



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO A PARTIR DE  
MATERIA ORGÁNICA COMO LECHO FILTRANTE PARA  
REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES  
DEL AGUA DEL RIO GUAYAS EN LA ZONA DEL  
“MUELLE CARAGUAY”.  
TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR  
POZO ARENILLA CRISTHIAN DAVID**

**TUTOR  
ING.QUÌM. DIEGO MUÑOZ NARANJO, MSC.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, MUÑOZ NARANJO DIEGO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA COMO LECHO FILTRANTE PARA REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA DEL RIO GUAYAS EN LA ZONA DEL “MUELLE CARAGUAY”, realizado por el POZO ARENILLA CRISTHIAN DAVID; con cédula de identidad N° 093200098-7 de la carrera DE INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Diego Muñoz Naranjo, MSC.

Guayaquil, 09 de septiembre del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA COMO LECHO FILTRANTE PARA REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA DEL RIO GUAYAS EN LA ZONA DEL “MUELLE CARAGUAY””, realizado por el estudiante POZO ARENILLA CRISTHIAN DAVID, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Dra. Tamara Borodulina  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Jorge coronel Quevedo, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing Luis morocho Rosero, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Diego Muñoz Naranjo, M.Sc.  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 09 de septiembre del 2020

### **Dedicatoria**

Dedico mi tesis a DIOS por darme vida, salud e inteligencia para seguir adelante y no dejarme caer ante cualquier adversidad.

A mis padres Javier Pozo y Sandra Arenilla a mis hermanos Byron, Kevin, Betsy y Gabriel por ser ese ejemplo, guía y pilar fundamental en mi vida, también a mi familia de parte de papá y mamá por darme ese coraje que me motiva a ser mejor

Dedico también a mi familia Universitaria con los cuales hemos pasado un millón de cosas, millón de ocurrencias, siendo un apoyo mutuo e incondicional.

### **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Agraria del Ecuador por haberme permitido realizar mis estudios de tercer nivel en sus instalaciones, también a mi tutor el Ing. Diego Muñoz Naranjo, por ser un guía fundamental en este proceso de titulación.

Agradezco también a los profesores que he tenido a lo largo de mi carrera estudiantil a mis compañeros a todos Uds. gracias.



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**  
Autorización de Autoría Intelectual

Yo POZO ARENILLA CRISTHIAN DAVID , en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “IMPLEMENTACIÓN DE UN BIOFILTRO A PARTIR DE MATERIA ORGÁNICA COMO LECHO FILTRANTE PARA REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AGUA DEL RIO GUAYAS EN LA ZONA DEL “MUELLE CARAGUAY”” para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, septiembre 09 del 2020

---

Pozo Arenilla Cristhian David

C.I. 093200098-7

## Índice general

PORTADA .....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	5
Índice general.....	7
Índice de tablas .....	10
Índice de figuras .....	11
Resumen.....	13
Abstract .....	14
1. Introducción .....	15
1.1 Antecedentes del problema.....	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema .....	16
1.2.1 Planteamiento del problema .....	16
1.2.2 Formulación del problema .....	17
1.3 Justificación de la investigación.....	17
1.4 Delimitación de la investigación .....	18
1.5 Objetivo general .....	18
1.6 Objetivos específicos .....	18
2. Marco teórico .....	20
2.1 Estado del arte .....	20
2.2 Bases teóricas.....	21
2.2.1 Principales contaminantes.....	21
2.2.1.1 Microorganismos.....	21

2.2.1.2	Desechos orgánicos.....	22
2.2.1.3	Sustancias radioactivas .....	22
2.2.2	Parámetros de calidad del agua.....	22
2.2.2.1	pH .....	22
2.2.2.2	Nitritos y Nitratos.....	22
2.2.2.3	Dureza .....	23
2.2.3	Biofiltro .....	23
2.2.3.1	Filtros de Arena .....	23
2.2.3.2	Filtros Mixtos .....	23
2.2.3.3	Filtros multifunción .....	23
2.2.3.4	Filtros de carbono granular activados (GAC).....	24
2.3	Marco legal .....	24
2.3.1	República Del Ecuador .....	24
2.3.2	Código Orgánico Penal .....	25
2.3.3	Código Orgánico Ambiental.....	25
2.3.4	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua .....	26
2.3.5	Tulasma .....	26
3.	Materiales y métodos.....	28
3.1	Enfoque de la investigación.....	28
3.1.1	Tipo de investigación .....	28
	<i>Investigación Experimental</i> .....	28
3.2.1	Variables.....	28
3.2.1.1.	<i>Variable independiente</i> .....	28
3.2.1.2.	<i>Variable dependiente</i> .....	29

3.2.2	Tratamientos .....	29
3.2.3	Diseño experimental .....	30
3.2.3.1	Diseño completamente al Azar (ANOVA) .....	31
3.2.4	Recolección de datos .....	31
3.2.4.1.	<i>Recursos</i> .....	31
3.2.4.2.	<i>Recursos bibliográficos</i> .....	31
3.2.4.3.	<i>Recursos materiales</i> .....	31
3.2.4.4.	<i>Recursos tecnológicos</i> .....	32
3.2.4.5.	<i>Métodos y técnicas</i> .....	33
3.2.4.5.1	<i>Técnicas para medir parámetros</i> .....	33
3.2.5	Análisis estadístico .....	34
3.2.6	Hipótesis estadística .....	34
4.	Resultados.....	35
5.	Discusión.....	48
6.	Conclusiones .....	50
7.	Recomendaciones .....	52
8.	Bibliografía .....	53
9.	Anexos.....	61

## Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos en estudio .....	29
Tabla 2. Esquema de análisis de varianza (ANOVA) .....	34
Tabla 3. Resultados de la caracterización inicial .....	35
Tabla 4. Composición del filtro básico .....	36
Tabla 5. Composición del filtro con cáscara de huevo y viruta .....	37
Tabla 6. Composición del filtro con fibra de coco y viruta .....	37
Tabla 7. Composición de los tratamientos en estudios .....	38
Tabla 8. Resultado del análisis de varianza del STD .....	39
Tabla 9. Resultado del test de Tukey al 5 % del STD .....	39
Tabla 10. Resultados del análisis de varianza de la turbidez .....	40
Tabla 11. Resultados del test de Tukey de la turbidez .....	41
Tabla 12. Resultados del análisis de varianza de la dureza .....	42
Tabla 13. Resultados del test de Tukey de la dureza .....	42
Tabla 14. Resultados del análisis de varianza del nitrato .....	43
Tabla 15. Resultados del test de Tukey del nitrato .....	43
Tabla 16. Resultados del análisis de varianza del nitrato .....	44
Tabla 17. Resultados del test de Tukey del nitrato .....	44
Tabla 18. Resultados del análisis de varianza del pH .....	45
Tabla 19. Resultado del test de Tukey del pH .....	46
Tabla 20. Eficiencia de los filtros .....	47
Tabla 21 Técnicas para medir nitratos y nitritos .....	70
Tabla 22 Técnicas para medir la concentración de dureza .....	70
Tabla 23 Técnicas para medir la concentración de Turbidímetro .....	70
Tabla 24 Técnicas para medir la concentración de pH .....	71

## Índice de figuras

Figura 1. Resultados de la caracterización Inicial .....	36
Figura 2. Diseño de filtros utilizados .....	38
Figura 3. Resultado de los Sólidos totales disueltos .....	40
Figura 4. Resultados de la turbidez.....	41
Figura 5. Resultados de la dureza .....	42
Figura 6. Resultados del nitrato .....	44
Figura 7. Resultados del nitrito.....	45
Figura 8. Resultados del potencial de hidrógeno (pH).....	46
Figura 9. eficiencia de los filtros en estudio.....	47
Figura 10 Determinación del área referencial de la ubicación del proyecto ....	61
Figura 11. Mercado La caraguay .....	61
Figura 12. Toma de muestras de agua en el muelle del mercado La caraguay .....	62
Figura 13. Materiales utilizados para el filtro base.....	62
Figura 14. Residuos orgánicos utilizados en los filtros .....	63
Figura 15. Filtro base .....	63
Figura 16. Filtro de carbón activado.....	64
Figura 17. Filtro con residuos orgánicos .....	64
Figura 18. Filtro compuesto .....	65
Figura 19. Diseño de los tres filtros .....	66
Figura 20. Muestras de agua antes y después del uso de los filtros .....	67
Figura 21. Evaluación de la turbidez .....	67
Figura 22. Evaluación del potencial de hidrógeno.....	68
Figura 23. Evaluación de nitritos y nitratos.....	68

Figura 24. Evaluación final de nitritos .....	69
Figura 25. Determinación de los sólidos totales disueltos .....	69
Figura 26. descripción de la grava y arena .....	71

## Resumen

La contaminación de los ríos es una de las problemáticas más agravantes y antiguas de contaminación ambiental; debido a la sobrepoblación la demanda mundial de agua ha incrementado un 55% entre 2000 y 2050, según la OMS la cantidad de agua dulce es limitada y su calidad está sometida a una presión constante por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones. Por estas razones en la presente investigación se realizó una caracterización de calidad de agua, mediante parámetros físicos y químicos para conocer el estado del agua el muelle Municipal del mercado La Caraguay debido a que existe presencia de industrias cercanas al sector, también por la aguas residuales del mercado que son vertida de manera directa a la alcantarilla que terminan en el río. Igualmente se realizaron filtros con materiales orgánicos para la depuración del agua, lo cual dio resultados favorables para el filtro básico, con un nivel de eficiencia del 100 %, para los nitrato, 90 % para los nitritos, 72 % para los sólidos totales disueltos, mientras que para la turbidez demostró una eficiencia de 64 %, para la dureza 10 % y para el pH 3.6 %, quedando demostrado que el filtro base tuvo mayor efectividad con respecto a los otros filtros.

Palabras clave: Contaminación, eficiencia, filtro, materiales orgánicos, río,

### **Abstract**

The pollution of rivers is one of the most aggravating and oldest problems of environmental pollution; Due to overpopulation, the global demand of water has increased by 55% between 2000 and 2050, according to the OMS, the quantity of fresh water is limited and its quality is subjected to constant pressure due to the presence of infectious agents, toxic chemicals or radiation. For these reasons, the present investigation carried out a characterization of water quality, using physical and chemical parameters to know the state of the water in the Municipal dock of the La Caraguay market because there is a presence of industries close to the sector, also due to the wastewater of the market that are discharged directly into the sewer that ends in the river. Likewise, filters were made with organic materials for water purification, which gave favorable results for the basic filter, with an efficiency level of 100%, for nitrates, 90% for nitrites, 72% for total dissolved solids, while for turbidity it showed an efficiency of 64%, for hardness 10% and for pH 3.6%, it being shown that the base filter had greater effectiveness compared to the other filters.

Keywords: Pollution, efficiency, filter, organic materials, river.

## **1. Introducción**

### **1.1 Antecedentes del problema**

Debido al uso de agua dulce, se prevé que la demanda mundial de agua se incrementará en un 55% entre 2000 y 2050, lo cual afectará todas las actividades realizadas. Estudios realizados demuestran que, dentro de 30 a 40 años, lo que se veía como un recurso inagotable tendrá un cambio brusco a nivel mundial (Villamarín et al., 2014).

De acuerdo a esto se han utilizado aguas residuales sin tratar o diluidas para el riego. Las aguas regeneradas también sirven como un suministro de agua sostenible y confiable para la industria y las municipalidades, especialmente porque que cada vez más ciudades dependen de suministros lejanos o fuentes de agua alternativas para satisfacer la creciente demanda (UNESCO, 2017).

