

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**TESIS**

---

**“TRATAMIENTO DE AGUA DEL RIO HUALLAGA POR MEDIO DE  
FILTRACION LENTA A ESCALA PILOTO, EN LA CIUDAD  
UNIVERSITARIA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE HUANUCO,  
2019”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: Orizano Ponce, Ana Paulina**

**ASESOR: Tarazona Mirabal, Herman Atilio**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2020**



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (  )
- Trabajo de suficiencia profesional (  )
- Trabajo de Investigación (  )
- Trabajo académico (  )

**LINEAS DE INVESTIGACIÓN:** Manejo sostenible de sistemas de abastecimiento, aguas residuales y pluviales.

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ( 2018-1019)**

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería Ambiental

**Disciplina:** Ingeniería Ambiental y Geología

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado a recibir: Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (  )
- UDH (  )
- Fondo Externo (  )

### DATOS DEL AUTORA:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47668834

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22411008

Grado/Título: Magíster en Educación Mención en Planeamiento educativo

Código ORCID: 0000-0001-5319-4708

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en Administración de la Educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Riveros Agüero, Elmer	Maestro en Administración y Gerencia en Salud	28298517	0000-0003-3727-5423
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Maestro en Ciencias de la educación, con mención en docencia en Educación Superior e Investigación	21257549	0000-0001-5596-0445



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
*Facultad de Ingeniería*

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:42 horas del día 29 del mes de noviembre del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)  
Mg. Elmer Riveros Agüero (Secretario)  
Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1368-2019-D-FI-UOH, para evaluar la **Tesis** intitulada:

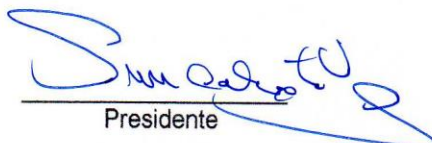
" TRATAMIENTO DE AGUA DEL RÍO HUALLAGA POR MEDIO  
DE FILTRACIÓN LENTA A ESCALA PILOTO, EN LA CIUDAD  
UNIVERSITARIA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE  
HUÁNUCO, 2019

.....", presentada por el (la) Bachiller Ana Paulina ORIZANO PONCE, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

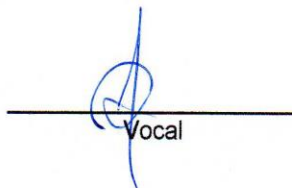
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de bueno (Art. 47)

Siendo las 16:16 horas del día 29 del mes de noviembre del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Presidente

  
Secretario

  
Vocal

## DEDICATORIA

**A Dios**, que es señor de señores, Rey de Reyes, por darme la oportunidad de vivir en esta hermosa tierra y por guiar mis pasos que día día doy.

**A mis Padres José Orizano y Francisca Ponce**, porque fueron un instrumento de Dios para poder llegar a este mundo, por ser un modelo de superación ante limitaciones que el mundo me ofrecía.

**A mis Tías, Reynalda Orizano, Paulina Arqueño y Felicitas Ospinos y a mis tíos, Clever Huerto y Oscar Salcedo**, que fueron como mis segundos padres que me inculcaron valores y principios desde de mi corta edad y me formaron una persona de bien.

**A mis Hermanos(a) Josein, Romulo y Eva. Asimismo, a mis primas(o) Diana, Reynalda, Erika, Hillary, Cristina y Cristian**, por haber compartido momentos de tristeza y alegrías, fracasos y éxitos durante mi niñez. Así como también porque fueron un ejemplo a seguir a pesar de las circunstancias y limitaciones que pasamos.

A mis dos familiares Q.P.D, **a mi abuela Paulina Garay** que a pesar del estado de salud en el que se encontraba, siempre velaba por mi bienestar y a mi **Hermana mayor Elian** que me acompañó en mi camino de formación.

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios**, por darme la oportunidad de poder seguir cumpliendo con mis objetivos trazados en esta vida terrenal, por seguir dándome salud y fuerza en este camino difícil pero no imposible y por bendecirme con una familia unida, maravillosa y extensa.

