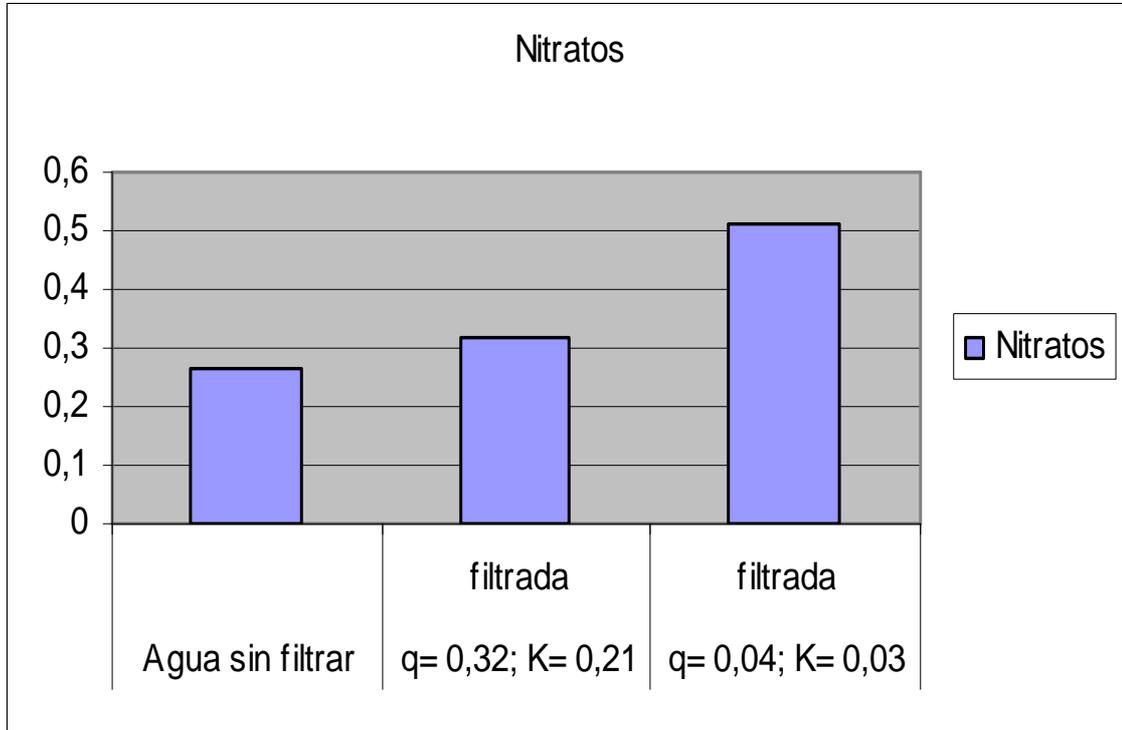
La Turbiedad ha disminuido notablemente con la disminución del caudal, (22% con el caudal de 0,04 L/min), debido a que las partículas sólidas son retenidas por los piroclastos, y más aún cuando la conductividad hidráulica (K) es menor.

Gráfica 4.2.4. Sólidos Suspendidos medidos con dos caudales de agua de riego.

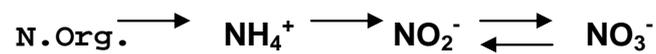


En la gráfica se observa una notable disminución de los sólidos suspendidos (disminuye 90%) con el menor coeficiente de conductividad hidráulico (K), o con el menor caudal de agua filtrada. Esto se debería a que los sólidos son retenidos por el material filtrante, dentro de sus poros.