La contaminación de los ríos es una de las problemáticas más agravantes y antiguas de contaminación ambiental. El aumento de la población en las riberas de los ríos, se acopia con la actividad industrial, con la consecuente entrada de contaminantes a los ríos, riachuelos, esteros y lagos (Rojas, 2016).

En el sector industrial la mayoría de estas contribuyen en la contaminación del agua, al generar residuos en sus procesos o tratamientos de productos: ejemplo la industria de curtiembre que genera descargas con volúmenes altos de concentrados de cromo. El problema es generado por el curtiente que no se fija y finalmente se descarga. Estas aguas residuales causan efectos negativos en el ambiente y en la salud humana, lo que hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar el control ambiental, capaces de extraer los metales contaminantes presentes (Arroyave et al., 2018).

Según la OMS la cantidad de agua dulce es limitada y su calidad está sometida a una presión constante y verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (OMS, 2017).

Estudios realizados muestran que el 80% de la mortandad en los países pobres está vinculada a enfermedades causadas por agua no potable, anualmente le cuesta la vida a un 3,4 millón de personas en su mayoría niños. La mitad de la población carece de acceso a agua potable limpia de acuerdo a bases estadística que indica que dentro de 25 años se necesitara el 20% más para alimentar a los 3 millones de persona que habitaran el planeta (Garcés, 2003).

En el Ecuador desde la década de los sesenta, el tema del deterioro del medio ambiente destaca entre los problemas que afectan a las sociedades, en cuanto al consumo de agua por el aumento de la contaminación (Ros, 1995). Donde los contaminantes son de distintos orígenes y naturaleza química, de los que se sabe relativamente poco o nada acerca de su presencia (Barceló, 2003).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

El autogobierno descentralizado del célebre municipio de Guayaquil ha llevado a cabo la construcción del Muelle Caraguay para llevar a cabo una actividad terminal portuaria de tan gran envergadura. Su operación debe cumplir con el entorno técnico y los lineamientos operativos estipulados por la normativa municipal, el Convenio MARPOL y otras leyes para prevenir y controlar los riesgos ambientales (Ludeña, 2016).

Para el funcionamiento del mercado caraguay se exigieron reglamentos requeridos, pero no se cumplió con los términos, sobre todo aquellos inherentes al

manejo ambiental; lo cual, ha desencadenado en problemas de contaminación en la zona del muelle Municipal Caraguay.

Actualmente el Muelle Municipal Caraguay presenta un alto índice de contaminación, la cual es resultante de industrias cercanas al sector. La principal fuente de contaminación expuesta por los moradores es el mercado de distribución de mariscos ya que este genera gran cantidad de desechos, como es el recedente de la limpieza de los peces y marisco en general, esta es vertida directamente al alcantarillado de aguas lluvias que tiene como defogadero el Río Guayas (Ludeña, 2016).

Debido al impacto ambiental, los moradores del sector han aislado toda actividad que involucre al Río Guayas, por ende, se planteara ideas biotecnológicas para el tratamiento de agua como lo es el sistema de biofiltración.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el diseño adecuado de un biofiltro para la disminución de la concentración de contaminantes?

¿Cuál es el porcentaje de remoción de contaminantes del Río Guayas con la aplicación de un biofiltro?

### **1.3 Justificación de la investigación**

La importancia del presente proyecto es determinar nuevas alternativas tecnológicas en cuanto al tratamiento de agua, ya que hoy en día el líquido vital se encuentra en constante escaseo por diversos factores ambientales, debido a la mala gestión y mal manejo de los desechos, se ha corroborado como el causante principal de alteraciones y daños en la biota natural de diferentes ecosistemas en especial de cuerpos de agua, por lo que en los últimos años se han indagado soluciones.

Entre estas tecnologías tenemos el tratamiento de agua por biofiltración, el cual consiste en regenerar aguas ya utilizadas, para poderle dar otro uso como es el riego de plantas Etc.

Por lo tanto, el siguiente proyecto experimental es de importancia social como ambiental en el cual se determinará, índices de contaminación, seguimiento de la reducción considerable de la contaminación del agua, donde el ser humano será el único beneficiado.

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- Espacio: al sur de la ciudad de Guayaquil, Calle 43SE (G) 134 barrio Cuba.

**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

- Coordenadas: -2.228071.-79.886251
- Tiempo: 3 meses.

Este método de cubre pruebas de laboratorio que describen el rendimiento de los materiales orgánicos para la disminución de la concentración de contaminantes.

#### **1.5 Objetivo general**

Implementar un biofiltro para la reducción de la concentración de contaminantes presentes en el Rio Guayas en la zona del "Muelle Caraguay" a partir de materia orgánica como lecho filtrante.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de contaminantes del agua del Río Guayas, Muelle Municipal Caraguay mediante análisis de laboratorio.
- Implementar a nivel de laboratorio un sistema de tratamiento a través de la biofiltración utilizando desecho orgánico como lecho de filtrado.
- Evaluar la factibilidad técnica del biofiltro mediante análisis de contaminación final para la obtención de agua de uso doméstico no alimenticio.

## **1.7 Hipótesis**

La aplicación del biofiltro permite reducir la concentración de contaminantes de agua del Río Guayas, en una zona que presenta problemas de contaminación, logrando obtener características que permitan utilizarla para uso doméstico.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

Dicyt (2013) menciona que científicos afirman que, la materia orgánica utilizada como lecho filtrante para el tratamiento de agua por biofiltración, es favorable para la eliminación de contaminantes. Estudios indicaron que, las muestras de los ríos de Colombia presentan alta concentración de materia orgánica, metales pesados y componentes perjudiciales para el ser humano. Para contrarrestar este impacto y se pueda dar uso al agua del río, se diseñaron biofiltros modificados con materiales orgánicos, logrando obtener resultados factibles en cuanto al funcionamiento, mediante visualización y análisis finales de laboratorio.

Para el diseño de biofiltros se requiere de información sobre las variables que participan en los procesos, y criterios aplicables en el diseño de biofiltros. Se elabora un diseño base y se calcula el comportamiento para diferentes valores de caudal y concentraciones en el efluente. El análisis de sensibilidad permite obtener un diseño que asegura alcanzar los niveles de calidad deseados en el agua tratada, y además, contribuye a determinar los criterios de operación y control del proceso con la intención de alcanzar la calidad deseada en el agua tratada (Gómez, 2000).

Según Romero para el tratamiento de aguas residuales, es factible utilizar medios biotecnológicos como la técnica de biofiltración la cual es diseñada con materiales orgánicos gruesos entre 5 a 15 cm de diámetro que sirven como filtro, donde el agua se depura por efecto de procesos naturales, donde los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante, este cuenta con una profundidad de 60 a 100cm, su sistema está compuesto por etapas; primero el pretratamiento donde se encuentra ubicado el tanque séptico que se encarga de

eliminar sólidos suspendidos y la segunda etapa conformada por el biofiltro de flujo horizontal, que se encarga de remover la materia contaminante (Romero, 2017).

En Colombia las aguas residuales de una industria de curtidos son descargadas al río, las cuales contienen altos índices de cromo y perjudican el ambiente, por ende, para la remoción del cromo de estas aguas se han implementado alternativas utilizando la biomasa de hoja de café de distintas variedades como material bioadsorbente y determinar cuál de los filtros resulta más eficiente; El diseño del filtro fue tipo columna a escala de laboratorio, el cual obtuvo como resultado que la aplicación de la bioadsorción para la purificación de aguas residuales presentó un gran potencial, para la remoción del Cromo (VI) de soluciones acuosas (Arroyave et al., 2018).

Para la eliminación de materia orgánica del agua subterránea natural se implementó el proceso de biofiltración. Los compuestos orgánicos en el agua tomada fueron adsorbidos 100% y 70% biodegradables. Se obteniendo como resultado que un filtro de carbón biológicamente activo funcionará de manera efectiva y su tiempo de operación está influenciado principalmente por la actividad de los microorganismos. La formación de biopelícula en el momento adecuado permitió extender el ciclo de filtración y ayudó a reducir el TOC en un 70%, es decir, de 10 mg C / l a 3-4 mg C / l (Papciak et al., 2016).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Principales contaminantes**

#### **2.2.1.1 Microorganismos**

También llamado microbio u organismo microscópico, es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el Microscopio. Son organismos dotados de individualidad que presentan, a diferencia de las plantas y los animales, una organización

biológica elemental. En su mayoría son unicelulares, aunque en algunos casos se trate de organismos cenóticos compuestos por células multinucleadas, o incluso multicelulares (EcuRed, 2015).

#### **2.2.1.2 Desechos orgánicos**

Son conocidos coloquialmente “basura” es el término por el cual se conoce a todo tipo de materiales de tipo biológicos que ya no son requeridos y que además no pueden ser reutilizados. Este tipo de materiales de desecho se originan de las diferentes actividades que realizan los seres humanos diariamente, ya que en casi cualquier acción que un ser humano lleve a cabo se deberá generar algún desecho orgánico, los animales aportan también a la producción de este tipo de desechos, pero en menor medida (Diego G, 2017).

#### **2.2.1.3 Sustancias radioactivas**

Es un fenómeno natural o artificial, por el cual algunas sustancias o elementos químicos llamadas radiactivos, son capaces de emitir radiaciones, las cuales tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia o atravesar cuerpos opacos a la luz (Peñafiel et al., 2016)

### **2.2.2 Parámetros de calidad del agua**

#### **2.2.2.1 pH**

Es la medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Donde se define el potencial hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno (Montaño, 2011).

#### **2.2.2.2 Nitritos y Nitratos**

Son iones que existen de manera natural y forman parte del ciclo del nitrógeno, en el agua generalmente se encuentra pocos miligramos por litro (Andrade & Francisco, 2014)

### **2.2.2.3 Dureza**

Es el término que se utiliza en la prueba para determinar los niveles de magnesio y calcio

### **2.2.3 Biofiltro**

Sistema compuesto por lechos filtrantes de grava, de diferentes dimensiones. Estos pueden ser anaerobios o aerobios, se nutren de agua residual o natural (Payan Sergio, s. f.)

#### **2.2.3.1 Filtros de Arena**

El tipo más común de filtro es el filtro sencillo de arena con un tamaño efectivo de diámetro de partícula de 1 a 3 mm. El tamaño mayor y la naturaleza tridimensional de la cama de arena proveen más área de filtrado y tienen una mayor capacidad de retención que muchos otros tipos de filtros. La arena silica que se utiliza para los filtros de arena procede de las costas marinas. Este tipo de filtros tienen la capacidad de eliminar la turbidez, color, sólidos suspendidos, compuestos orgánicos e inorgánicos y bacterias (Reinoso, s. f.).

#### **2.2.3.2 Filtros Mixtos**

Los filtros mixtos usan arena y antracita para presentar un filtro de intersticios medio de dos niveles. El propósito de los filtros duales es obtener carreras filtrantes más largas entre cada lavado. Los filtros tienden a saturarse primero en su superficie. Los filtros mixtos brindan dos superficies: las partículas grandes son filtradas en el carbón y las de menor tamaño son filtradas en la arena (Gómez David, 2000)

#### **2.2.3.3 Filtros multifunción**

Los filtros multifunción usan arena oscura, arena de cuarzo y carbón para triplicar la acción de un filtro simple.

### 2.2.3.4 Filtros de carbono granular activados (GAC)

Estos filtros son de doble propósito: en primer lugar, para remover los componentes orgánicos, similares a los de carbono activado, y en segundo lugar para remover partículas similares a los filtros mencionados anteriormente. El filtro medio GAC puede ser incluido en el filtro medio dual con arena de cuarzo u otra capa dedicada a remover partículas.

## 2.3 Marco legal

### 2.3.1 República Del Ecuador

Título II Capitulo Segundo del Buen Vivir

Sección Segunda, Ambiente Sano (Constitución, 2011).

**Art. 3.-** Son deberes primordiales del Estado: 1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumakawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético el país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley

**Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo,

permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

### **2.3.2 Código Orgánico Penal**

#### **SECCIÓN SEGUNDA**

Delitos contra los recursos naturales (Código Penal, 2014)

**Art 251.-** Delitos contra el agua. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseeque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.

### **2.3.3 Código Orgánico Ambiental**

(CO, 2017)

**Art. 26.-** Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:

8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

**Art. 27.-** Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido;

**Art. 38.-** Objetivos. Las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Areas Protegidas, cumplirán con los siguientes objetivos:

5. Mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas.

**Art. 196.-** Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al

sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

### **2.3.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua**

**Artículo 52.** “Calidad del Agua”.- “La protección y conservación de los recursos hídricos para prevenir y controlar su deterioro, se orienta por los siguientes objetivos:

1. Garantizar el derecho humano al agua;
2. Garantizar el derecho a vivir en un medio ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación;
3. Conservar y mejorar la calidad del agua;
4. Evitar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo, de compuestos tóxicos, peligrosos, desechos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
5. Evitar las actividades que puedan causar la degradación de la calidad del agua; y,
6. Garantizar los derechos reconocidos a la naturaleza y por tanto, la permanencia de las formas de vida.

Quienes utilicen el agua en cualquiera de los destinos previstos en esta ley y ocasiones contaminación/o la saquen de su cauce, deberán tratarla antes de descargarla y devolverla a su cauce original. La autoridad competente no permitirá la descarga de agua que no haya sido previamente tratada”.

**Artículo 53.** “Prioridades”- “De conformidad con la disposición constitucional, el orden de prioridad entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

1. Consumo humano
2. Riego, abrevadero de animales y acuicultura que garantice la soberanía alimentaria;
3. Caudal ecológico;
4. Actividades productivas; y,
5. Actividades recreacionales y culturales.

Entre las actividades productivas se aplicará el siguiente orden de prioridad:

1. Riego para agro industria, acuicultura y producción agropecuaria de exportación
2. Generación de Hidroelectricidad y energía hidrotérmica;
3. Industriales, petroleras y mineras,
4. Turísticas;
5. Balneoterapia, embotellamiento de aguas minerales, medicinales, tratadas o enriquecidas; y,
6. Otras actividades productivas.

El orden de prioridad de las actividades productivas podrá modificarse por la Autoridad Única del Agua, en atención a las características de la cuenca y dentro de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo.

### **2.3.5 Tulsma**

Capítulo VI Disposición final de los Residuos (TULSMA, 2003)

Art. 28.- SITIO DE DISPOSICION FINAL: Es el área en donde serán depositados los residuos y desechos para su confinamiento. Los sitios de disposición final aceptados para las Islas son los rellenos sanitarios y funcionan bajo

responsabilidad de las Municipalidades. Los rellenos sanitarios deberán cumplir al menos con las siguientes características técnicas:

- b) Evitar que los cuerpos de agua (subterráneas y superficiales) entren en contacto con los residuos existentes, para lo cual deberán contar por lo menos con dos capas de impermeabilización de los fondos del relleno: la primera de geomembrana resistente a ácidos, de por lo menos 1,0 mm de espesor y la segunda con una capa de arcilla de 20 cm de espesor.
- c) Interceptar y canalizar el agua y los lixiviados mediante la construcción de drenajes de fondo.

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo, es de carácter experimental, de campo y laboratorio el cual permitirá evaluar la eficiencia de biofiltros con materiales orgánicos y se basó en las siguiente clasificación:

##### **Investigación de campo y laboratorio**

En el presente trabajo investigación realizado es de campo y de laboratorio dado que se analizó las muestras de agua provenientes del rio Guayas y se ejecutó la caracterización de los distintos parámetros contaminantes y se experimentará con técnicas de tratamientos de agua. El método que se utilizó consistió biofiltración en tres prototipos. en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador u otro laboratorio certificado.

##### ***Investigación Experimental***

Este proyecto tuvo como fin controlar diferentes parámetros contaminantes y experimentar con el método de biofiltración mediante varios ensayos, donde se determinó cuál fue el mejor resultado en el tratamiento del agua.

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Variables**

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

##### ***3.2.1.1. Variable independiente***

- Sólidos totales disueltos
- Concentración de nitritos y nitratos
- Concentración de turbidez.
- Concentración de dureza

- Concentración de PH.

### 3.2.1.2. Variable dependiente

Niveles de los compuestos del tratamiento.

- Biofiltro base
- Cáscara de huevo y serrín
- Cáscara de coco y serrín.

### 3.2.2 Tratamientos

En la Tabla 1 se muestran los tres tipos de tratamiento que se implementaron en el laboratorio mediante el biofiltro, cuyas dosis y tiempo se determinaron mediante ensayos. Proporcionando dosis del material descontaminador, escogido mediante investigación para su factibilidad en cuanto al tratamiento de agua. También se proporcionará tiempo exacto del tratamiento del agua. En la Tabla 1 se muestran los tratamientos a utilizarse:

**Tabla 1. Tratamientos en estudio**

	<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Tiempo</b>
<b>T1</b>	Testigo	0	0
<b>T2</b>	Filtro base (Graba, arena, Zeolita, Carbón activado)	20 % de cada uno	1 hora
<b>T3</b>	Filtro (Cáscara de huevo +Serrín)	50 / 50	1 hora
<b>T4</b>	Filtro (Cáscara de coco +Serrín)	50 / 50	1 hora

Pozo, 2020

#### **Tratamiento 1**

El primer tratamiento fue el tratamiento testigo, el cual permitió la comparación de las muestras iniciales y los biofiltros.

## **Tratamiento 2**

El segundo tratamiento fue con filtración mixta compuesta por arena, grava, carbón activado, zeolita, gravilla. Este biofiltro ayudó a la eliminación de metales pesados, materia orgánica particulada y de gran tamaño y disminuirá color y sabor.

## **Tratamiento 3**

Este tratamiento fue de filtración mixta compuesta por arena, grava, carbón activado, zeolita, gravilla, cáscara de huevo y serrín. Este biofiltro ayudó a la eliminación de materia orgánica particulada y de gran tamaño. Con la implementación de la cascara de huevo y serrín la eliminación de microorganismo, dando como resultado un agua con buen olor y sabor.

## **Tratamiento 4**

Este tratamiento fue con filtración mixta compuesta por arena, grava, carbón activado, zeolita, gravilla, cáscara de coco y madera. Este biofiltro ayudó a la eliminación de materia orgánica y gracias a las propiedades del coco se espera como resultado un agua con buen color, olor y sabor.

### **3.2.3 Diseño experimental**

Para el presente trabajo de investigación se tomó quince galones de agua como muestra, donde se evaluó su condición inicial en los siguientes parámetros: pH, turbidez, dureza, coliformes totales, nitritos y nitratos, luego se llevó datos exactos de cada uno de los parámetros que se espera disminuir, una vez realizado estos análisis se procederá a dividir las muestras y clasificarlas para realizar posteriormente la implementación de los biofiltros, llevando seguimiento de las dosis de material purificador y tiempo determinado durante la biofiltración, al finalizar el paso del agua natural por el proceso de biofiltración se realizará nuevo análisis comprobando la disminución de estos.

### **3.2.3.1 Diseño completamente al Azar (ANOVA)**

Es el más sencillo de los diseños experimental, trata de comparar dos o más tratamiento pues cuenta con dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el de error aleatorio.

Se definen los T como tratamientos que se van a aplicar a las n unidades experimentales, de tal forma que a r unidades experimentales les va a corresponder un tipo de tratamiento.

### **3.2.4 Recolección de datos**

#### ***3.2.4.1. Recursos***

Las muestras que se utilizarón para la experimentación fueron recolectados en el Río Guayas por muestreo compuesto en el área del “Muelle Caraguay” donde se descarga aguas contaminadas provenientes del Mercado Caraguay. Las muestras se almacenaron en recipientes de polietileno (galón), los cuales se mantuvieron en temperatura ambiente hasta la realización de los análisis iniciales para luego continuar con el tratamiento del agua mediante la aplicación de biofiltración.

#### ***3.2.4.2. Recursos bibliográficos***

- Artículos científicos
- Libros
- Tesis
- Revistas
- Periódico
- Sitios web

#### ***3.2.4.3. Recursos materiales***

- Bitácora
- Jeringa succionadora o chisguete

- Recipiente de almacenamiento
- Biofiltro
- Cáscara de huevo y serrín
- Cáscara de coco y serrín
- Arena
- Grava
- Carbón activado
- Zeolita
- Tubos, tanques, botellas, etc.
- Laboratorio
- Tiras catalizadoras.

#### ***3.2.4.4. Recursos tecnológicos***

- Cámara
- Laptop
- Celular
- Calculadora
- Dispositivo USB
- ArcGIS
- Google Maps
- pHmetro
- Turbidímetro
- TD's "Glowgeek" medidor

### **3.2.4.5. Métodos y técnicas**

Los métodos y técnicas utilizados fueron de acuerdo al tipo de investigación y experimentación. Cabe indicar que, el detalle de cómo se realizará la recolección de datos aplicando las diferentes técnicas y métodos se detallarán en esta sección.

Dentro de la primera parte de experimentación se recogió quince galones de agua como muestra, seguido de un análisis de forma conjunta para determinar los compuestos contaminantes y parámetros.

Luego se diseñó tres biofiltros con filtración mixta por gravedad para obtener una comparación futura y determinar el más eficiente. Se dividió la muestra en tres para cada uno de los biofiltros, luego se llevó un seguimiento diario de acuerdo a la dosificación y tiempo para determinar su factibilidad.

En la última fase después de tres meses de investigación, diseño, creación y experimentación se recolectó por separado el agua tratada como resultado de los tres tratamientos de biofiltración. Se procedió a realizar los análisis para verificar la reducción de contaminantes este será demostrado mediante la utilización de tiras reactivas o tiras catalizadoras de componentes para obtener resultados rápidos y limpios, demostrando cuál de los componentes resultó ser útil en el tratamiento del agua del Rio Guayas “Muelle Municipal Caraguay”

#### **3.2.4.5.1 Técnicas para medir parámetros.**

Nitritos - tirillas reactivas Quantoflix Tabla 21

Nitratos - tirillas reactivas Tabla 21

Turbidez - Turbidímetro ORBECO.HELLIGE

Tabla 23

Coliformes totales - Placas Petrifilm **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Dureza - tirillas reactivas Aquadur.

Tabla 22

pH – pHmetro Tabla 24

### 3.2.5 Análisis estadístico

Para la elaboración de este proyecto se realizó un análisis de estadística descriptiva e inferencial. Para el cual se realizó un diseño completamente al azar, con un análisis de la varianza **ANOVA** el cual se utilizará para evaluar diferencias debido al factor de tratamiento a saber las medidas de las variables independientes propuestas. Esta prueba se realizó para contraste de igualdad de las medidas para tres o más tratamientos de muestras independientes (Pérez, 2016).