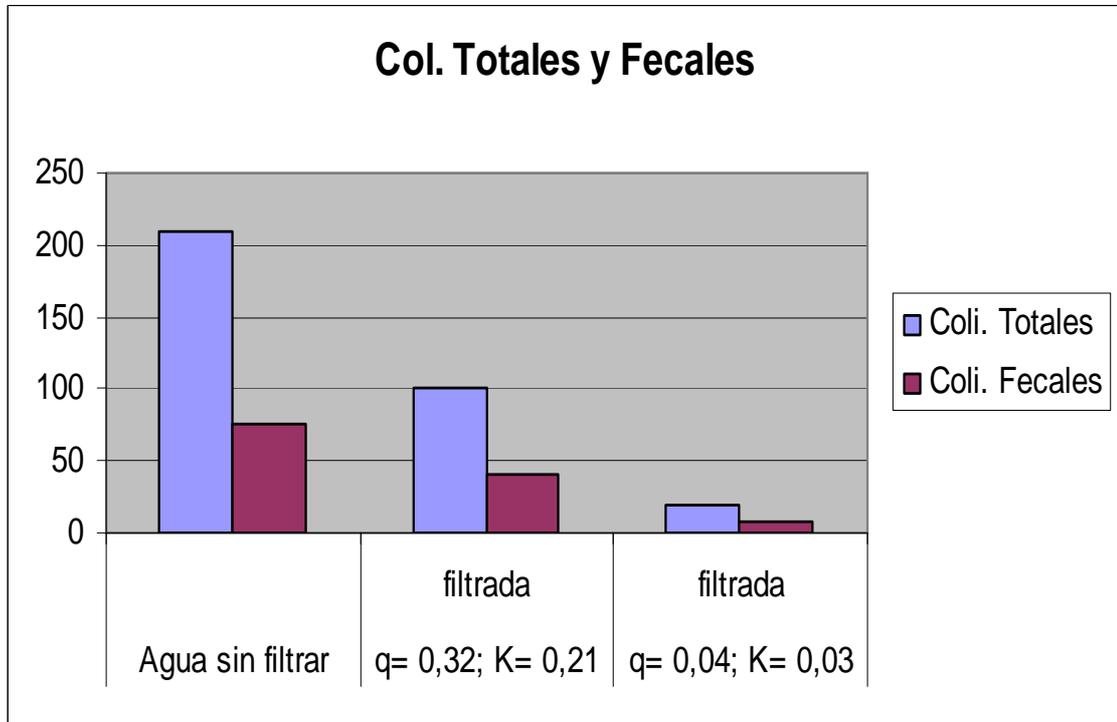
Gráfica 4.2.5. Nitratos medidos con dos caudales de agua de riego.



En la gráfica se observa que la cantidad de los nitratos se incrementa cuando el caudal o el K disminuyen. Esto quiere decir que es inversamente proporcional. Esto se debería a que el nitrógeno en el agua (N-orgánico, N-amoniacal, nitritos) se convierte a nitratos mientras se encuentran retenidos en el filtro.



Gráfica 4.2.6. Coliformes Totales y Fecales medidos con dos caudales de agua de riego.



Se observa que los Coliformes Totales han sido reducidos al 9,5% y los coniformes fecales al 10,6% cuando se reduce el caudal y/o el K.

La presencia de los coliformes es directamente proporcional al caudal y/o al coeficiente de conductividad hidráulica, o sea a menor conductividad hidráulica, menor cantidad de coliformes totales y fecales.

### 4.3. FILTRACIÓN DEL AGUA DE SAN FRANCISCO

Tabla 4.3.1 Prueba # 4 con agua de la comunidad de San Francisco.

		Prueba 1	Prueba 2				Límite Máximo
Parámetros	No filtrada	Filtrada (23°)	Filtrada (23°)	Promedio	Desv. Est.	Eficiencia %	Permisible (INEN)
Caudal (L/min)		0,045	0,045	0,045	0		
Temperatura (°C)	17	17	17	17	0		
pH	8,01	8	8	8	0	0,12	6,5- 8,5
Conductividad (uomhios)	84	90	90	90	0	-7,14	
Turbiedad (NTU)	0,48	0,46	0,45	0,46	0,0070	4,17	5
Sol. Susp.(mg/L)	0,001	0,0005	0,0004	0,00045	7,07E-05	55,00	Ausencia
Nitratos (mg/L)	0,068	0,097	0,089	0,093	0,0056	-36,76	10
Coli. Totales (UFC/100mL)	330	50	48	49	1,41	85,15	Ausencia
Coli.Fecales (UFC/100mL)	75	20	20	20	0	73,33	Ausencia
Sulfuros (mg/L)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia			200

Se observa que los parámetros como: sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales en el agua filtrada tiene una notable disminución con respecto al agua no filtrada.

Se obtuvo la eficiencia del filtro en porcentaje, con el promedio de las dos pruebas, debido a que estas no varían significativamente la una de la otra.

Mediante los valores de los análisis se pudo comparar con la norma INEN, observando que tanto el agua filtrada como la no filtrada no cumplen con los requisitos específicos y microbiológicos.

#### 4.3.1 Método Estadístico (t-student)

##### Coliformes Fecales

$H_0$  = No existe diferencia entre el agua no filtrada y el agua filtrada.