**Tabla 2. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)**

Fuente de variación	Formula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	$(T - 1)$	$4 - 1$	3
Repeticiones (r-1)	$(R - 1)$	$3 - 1$	2
Error	$(GIT) \times (GIR)$	$3 \times 2$	6
<b>Total (n-1)</b>	<b><math>(T \times R) - 1</math></b>	<b><math>(4 \times 3) - 1</math></b>	<b>11</b>

Pozo, 2020

### 3.2.6 Hipótesis estadística

Ho:  $T1 = T2 = T3 = T4$

Hi: Al menos uno de los tratamientos en estudios debe presentar una diferencia en comparación con los otros tratamientos

## 4. Resultados

### 3.1 Concentración de contaminantes del agua del Río Guayas, Muelle Municipal Caraguay mediante análisis de laboratorio.

Para la recolección de las muestras del agua de río Guayas sector muelle de la Caraguay se tomó como referencia la Norma Técnica INEN 2176 para muestreo y técnica de muestro, también la Norma Técnica INEN 2169 para muestreo y conservación de muestras, mantener estos protocolos es importante ya que no asegura resultados confiables.

Se utilizaron envases plásticos esterilizados, para la toma de las muestras de agua, Una vez tomadas las muestras se rotularon y posteriormente se conservaron en un cooler a una temperatura de 10 °C y se transportaron hasta el laboratorio de agua y suelo de la Universidad Agraria del Ecuador, donde se realizaron los respectivos análisis.

En la tabla 3 y figura 1 se muestran los resultados iniciales obtenidos de los análisis de laboratorio, los cuales fueron obtenidos de las muestras de agua tomadas en el río Guayas sector muelle de la Caraguay.

**Tabla 3. Resultados de la caracterización inicial**

Parámetro	Unidades	Resultados
Sólidos totales disueltos	mg/l	1921
Nitrato	mg/l	50
Nitrito	mg/l	10
Potencial de hidrógeno (pH)	Nivel de pH	7.18
Turbidez	NTU	6.47
Dureza	mg/l	4.5

Pozo, 2020

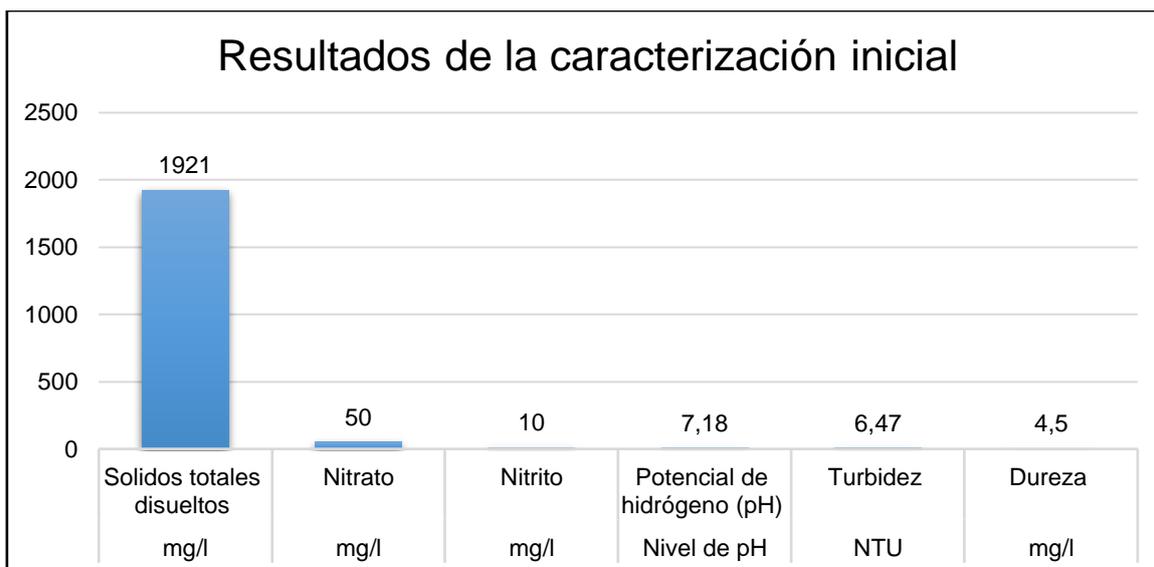


Figura 1. Resultados de la caracterización Inicial  
Pozo, 2020

### 3.2 Sistema de tratamiento a través de la biofiltración utilizando desecho orgánico como lecho de filtrado.

Para evaluar los filtros, se realizó una prueba piloto, se diseñaron los filtros con botellas de gaseosa de tres litros, pegamento, llaves de agua, se realizaron tres tipos de filtro, cada uno con diferentes materiales para evaluar a eficiencia de cada uno, continuación se muestra el diseño de los filtros u su composición.

**Tabla 4. Composición del filtro básico**

Materiales	Cantidad
Arena	0.346 kg
Grava fina	0.333 kg
Grava gruesa	0.336 kg
Zeolita	0.356 kg
Carbón activado	0.800 kg

**Tabla 5. Composición del filtro con cáscara de huevo y viruta**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Arena	0.346 kg
Grava fina	0.333 kg
Grava gruesa	0.336 kg
Zeolita	0.356 kg
Carbón activado	0.800 kg
Viruta	0.175 kg
Cáscara de huevo	425.25 g



Pozo, 2020

**Tabla 6. Composición del filtro con fibra de coco y viruta**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Arena	0.346 kg
Grava fina	0.333 kg
Grava gruesa	0.336 kg
Zeolita	0.356 kg
Carbón activado	0.800 kg
Viruta	0.175 kg
Fibra de coco	22.68 g

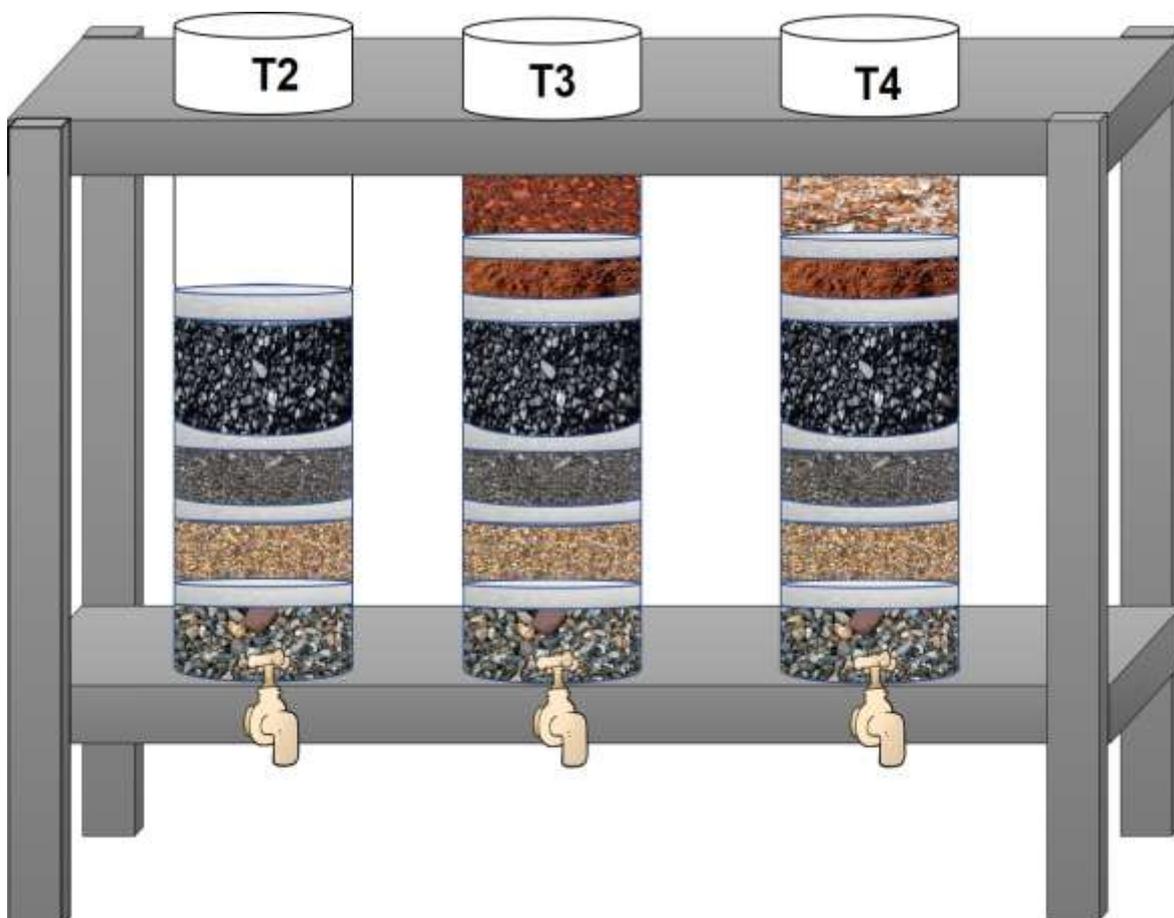


Pozo, 2020

**Tabla 7. Composición de los tratamientos en estudios**

	<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Tiempo</b>
<b>T1</b>	Análisis inicial (Testigo)	0	0
<b>T2</b>	Filtro base (Graba fina y gruesa, arena, Zeolita, Carbón activado)	20 % de cada uno	1 hora
<b>T3</b>	Filtro (Cáscara de huevo +Serrín)	75/ 25 %	1 hora
<b>T4</b>	Filtro (Cáscara de coco +Serrín)	75/ 25 %	1 hora

Pozo, 2020

Figura 2. Diseño de filtros utilizados  
Pozo, 2020

### 3.3 Factibilidad técnica del biofiltro mediante análisis de contaminación final para la obtención de agua de uso doméstico no alimenticio.

Una vez realizado el ensayo con los filtros, se procedió a la toma de muestras para ser analizadas en el laboratorio de agua y suelo de la Universidad Agraria del Ecuador, posteriormente a la realización de cada uno de los parámetros propuestos, se registraron los datos para la realización del método estadístico planteado, el cual es un diseño completamente al azar con análisis de varianza (ANOVA) y test de Tukey al 5 % de probabilidad.

#### 3.3.1 Sólidos totales disueltos (STD)

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de los sólidos totales disueltos se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 8 se obtuvo un p-valor de 0,0012 con un nivel de significancia menor a 0,05 %, mientras que en el test de Tukey tabla 9, se demostró que al menos un tratamiento en estudio es diferente con respecto a las medias, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa (Hi) y se rechaza la hipótesis nula (Ho).

**Tabla 8. Resultado del análisis de varianza del STD**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	3067370,00	3	1022456,67	14,77	0,0013
<b>Tratamientos</b>	3067370,00	3	1022456,67	14,77	0,0013
<b>Error</b>	553628,67	8	69203,58		
<b>Total</b>	3620998,67	11			

Pozo, 2020

**Tabla 9. Resultado del test de Tukey al 5 % del STD**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	1921,67	3	151,88	A
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	1532,00	3	151,88	A
Filtro 3 (Cáscara de huevo +viruta)	1369,00	3	151,88	A
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita, c. a)	536,00	3	151,88	B

Pozo, 2020

En la figura 3 se observa la distribución de los tratamientos de manera descendente, donde el filtro base 1 tuvo mayor efectividad en la remoción de sólidos totales disueltos a diferencia del testigo.

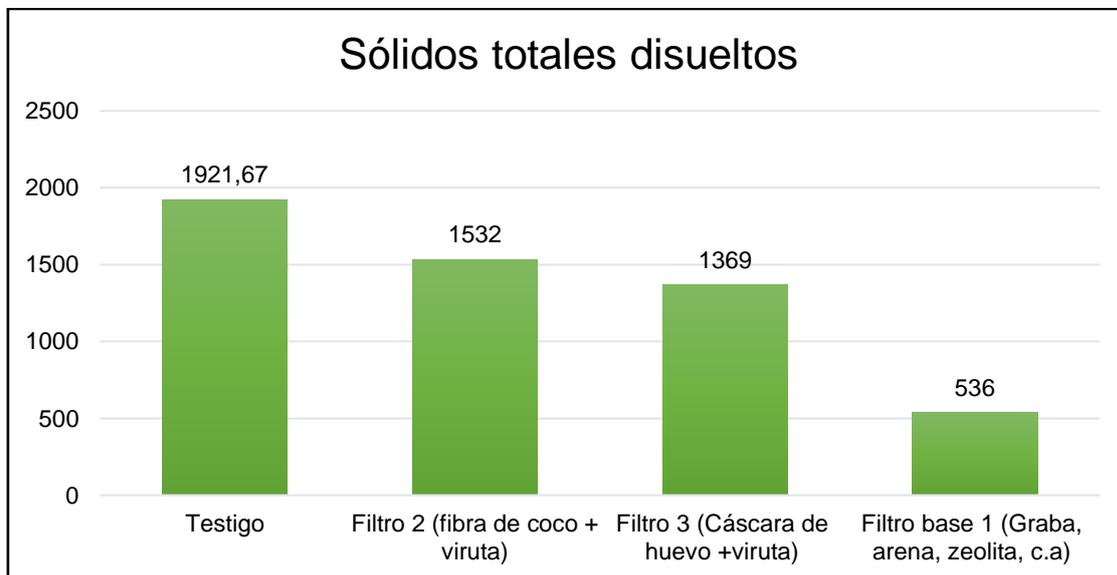


Figura 3. Resultado de los Sólidos totales disueltos Pozo, 2020

### 3.3.2 Turbidez

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la turbidez se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 10 se obtuvo un p-valor de 0,1280 con un nivel de significancia mayor a 0,05 %, mientras que en el test de Tukey tala 11, se demostró que todos los tratamientos en estudio son iguales, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alternativa (Hi).

**Tabla 10. Resultados del análisis de varianza de la turbidez**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	32,06	3	10,69	2.53	0,1280
<b>Tratamientos</b>	32,06	3	10,69	2.53	0,1280
<b>Error</b>	33,39	8	4,17		
<b>Total</b>	65,44	11			

Pozo, 2020

**Tabla 11. Resultados del test de Tukey de la turbidez**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	6,48	3	1,18	A
Filtro 3 (Cáscara de huevo + viruta)	5,85	3	1,18	A
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	5,56	3	1,18	A
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita, c.a)	2,27	3	1,18	A

Pozo, 2020

En la figura 4 se observa la distribución de los tratamientos de manera descendente, según los análisis estadísticos todos los tratamientos son iguales, sin embargo, el filtro base 1 tuvo mayor efectividad en la remoción de turbidez a diferencia del testigo.

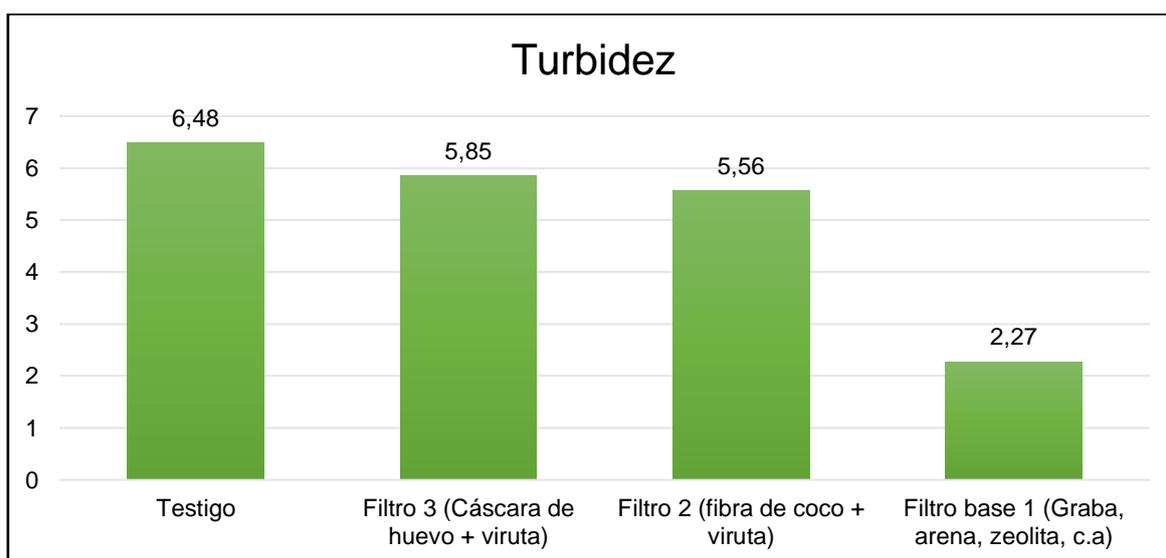


Figura 4. Resultados de la turbidez  
Pozo, 2020

### 3.3.3 Dureza

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio de la dureza se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 12 se obtuvo un p-valor de 0,1731 con un nivel de significancia mayor a 0,05 %, mientras que en el test de

Tukey tala 13, se demostró que todos los tratamientos en estudio son iguales, por lo tanto se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

**Tabla 12. Resultados del análisis de varianza de la dureza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	0,65	3	0,22	2,14	0,1731
<b>Tratamientos</b>	0,65	3	0,22	2,14	0,1731
<b>Error</b>	0,81	8	0,10		
<b>Total</b>	1,47	11			

Pozo, 2020

**Tabla 13. Resultados del test de Tukey de la dureza**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	4,50	3	0,18	A
Filtro 3 (Cáscara de huevo + viruta)	4,50	3	0,18	A
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita, c.a)	4,03	3	0,18	A
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	4,03	3	0,18	A

Pozo, 2020

En la figura 5 se observa la distribución de los tratamientos de manera descendente, según los análisis estadísticos todos los tratamientos son iguales, sin embargo, el filtro base 1 y filtro 2 tuvieron mayor efectividad en la estabilización de la dureza a diferencia del testigo.

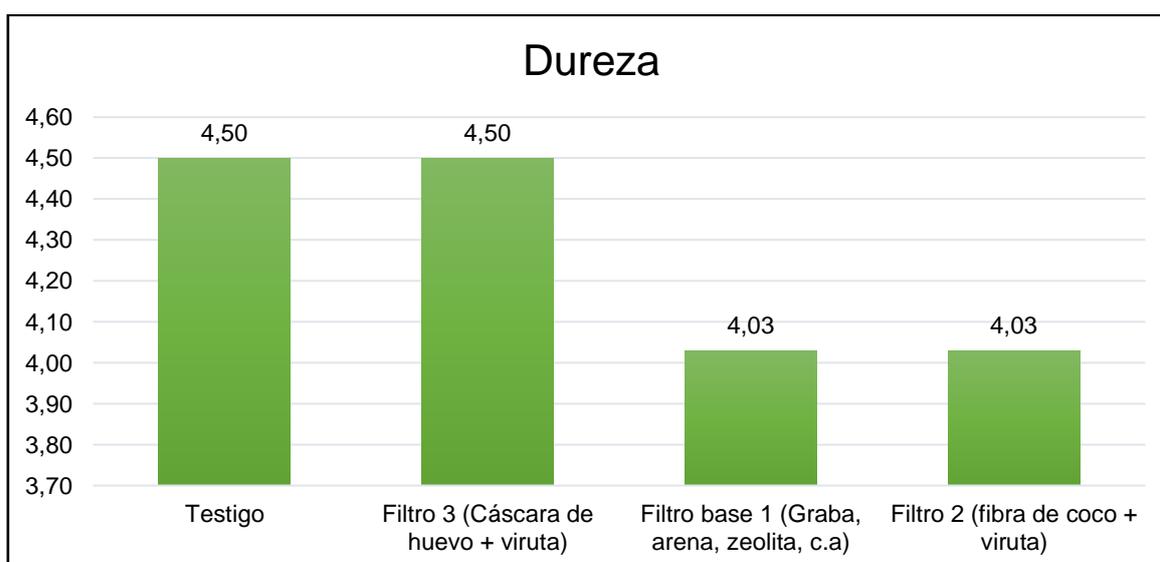


Figura 5. Resultados de la dureza

Pozo, 2020

### 3.3.4 Nitrato

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio del nitrato se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 14 se obtuvo un p-valor de 0,0001 con un nivel de significancia menor a 0,05 %, mientras que en el test de Tukey tala 15, se demostró que al menos un tratamiento en estudio es diferente con respecto a las medias, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (Hi) y se rechaza la hipótesis nula (Ho).

**Tabla 14. Resultados del análisis de varianza del nitrato**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	4772,92	3	1590,97	33,20	0,0001
<b>Tratamientos</b>	4772,92	3	1590,97	33,20	0,0001
<b>Error</b>	383,33	8	47,92		
<b>Total</b>	5156,25	11			

Pozo, 2020

**Tabla 15. Resultados del test de Tukey del nitrato**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Testigo	50,00	3	4,00	A
Filtro 3 (Cáscara de huevo + viruta)	11,67	3	4,00	B
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	3,33	3	4,00	B
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita, c.a)	0,00	3	4,00	B

Pozo, 2020

En la figura 6 se observa la distribución de los tratamientos en estudio de manera descendente, donde según el análisis estadístico dio como resultado que al menos un tratamiento es diferente, el filtro base 1 tuvo mayor efectividad en la depuración del nitrato a diferencia del testigo.

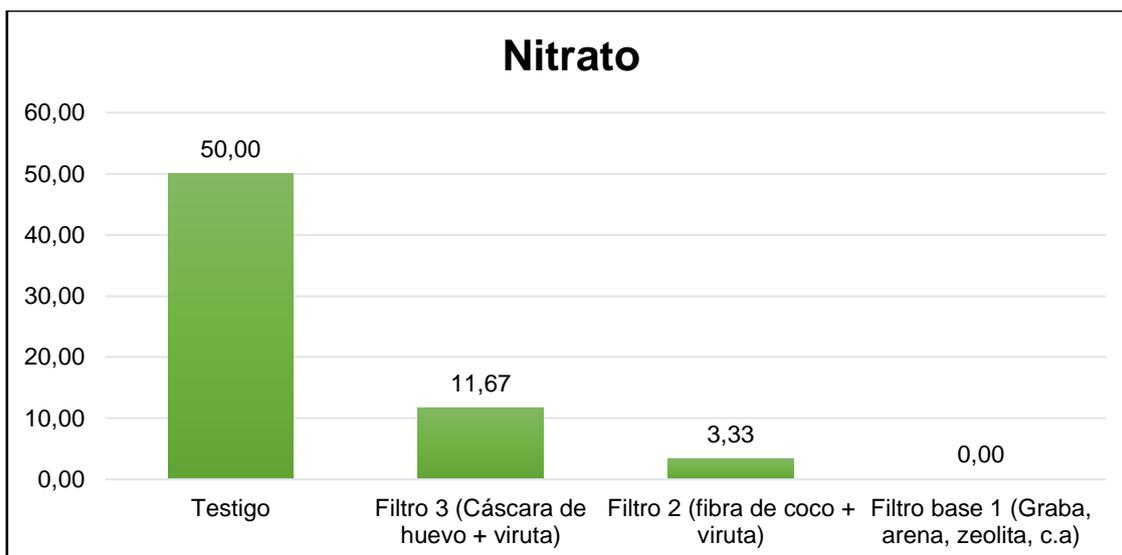


Figura 6. Resultados del nitrato  
Pozo, 2020

### 3.3.5 Nitrito

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio del nitrito se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 16 se obtuvo un p-valor de 0,0002 con un nivel de significancia menor a 0,05 %, mientras que en el test de Tukey tala 17, se demostró que al menos un tratamiento en estudio es diferente con respecto a las medias, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (Hi) y se rechaza la hipótesis nula (Ho).