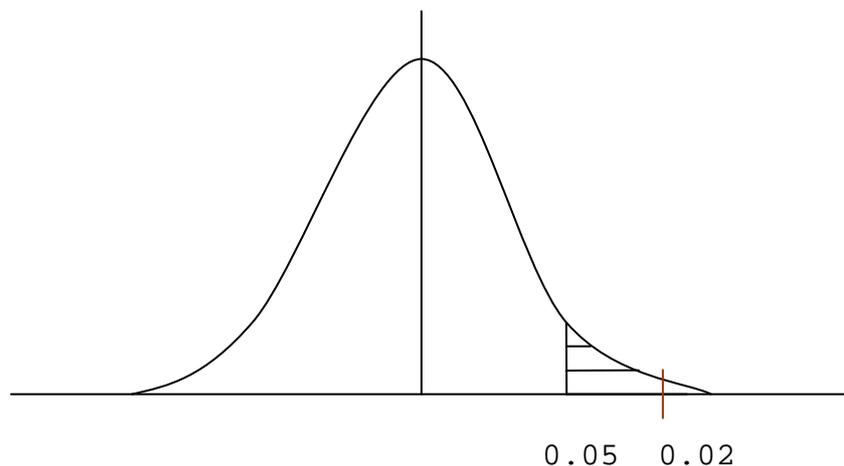
$H_1$  = Existe diferencia entre el agua no filtrada y el agua filtrada

a(agua no filtrada)	b(agua filtrada)
330	50
330	48

n= 2                  GL= 1                   $\alpha$ = 0.05

##### Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Superior	Inferior			
Par 1 NO_FILTRADO - FILTRADO	281,0000000	1,4142136	1,0000000	268,2937953	293,7062047	281,000	1	,002



De acuerdo con los resultados obtenidos en el programa SPSS, el valor está dentro del área de aceptación de  $H_1$ , rechazando de esta manera  $H_0$ .

#### 4.4. DIMENSIONES DEL FILTRO REQUERIDO PARA LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO.

##### Cálculo del Caudal que requiere la comunidad

Habitantes de la Comunidad = 250 hab

Dotación = 150 L/hab\*día

Factor de mayoración = 1.1 (\*)

$$Q = 250 \text{ hab} * 150 \text{ L/hab*día} * 1.1$$

$$Q = 28,65 \text{ L/ min}$$

##### Cálculo de la altura del material filtrante

Desnivel entre la fuente y la cota del filtro (dH) = 101 m

K = 0,03 L/min

Q = 28,65 L/min

Altura del filtro (dl) = ?

$$dl = K * dH / Q$$

$$dl = 0.03 \text{ L/min} * 101 \text{ m} / 28,65 \text{ L/min}$$

$$dl = 0.10 \text{ m}$$

(\*) Normas de Diseño de agua potable y eliminación de residuos líquidos para poblaciones de más de 1000 habitantes y localidades de menos de 1000 habitantes de Ecuador. Cáp. V, Captación y conducción para consume humano, Caudales de Diseño, Tabla 4.3, pp. 88

**CONCLUSIONES**

**Y**

**RECOMENDACIONES**

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

1. La calidad del agua de la Comunidad de San Francisco no es apta para el consumo humano, debido a que no cumple los límites permisibles establecidos por la norma INEN 108..2006. para agua potable y consumo humano antes y después de la filtración.
2. Se concluye que el filtro propuesto con una granulometría menor a dos centímetros mejora la calidad del agua de la Vertiente de San Francisco; aceptando de esta manera la hipótesis establecida.
3. El filtro diseñado ha reducido considerablemente los sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales presentes en el agua de San Francisco. Los otros parámetros no son reducidos considerablemente e inclusive los nitratos se incrementan durante la filtración.
4. Los nitratos aumentan en el agua filtrada, debido a que el Nitrógeno en el agua no filtrada se encuentra como: (N-Org, N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y al momento de filtrar se convierten en N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, debido a los procesos químicos que se lleva a cabo en el filtro.