**Tabla 16. Resultados del análisis de varianza del nitrato**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	163,00	3	54,33	26,08	0,0002
<b>Tratamientos</b>	163,00	3	54,33	26,08	0,0002
<b>Error</b>	16,67	8	2,08		
<b>Total</b>	179,67	11			

Pozo, 2020

**Tabla 17. Resultados del test de Tukey del nitrato**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	10,00	3	0,83	A
Filtro 3 (Cáscara de huevo + viruta)	3,33	3	0,83	B
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita, c.a)	1,00	3	0,83	B
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	1,00	3	0,83	B

Pozo, 2020

En la figura 7 se observa la distribución de los tratamientos en estudio de manera descendente, donde según el análisis estadístico dio como resultado que al menos un tratamiento es diferente, el filtro base 1 y el filtro 2 tuvieron mayor efectividad en la depuración del nitrito a diferencia del testigo.

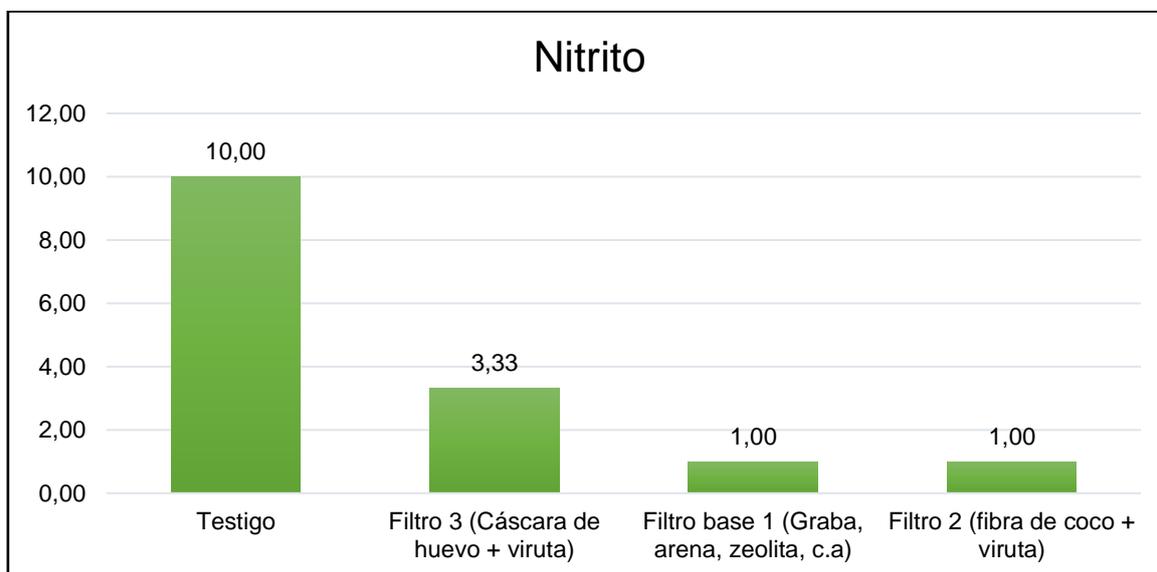


Figura 7. Resultados del nitrito  
Pozo, 2020

### 3.3.6 Potencial de hidrógeno (pH)

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis de laboratorio del potencial de hidrógeno se demostró que; mediante el análisis de varianza tabla 18 se obtuvo un p-valor de 0,1025 con un nivel de significancia mayor a 0,05 %, mientras que en el test de Tukey tabla 19, se demostró que todos los tratamientos en estudio son iguales, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

**Tabla 18. Resultados del análisis de varianza del pH**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	1,11	3	0,37	2,89	0,1025
<b>Tratamientos</b>	1,11	3	0,37	2,89	0,1025
<b>Error</b>	1,03	8	0,13		
<b>Total</b>	2,14	11			

Pozo, 2020

**Tabla 19. Resultado del test de Tukey del pH**

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Filtro 3 (Cáscara de huevo + viruta)	7,28	3	0,21	A
Testigo	7,18	3	0,21	A
Filtro 2 (fibra de coco + viruta)	6,92	3	0,21	A
Filtro base 1 (Graba, arena, zeolita c.a)	6,49	3	0,21	A

Pozo, 2020

En la figura 8 se observa la distribución de los tratamientos en estudio de manera descendente, donde según el análisis estadístico dio como resultado que al menos un tratamiento es diferente.

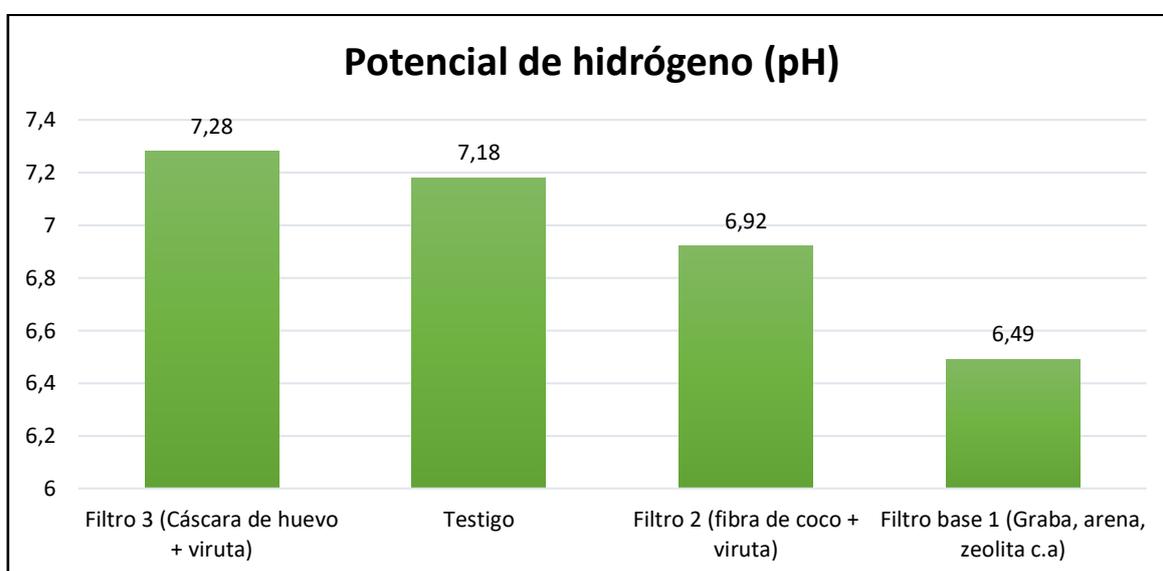


Figura 8. Resultados del potencial de hidrógeno (pH)

Pozo, 2020

### 3.3.7 Evaluación de la efectividad de los filtros

Para conocer la eficiencia de los filtros diseñados a escala laboratorio se realizó una caracterización inicial de los parámetros planteados, y una caracterización de los filtros, se aplicó el método estadístico con estos datos se procedió a calcular la efectividad de cada filtro la fórmula de la eficiencia.

$$E = \frac{CI - CF}{CI} \times 100$$

**E**= Eficiencia

**CI**= Concentración inicial

**CF**=concentración final

En la tabla 20 y figura 9 se muestran los niveles de eficiencia de los filtros en estudio, donde se puede observar que el filtro base (T2) tuvo la mayor eficiencia en cuanto a los parámetros analizados, sin embargo, el filtro 3 con fibra de coco (T3) también mostró resultados favorables para la estabilización del nitrato y potencial de hidrógeno.

**Tabla 20. Eficiencia de los filtros**

Parámetros	Unidades	Eficiencia de los filtros	
Nitrato	mg/l	T2 filtro base	100 %
Nitrito	mg/l	T2 filtro base + T3 filtro fibra de coco	90 %
Sólidos totales disueltos	mg/l	T2 filtro base	72 %
Turbidez	NTU	T2 filtro base	64 %
Dureza	mg/l	T2 filtro base + T3 filtro fibra de coco	10 %
Potencial de hidrógeno	Nivel de pH	T3 filtro de fibra de coco	3,6 %

Pozo, 2020

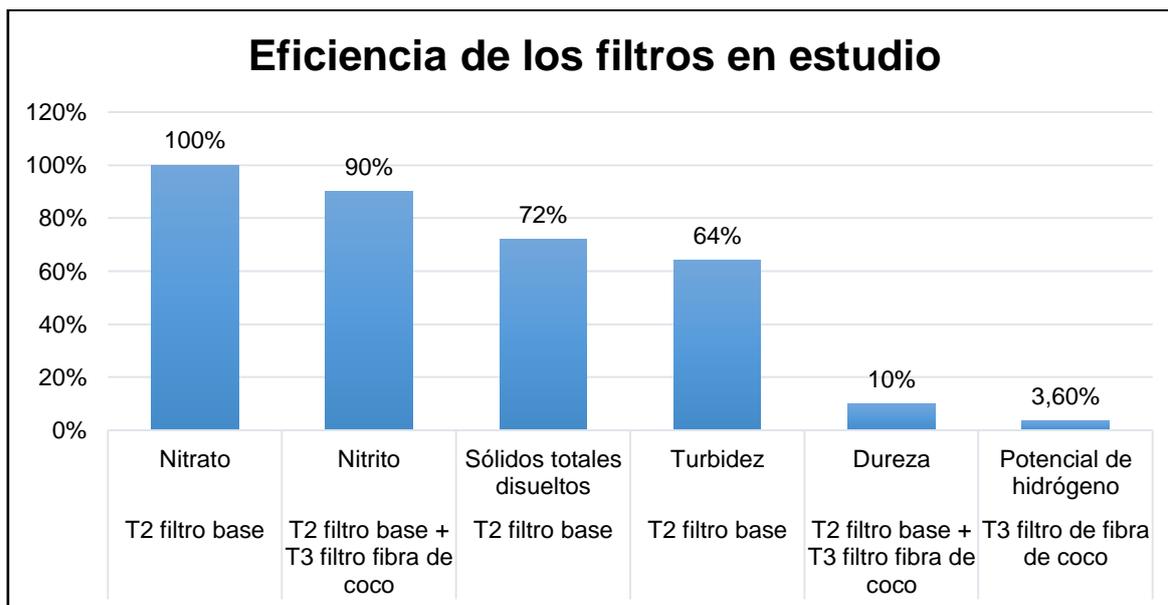


Figura 9. eficiencia de los filtros en estudio  
Pozo, 2020

## 5. Discusión

La presente investigación evaluó la eficiencia de filtros para la depuración de agua superficiales del río Guayas, con el fin de conocer la efectividad de estos filtros se plantearon los siguientes parámetros, sólidos totales disueltos, turbidez, dureza, nitrato, nitrito y potencial de hidrógeno.

Según los resultados obtenidos para la remoción de sólidos totales disueltos (STD) y la turbidez el filtro base con grava, arena, zeolita y carbón activado tuvo una mayor eficiencia para los STD tuvo una eficiencia de 72 % y para la turbidez tuvo 64 %, lo cual concuerda con los resultados de la investigación de Carreño, Lucas, Hurtado, Barrios y Silva (2018), donde se realizó filtros a partir de arena grava, zeolita y tuvieron una eficiencia de 96,92 % para los sólidos totales disueltos y 88,00 % para la turbidez.

Mientras que Jiménez (2016) realizó un ensayo nivel laboratorio con un filtro a partir de bagazo de caña, aserrín, carbón activado y grava para el tratamiento de agua de lubricadoras dando una eficiencia del 88.45 % de remoción de turbidez.

Para la estabilización de la dureza los filtros con mejor resultados fueron el T2 filtro base y T3 filtro con fibra de coco, dando un nivel de eficiencia de 10 %, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Avila y Moreno (2016) donde se realizó un ensayo para evaluar la eficiencia de un filtro con arena fina, arena gruesa, grava lo cual dio como resultado 1,25 % de eficiencia para la dureza.

Larrea (2015) realizó un diseño de filtros a partir de arena, grava y zeolita para el tratamiento de agua de uso domésticos, lo cual demostró que estos filtros tuvieron mayor efectividad de 2.86 % en el pH, 19.23 % en nitratos, 86.36 % en nitritos y 32.14 % en la dureza, lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación.

Mientras que para Rossi (2017) en su investigación evaluó la efectividad de los filtros a partir de Ceniza de cáscara de arroz (carbón vegetal) y arena dando como resultados para los sólidos totales disueltos un 2.35 %, para la dureza 2.02 % mientras que para la turbidez tubo una mayor efectividad de 99.97 %, sin embargo en la investigación realizada dio mejores resultados para los nitritos, nitratos y solidos totales disueltos.

Según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 (2015) los nitratos no pueden exceder los 50 mg/l y los nitritos no puedes exceder los 0.02 mg/l, la turbidez los 100 NTU, sin embargo mediante la utilización de los filtros se loco cumplir con los establecidos, ya que el nitrato dio como resultado final 0.00 mg/l el nitrito 1.00 mg/l y la turbidez 2.27 NTU, lo cual se encuentra dentro d ellos establecido.

En la presente investigación, los niveles de potencial de hidrogeno (pH) se encontraban dentro de los límites máximos permisible según el Acuerdo Ministerial 097-A Anexo, sin embargo se demostró una mejor estabilización con el filtro de fibra de coco, lo cual concuerda con los resultados de la investigación realizada por Reyes (2016) donde mediante la implementación de un filtro a partir de fibra de coco estabilizo el pH a 6.9.

Finalmente se demostró el tratamiento 2 que contenía el filtro básico con arena, grava, zeolita y carbón activo tuvo la mayor efectividad con respecto a los parámetros planteados, dando mejores resultados con los sólidos totales disueltos, turbidez, nitritos y nitratos lo cual concuerda con los resultados favorables obtenidos en la investigación de (Gaitan, 2019).

## 6. Conclusiones

Para conocer la efectividad de los filtros se realizó una caracterización inicial el cual se demonio como tratamiento 1 (testigo), de esta manera saber si abría un cambio con respecto a los parámetros propuestos, lo cual inicialmente se conoció que los sólidos totales disueltos (STD) se encontraban en 1321 mg/l, la turbidez en 6.47 NTU, la dureza 4.5 mg/l nitratos 50 mg/l, nitritos 10 mg/l y el potencial de hidrógeno 7.18, algunos de estos parámetros están fuera de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1

El filtro diseñado a escala laboratorio permitió conocer su efectividad mediante la depuración del agua tomadas en el río Guayas sector muelle de la Caraguay, para lo cual se emplearon material de bajo costo y fácil manejo, se inició con un filtro base el cual representa el tratamiento 2, para la estructura del filtro base se utilizaron botella de gaseosa de tres litros, esponjas, arena, grava fina y gruesa, zeolita y carbón activado, para los otros dos filtros se le agrego fibra de coco y viruta de madera el cual representa el tratamiento 3 y el otro filtro con cáscara de huevo y viruta de madera denominado tratamiento 4, en un tiempo de filtrado de 1 hora por cada tratamiento.

Para conocer la efectividad de los filtros se realizó un análisis de laboratorio final de los parámetros propuestos, y se realizó un análisis estadístico para conocer cuál de los filtros presentaba mayor efectividad, lo cual dio como resultados que el tratamiento 2 filtro base dio mayor efectividad en todos los tratamientos, sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento 3 el filtro con fibra de coco demostró efectividad para la dureza, nitrito y pH.

Finalmente se para conocer la eficiencia de los filtros se aplicó la fórmula de la eficiencia de esta manera conocer el porcentaje de remoción de los parámetros

analizados, dando como resultado que para el nitrato tuvo una eficiencia del 100 %, para los nitrito 90 %, los sólidos totales disueltos fue efectivo en un 72 %, mientras que para la turbidez demostró una eficiencia de 64 %, para la dureza 10 % y para el pH 3.6 %, quedando demostrado que el filtro base tuvo mayor efectividad.

## 7. Recomendaciones

Es importante tener en cuenta que, para la comparación de los resultados, se debe realizar una caracterización inicial la cual debe servir como soporte guía para conocer la concentración inicial y la final, igualmente es importante realizar el muestreo mediante la aplicación de procedimientos estipulados en las normativas vigentes, para que no se altera las muestras.

Con respecto a los diseños de los filtros, es importante evaluar las cantidades de los materiales que se van a utilizar, también conocer la naturaleza de los materiales filtrantes, ya que esto podría mejorar la eficiencia de los filtros, igualmente considerar el tiempo de filtración, o implementar sistemas de recirculación.

Con respecto a los resultados obtenidos de las caracterizaciones iniciales y finales se conoció que el filtro básico tuvo mayor efectividad por lo que es importante recomendar, que se realicen ensayo de filtros con otros materiales ricos en celulosa y con porosidad, como la cascara de maní, olotes de maíz, cascara de arroz entre otros, de esta manera poder evaluar la efectividad.

Finalmente es importante que el agua empleada para uso domésticos cumpla con las características físicas químicas y microbiológicas para uso domésticos tal como se indica en el Acuerdo Ministerial 097- A Anexo 1, de esta manera se asegura la salud de la población.

## 8. Bibliografía

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de afluentes: Recurso agua*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- Arboleda, N. (2008). Metodología para una Auditoría con enfoque ambiental. *Guía Metodológica para las Auditorías Ambientales realizadas por las Entidades Fiscalizadoras Superiores.*, 3-4. Obtenido de [http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4\\_ven\\_gui\\_met\\_aud\\_ambi.pdf](http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ven_gui_met_aud_ambi.pdf)
- ASECA Soluciones Ambientales, Soluciones Integrales. (2005). *Residuos Peligrosos Industriales con clave "CRETI"*. Obtenido de Toxicidad Ambiental e Inflamabilidad: <https://www.aseca.com/servicios/residuos-peligrosos-industriales>
- Avila, B. I., & Moreno, F. M. (2016). *Diseñar una propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de agua de uso doméstico en tanques de reserva de en la población el Casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima*. Bogotá D.C: Tesis de grado: Universidad Libre. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%202011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, E. (2009). *Las aguas residuales*. Obtenido de Plantas o Estaciones Depuradoras: [http://mimosa.pntic.mec.es/vgarci14/aguas\\_residuales.htm](http://mimosa.pntic.mec.es/vgarci14/aguas_residuales.htm)
- Carolina Puerta, R. E. (03 de 2014). Métodos centrales para el establecimiento del proyecto de monitoreo. *Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá*, 18-51. Obtenido de <file:///C:/Users/DAVID%20POZO/Downloads/PineroEtAlManualBioDiversitySpanish-1.pdf>

- Carranza, A. (14 de 03 de 2012). *Sistema de Produccion de baterias*. Obtenido de Proceso de Baterías: <https://es.slideshare.net/albertojecca/sistema-de-produccion-de-baterias-ppt>
- Carreño, M. Á., Lucas, V. L., Hurtado, E. A., Barrios, M. R., & Silva, A. R. (2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la microcuenca del río Carrizal, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 76-87. doi:<http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp76-87p>
- Castillo, J. (2017). *El impacto de las Baterias en el Medio Ambiente*. Obtenido de Daños al Ambiente: <https://cceeaa.mx/blog/sustentabilidad/el-impacto-de-las-baterias-en-el-medio-ambiente>
- COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización). (2012). Propuestas de reforma al COOTAD presentadas por AME, con gran acogida en la Asamblea Nacional. *Comisión de Gobiernos Autónomos Descentralizados de la Asamblea Nacional*, 62-90. Obtenido de [https://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad\\_2012.pdf](https://www.ame.gob.ec/ame/pdf/cootad_2012.pdf)
- Davidson, N. (2010). Directrices sobre evaluación del impacto ambiental y evaluación ambiental estratégica, incluida la diversidad biológica. *Evaluación del impacto*, 25-52. Obtenido de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-16sp.pdf>
- Echarri, L. (Marzo de 2012). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Obtenido de Escuela de Ingenieros de la Universidad de Navarra en San Sebastián (Tecnun): <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/13Residu/120ResIn d.htm>

- EPA (Environmental Protection Agency). (19 de 02 de 2017). *National Primary Drinking Water Regulations*. Obtenido de Ground Water and Drinking Water: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>
- Fao (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2017). *SIG aplicados al Territorio y Medio Ambiente*. Obtenido de Ordenación Territorial Rural: <https://geoinnova.org/blog-territorio/sig-aplicados-al-territorio-medio-ambiente/>
- Fernández, V. (2016). *Cómo se realiza un muestreo de agua*. Obtenido de Tipos de muestreos de agua: <https://geoinnova.org/blog-territorio/como-se-realiza-un-muestreo-de-vegetacion/>
- Gaitan, N. J. (2019). *Potabilización de agua mediante filtración y desinfección química*. Neiva, Colombia: Tesis de grado: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/11101/2/2019-Tratamiento-agua-Potable.pdf>
- Hernández, D. (12 de 10 de 2012). *Auditoría Ambiental*. Obtenido de Metodos y Procedimientos de la Auditoría Ambiental: <https://es.scribd.com/doc/132373237/AUDITORIA-AMBIENTAL>
- Hernández, L. S. (2009). Contraloría General del Estado. *Guía de Auditoría Ambiental*, 12. Obtenido de Evolución de los aspectos ambientales: <http://www.contraloria.gob.ec/documentos/normatividad/2%20Guia%20Auditoria%20Ambiental.pdf>
- Hidalgo, L. J. (2002). *Bases conceptuales del Enfoque Lógico*. Washington, D.C.: Team Technologies. Obtenido de

[https://www.paho.org/col/index.php?option=com\\_docman&view=download  
&category\\_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=188-enfoque-  
logico-para-la-gestion-de-proyectos-en-la-ops&Itemid=688](https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=188-enfoque-logico-para-la-gestion-de-proyectos-en-la-ops&Itemid=688)

Hidalgo, L. J. (2003). *Énfoco Lógico en la Gestión de Proyectos en la Ops. Organización Panamericana de la Salud*, 2. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud :

[https://www.paho.org/col/index.php?option=com\\_docman&view=download  
&category\\_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=188-enfoque-  
logico-para-la-gestion-de-proyectos-en-la-ops&Itemid=688](https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=188-enfoque-logico-para-la-gestion-de-proyectos-en-la-ops&Itemid=688)