5. Por lo tanto el filtro se podría utilizar como un proceso físico junto a otros más, dentro de una etapa primaria de tratamiento. Posteriormente debería haber una etapa secundaria que incluya la desinfección del agua.
6. El tamaño del filtro para retener los sólidos suspendidos del agua de San Francisco, se cálculo mediante el caudal requerido por la población (28,65 L/min)
7. Este caudal equivalente a 28,65 L/min es 636,7 veces más grande que el caudal experimentado (0,045 L/min), por lo que se concluye que los sólidos suspendidos disminuyen con un menor caudal o un menor K. Por lo tanto la altura del filtro para obtener una disminución del 55% de sólidos suspendidos debe ser de 0,10m.
8. Con cada uno de los parámetros analizados se puede establecer, que el filtro propuesto es un prototipo a nivel de laboratorio, debido a que el diseño del filtro únicamente llega hasta la determinación de la altura del paquete filtrante requerido por la Comunidad de San Francisco.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. Para la purificación del agua de la Vertiente de San Francisco no solo requiere un filtro de piroclastos, sino la implementación de una cámara de arena antes del filtro y finalmente un proceso químico como la cloración.
2. El lavado del material filtrante debe realizarse cuidadosamente para no romper los piroclastos que son delicados debido a los vacíos.
3. Es más fácil cambiar el material filtrante que lavarlo, debido a que los piroclastos presenta una gran porosidad donde las partículas contaminantes se quedan retenidas.
4. Se debería continuar investigaciones utilizando el piroclasto como material filtrante, combinándole con otros procesos previos y con otros lechos filtrantes.
5. El piroclasto como filtro de sólidos suspendidos, puede ser usado en tratamiento de aguas.

# **RESUMEN**

## CAPITULO VI

### 6. RESUMEN

Este trabajo tiene el objetivo de diseñar un filtro utilizando piroclastos con un tamaño menor de dos centímetros provenientes del Volcán Tungurahua, con la finalidad de mejorar la calidad de agua de la Vertiente de la Comunidad de San Francisco.

Se realizaron ensayos de filtración a nivel de laboratorio en un bidón de 8 litros, empacándose el material filtrante a diferentes alturas 5, 10 y 15 cm. Se determinaron dos caudales de salida del filtro ( $Q_1=0,32$  y  $Q_2=0,04$ ) a distintas aberturas de la válvula para el afinamiento del mismo.

Se determinó que el piroclasto empleado permitió una considerable disminución en la cantidad de Sólidos Suspendidos en el agua de la Vertiente, con una eficiencia del 55% mejorando la calidad del agua con relación al agua no filtrada.

Se concluye que el agua de la Vertiente de San Francisco no solo requiere un filtro de piroclastos, sino la implementación de una cámara de arena antes del filtro y finalmente un proceso químico como la cloración, para que sea apta para el consumo humano.

# **SUMMARY**

This work deals with the design of a filter using pyroclasts with a size lower than 2 cm from the Volcano Tungurahua, to improve the water quality from the spring of the community San Francisco.

Filtration trials were carried out at a lab level in an 8 L tank, packing the filtering material at different heights 5, 10 and 15 cm. Two exit volumes of the filter ( $Q_1=0,32$  and  $Q_2=0,04$ ) were determined at different valve openings for its adjusting.