INEN (Norma Técnica Ecuatoriana). (2015). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluente: Recurso Agua. *Límetes Permisibles*, 5. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Insst. (2018). *Valores Limite de Exposición Profesional para Agentes Químicos*. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20\\_VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2018/Limites2018.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Valores%20limite/Limites2018/Limites2018.pdf)

Jiménez, C. (2017). *Qué son y cómo se tratan las aguas residuales*. Obtenido de [https://harmonia.la/ecologia/que\\_son\\_y\\_como\\_se\\_tratan\\_las\\_aguas\\_residuales](https://harmonia.la/ecologia/que_son_y_como_se_tratan_las_aguas_residuales)

Jiménez, N. M. (2016). *Evaluación de un filtro artesanal de efluentes de una lavadora de autos a base de bagazo de caña, aserrín, ceniza de carbón vegetal y grava*. Ambato: Tesis de grado: Universida Técnica de Ambato. Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24179/1/Tesis%201058%20-%20Jim%C3%A9nez%20Navas%20Maricela%20Nataly.pdf>

Juan, P. (2007). *Manejo del Ambiente y Riesgos Ambientales en la región Fresera del estado de México*. Obtenido de La ecología cultural: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/235/33.htm>

Julian, S. (2020). *First Edition Content Available*. Washington, D.C., U.S.: American Anthropologist. Obtenido de <https://www.britannica.com/biography/Julian-Steward#ref81829>

Kuster, J. (2015). *Project Management Handbook*. Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg. Obtenido de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45373-5\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45373-5_2)

Larrea, V. C. (2015). *Aplicación de un filtro de zeolita para potabilización de agua nivel domiciliario sitio palestina cantón el Guabo provincia El Oro*. Machala: Tesis de grado: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3120/1/TESIS%20-%20JONATHAN%20LARREA.pdf>

León, J. (2018). Ecología humana y social Tema: Paisaje y la ley de la propiedad de la tierra y la cultura. *Ciencia en Transición*, 20. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/14117681/>

loduñe, M. (12 de 2017). *Tipos de proyectos*. Obtenido de Elementos del proyecto: <https://concepto.de/que-es-proyecto/>

Martinez, L. (2012). *Manual de Auditoría Gubernamental*. Managua-Nicaragua: Contraloría General de la República . Obtenido de Manual de Auditoria Gubernamental: <https://kardauni08.files.wordpress.com/2010/09/mag-parte-vi-auditoria-ambiental.pdf>

- Meštrović, T. (03 de Agosto de 2017). *Una guía a la expresión génica de comprensión*. Obtenido de Cuál es la expresión Génetica: [https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Gene-Expression-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Gene-Expression-(Spanish).aspx)
- Montes, A. M. (2015). *Regulación de la expresión génica*. Obtenido de Niveles de control de la expresión génica: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1473&sectionid=102743132>
- Mostacedo, B. (2014). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Obtenido de Proyecto de Manejo Forestal Sostenible: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Narvaez, A. A. (2012). *Tipos de muestreo de vegetación*. Obtenido de Muestreo de Agua: <https://es.slideshare.net/Gordadri/deber-de-tics-13202914>
- Navarra, D. (2017). Residuos Peligrosos. *Sustancias Sólidas, Líquidas, Gaseosas*, 20. Obtenido de <https://www.ejemplos.co/15-ejemplos-de-residuos-peligrosos/#ixzz5YDcEue4f>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2016). *La conservación de la calidad del agua dulce*. Obtenido de Calidad de Agua : <https://www.who.int/topics/water/es/>
- Pérez, A. (2016). *Métodos Multivariantes en Bioestadística*. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y fibra de cocoutilizado como empaque para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Enfoque UTE*, 7(3), 41-56. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00041.pdf>

- Rodríguez, J. d. (17 de 08 de 2016). Las pilas y su efecto en el medio ambiente. *El Telégrafo*, págs. 5-8. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/cartas/1/las-pilas-y-su-efecto-en-el-medio-ambiente>
- Rossi, S. G. (2017). *Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales*. Arequipa, Perú: Tesis de maestría: Universidad de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, F. S. (01 de 2008). *Programa de Tecnología en la Gestión Pública Ambiental*. Obtenido de Ecología Humana : [http://www.esap.edu.co/portal/download/módulos\\_pregrado/tecnología\\_en\\_gestión\\_pública\\_ambiental/semestre\\_iii/4\\_ecologia\\_humana.pdf](http://www.esap.edu.co/portal/download/módulos_pregrado/tecnología_en_gestión_pública_ambiental/semestre_iii/4_ecologia_humana.pdf)
- Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial*. (2015). Obtenido de <https://civilgeeks.com/2017/01/09/sistemas-informacion-geografica-ordenamiento-territorial/>
- SONAMI (Sociedad Nacional de Minería de Chile). (12 de 06 de 2012). Etapas del Proceso Productivo de una Mina. *Antofagasta Minerals*. Obtenido de <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>
- Sula, V. (2016). *Aplicación de Sig en la Planificación Territorial*. Obtenido de Cartografía: <http://mesaordenamientovalledesula.blogspot.com/2016/07/aplicacion-del-sig-en-la-planificacion.html>

Uchuya, A. A. (23 de Marzo de 2015). *Características de los residuos que permiten calificarlos como peligrosos*. Obtenido de Residuos Industriales Peligrosos: <http://www.emgrisa.es/publicaciones/residuos-industriales-peligrosos/>

UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization). (2012). El enfoque por Competencias y sus Aportes en la Gestión de Recursos Humanos. *Principios de la Gestión por Competencias*, 15. Obtenido de <https://www.buenosaires.iiiep.unesco.org/portal/nuevo-enfoque-para-desarrollar-capacidades-y-modelos-de-gesti-n>

Urs Witschi, R. W. (2016). *Preliminary Thoughts: What is a Project?* Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg. Obtenido de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-68173-1\\_20](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-68173-1_20)

Valdés, M. (06 de 2013). *Modelos de evaluación de proyectos sociales*. Obtenido de Modelos globales: [https://www.mapunet.org/documentos/mapuches/modelos\\_evaluacion.pdf](https://www.mapunet.org/documentos/mapuches/modelos_evaluacion.pdf)

Valdez, M. (2015). *Modelos de evaluación* . Obtenido de Modelos analíticos: [https://www.mapunet.org/documentos/mapuches/modelos\\_evaluacion.pdf](https://www.mapunet.org/documentos/mapuches/modelos_evaluacion.pdf)

Villamar, C. (2015). *Extracción de Recursos Mínerales*. Obtenido de Tratamiento de Aguas de Exceso: <http://fabricadeideas.pe/wp-content/uploads/2014/04/ProcesosYanacocha.pdf>

## 9. Anexos



Figura 10 Determinación del área referencial de la ubicación del proyecto Pozo, 2020



Figura 11. Mercado La caraguay Pozo, 2020



Figura 12. Toma de muestras de agua en el muelle del mercado La caraguay Pozo, 2020



Figura 13. Materiales utilizados para el filtro base Pozo, 2020



Figura 14. Residuos orgánicos utilizados en los filtros  
Pozo, 2020



Figura 15. Filtro base  
Pozo, 2020



Figura 16. Filtro de carbón activado  
Pozo, 2020



Figura 17. Filtro con residuos orgánicos  
Pozo, 2020



Figura 18. Filtro compuesto  
Pozo, 2020



Figura 19. Diseño de los tres filtros  
Pozo, 2020



Figura 20. Muestras de agua antes y después del uso de los filtros  
Pozo, 2020



Figura 21. Evaluación de la turbidez  
Pozo, 2020



Figura 22. Evaluación del potencial de hidrógeno  
Pozo, 2020



Figura 23. Evaluación de nitritos y nitratos  
Pozo, 2020



Figura 24. Evaluación final de nitritos  
Pozo, 2020



Figura 25. Determinación de los sólidos totales disueltos  
Pozo, 2020

**Tabla 21 Técnicas para medir nitratos y nitritos****Nitritos y nitratos**

- 
- 1 Sumerja la tira con ambas almohadillas por 1s en la muestra (Quantoflix).
  - 2 Agite un poco para eliminar el exceso de liquido
  - 3 Espere 60s
  - 4 Compare la almohadilla reactiva con la escala de colores. En presencia de iones de nitratos, la almohadilla reactiva en la punta de la tira se tornará violeta rojizo. La almohadilla que se encuentra encima muestra la concentración de nitrito
- 

**Tabla 22 Técnicas para medir la concentración de dureza****Dureza**

- 
- 1 Sumerja la tira con ambas almohadillas por 1s en la muestra (Aquadur)
  - 2 Agite un poco para eliminar el exceso de liquido
  - 3 Espere 60s
  - 4 Compare la almohadilla reactiva con la escala de colores. En presencia de iones la almohadilla reactiva en la punta de la tira se tornará morado. La almohadilla que se encuentra encima muestra la concentración de dureza.
- 

**Tabla 23 Técnicas para medir la concentración de Turbidímetro****Turbidímetro.**

- 
- 1 Quitar el tapón rojo protector del depósito de la celda, conservar para prevenir la penetración de polvo durante el almacenaje.
  - 2 Seleccionar el intervalo deseado. Si la turbiedad de la muestra es mayor al intervalo seleccionado aparecerá Fig "1" en el lado izq. de la pantalla.
  - 3 En una celda limpia y seca, poner la muestra problema, llenando hasta el cuello, se requieren 20 ml mínimo de muestra.
  - 4 Tapar la celda y limpiar las huellas digitales, evitando dejar pelusa de la toalla de papel.
  - 5 Sostener el tubo por el tapón y agitar suavemente la celda. No sacudir vigorosamente para evitar la formación de burbujas.
  - 6 Insertar la celda en el turbidímetro y colocar la cubierta (tapa negra).
  - 7 Presionar el botón de prueba mantener por 5-10 segundos hasta que la lectura sea estable.
  - 8 Registrar la lectura que aparece en la pantalla.
-

**Tabla 24 Técnicas para medir la concentración de pH (pH) Potencial de hidrógeno**

- 1 Encienda el pH-metro presionando el botón “Encendido”
- 2 Prepare el electrodo de pH (opcional), instale el “Conector de la sonda” en el “enchufe de pH/BNC”
- 3 Ajuste el valor de la temperatura manual exactamente igual que la temperatura de la solución
- 4 Sujete el “Mango del Electrodo” con una mano e introduzca totalmente “la cabeza del sensor” en la solución a medir mientras mueve suavemente el electrodo.
- 5 La pantalla principal mostrará el valor de pH mientras que la pantalla inferior mostrará el valor de la temperatura ajustada manualmente.

DESCRIPCION DE GRAVAS Y ARENAS DE SILICE			
	DESCRIPCION	GRANULOMETRIA	USO
	GRAVA	1/2 A 1"	FILTROS DE AGUA POTABLE Y SERVIDA
	GRAVA	3/8" A 5/8"	FILTROS DE AGUA POTABLE Y SERVIDA
	GRAVA	3/16" A 5/8"	FILTROS DE AGUA POTABLE Y SERVIDA
	GRAVA	2/10	FILTROS AGUA POTABLE Y SERVIDAS. AREA DE CONSTRUCCION Y ORNAMENTAL
	GRAVA	2/4	FILTRO DE AGUA POTABLE Y SERVIDA, POZOS PROFUNDOS, EXTRACCION DE GAS, AREA DE CONSTRUCCION ENTRE OTROS.

Figura 26. descripción de la grava y arena  
Pozo, 2020