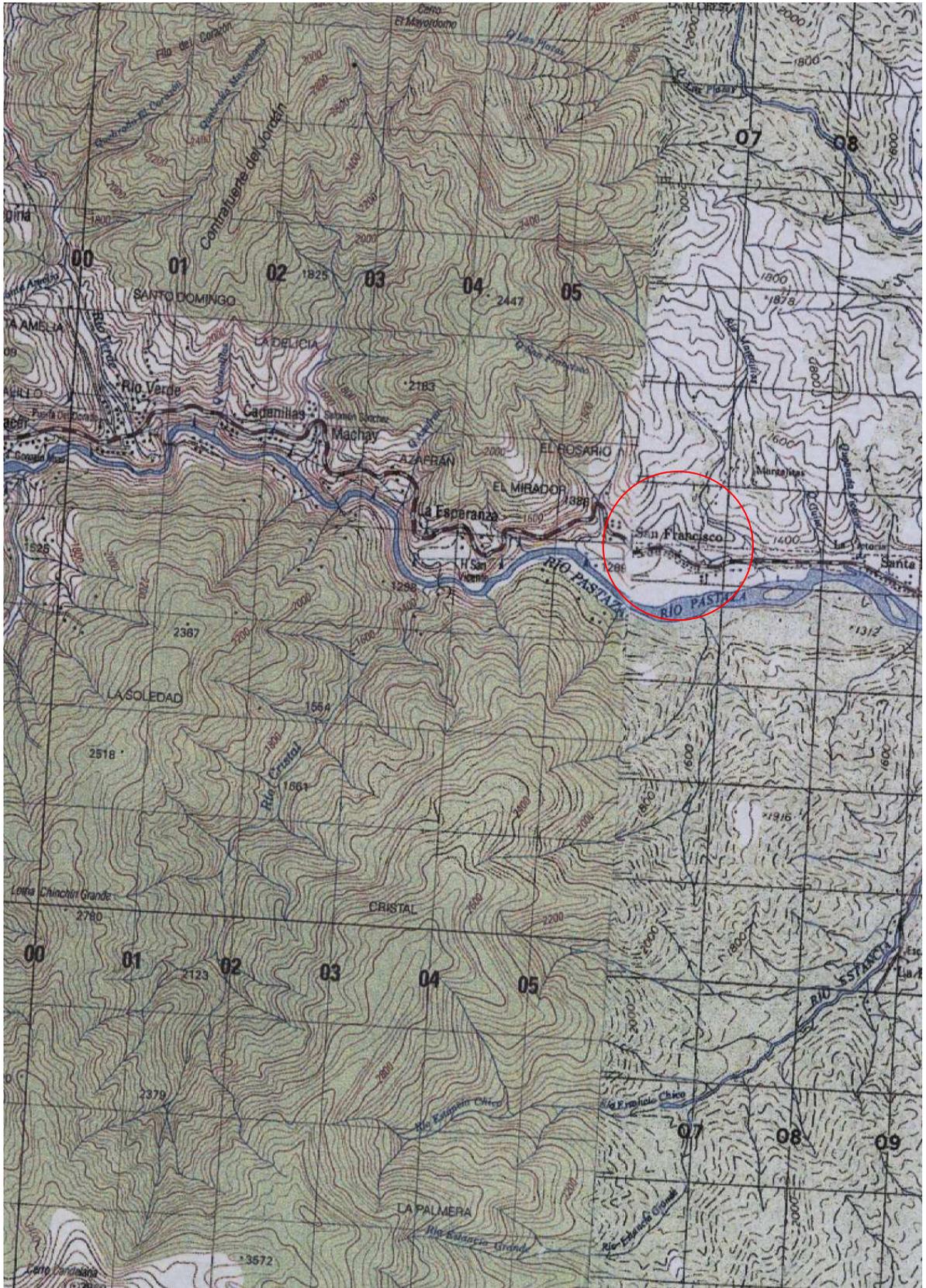
It was determined that the pyroclast used permitted a considerable decrease in the quantity of solids suspended in the spring water, with 55% efficiency improving the water quality as related to the unfiltered water.

It is concluded that the water from the spring San Francisco not only requires a filter of pyroclasts but also the implementation of a sand chamber before the filter and finally a chemical process such as chlorating so that it may be suitable for human consumption.

# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

Mapa de Localización de la Comunidad de San Francisco



## **ANEXO 2**







## **ANEXO 3**

**Foto 1. Piroclastos**



**Foto 2. Toma de muestras de Piroclastos**



Foto 3. Lavado del Material Filtrante



Foto 4. Filtro (Determinando el Caudal de Salida)



Foto 5. Tanque de captación de la Comunidad de San Francisco



Foto 6. Tomando la Temperatura



**Foto 7. Tomando muestras del agua filtrada**



**Foto 8. Realización de los análisis**



# **BIBLIOGRAFIA**

## **Bibliografía**

- (1) ARELLANO, A. Tratamientos de Aguas Residuales II.  
s.n.t. pp. 2-4
- (2) LENNTECH, C. Agua Residual y Purificación del Aire  
<http://www.lennotech.com/español/filtración.html>  
20081215
- (3) CHAMY, R.y PIZARRO, C. Tratamiento de Agua Potable  
<http://explora.cl/tratamientosaguapotable.html>  
20090117
- (4) VEALL, F. Tratamiento Físicos Químicos del agua  
<http://www.lennotech.com/español/Desinfección-del-agua/Historia-tratamiento-agua-potable.html>  
20090112
- (5) SANCHES, X. Departamento de Geología, Ley de Darcy  
<http://web.usual.es/xavisan/hidro>.  
20090117
- (6) ZAPATA, A. Proceso de Potabilización de Aguas Superficiales  
<http://www.monografias.com/trabajos15/plantas-tratamiento.html>  
20090117
- (7) INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. (IEOS).  
Normas de Diseño o de sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos para poblaciones, de más de 1000 habitantes y localidades de menos

de 1000 habitantes de Ecuador. Capitulo V. pp.  
80-88