A toda mi familia; **José Orizano, Francisca Ponce, Reynalda Orizano, Paulina Orizano, Felicitas Ospino, Clever Huerto, Oscar Salcedo, Eva, Josein, Rómulo, Diana, Reynalda, Erika, Hillary, Cristina y Cristian** por darme sus apoyos de manera incondicional, por ayudarme en el desarrollo hacia mi persona y en la formación académica.

A mi abuela **Paulina Garay Carrillo** Q.P.D, la cual ella me enseñó a ver cuán valioso y fundamental es la unión familiar y seguir conservando.

**A los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco**, quienes compartieron sus conocimientos, experiencias desarrolladas en sus trabajos y por sus consejos la cual sirvió como guía para mi formación.

**A mi Asesor, el Ing. Herman Mirabal Tarazona**, por su gran apoyo incondicional, por disponer su tiempo a pesar de las responsabilidades o trabajos que cumplía y por compartir sus conocimientos y experiencias desarrolladas en su ámbito laboral.

**A mis Jurados, el Ing. Heberto Calvo Trujillo, Ing. Edmundo Calixto Vargas y al Biólogo Alejandro Duran Nieva**, por ayudarme en el cumplimiento de mi objetivo que es este proyecto de investigación, a través de sus orientaciones, experiencias, conocimientos y correcciones

## INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE GRAFICAS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRUDUCCION .....	x
CAPITULO I .....	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	13
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
CAPITULO II .....	16
MARCO TEORICO .....	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.2 BASES TEÓRICAS .....	19
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	30

2.4	HIPÓTESIS .....	31
2.5	VARIABLES .....	32
	CAPITULO III .....	34
	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	34
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.2	MUESTRA.....	35
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	35
	CAPITULO IV .....	36
	RESULTADOS .....	36
4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	36
4.2	CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS .....	55
	CAPITULO V:.....	60
	DISCUSION DE RESULTADOS .....	60
	CONCLUSIONES .....	63
	RECOMENDACIONES .....	64
	ANEXOS .....	67

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles según Reglamento de la Calidad del agua para consumo Humano(D.S 031 – 2010 –S.A).....	24
Tabla 2 Cuadro de operacionalizacion de variables.....	33
Tabla 3 Análisis granulométrico de la grava utilizada en el filtro. ....	39
Tabla 4 Análisis granulométrico de la arena fina utilizado en el filtro. ....	40
Tabla 5 Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción del filtro. ....	43
Tabla 6 Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción de la estructura metálica del filtro y el recipiente de almacenamiento.....	44
Tabla 7 Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción del soporte de captación de agua cruda.....	44
Tabla 8 Operación inicial del filtro lento de arena para filtrar agua del rio Huallaga (Carrera Inicial).....	46
Tabla 9 Evaluación inicial del comportamiento físico químico de la primera carrera de filtración.....	47
Tabla 10 Evaluación inicial del comportamiento microbiológico de la primera carrera de filtración.....	47
Tabla 11 Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del rio Huallaga (Segunda carrera) .....	48
Tabla 12 Evaluación del comportamiento físico químico de la segunda carrera de filtración.....	48
Tabla 13 Evaluación del comportamiento microbiológico de la segunda carrera de filtración.....	49
Tabla 14 Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del rio Huallaga (tercera carrera) .....	49
Tabla 15 Evaluación del comportamiento físico químico de la tercera carrera de filtración. ....	49
Tabla 16 Evaluación del comportamiento microbiológico de la tercera carrera de filtración .....	50
Tabla 17 Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del rio Huallaga (Cuarta carrera) .....	50
Tabla 18 Evaluación del comportamiento físico químico de la cuarta carrera de filtración (con coagulante).....	51
Tabla 19 Evaluación del comportamiento microbiológico de la cuarta carrera de filtración (Con coagulante) .....	51
Tabla 20 Turbidez de agua filtrada durante las carreras de filtración .....	55
Tabla 21 pH del agua filtrada durante las carreras de filtración.....	56
Tabla 22 Sólidos suspendidos totales del agua filtrada durante las carreras de filtración ....	56
Tabla 23 Bacterias Coliformes Totales durante las carreras de filtración.....	57



Tabla 24 Bacterias Coliformes Fecales durante las carreras de filtración .....	58
Tabla 25 Bacterias Heterótrofas durante las carreras de filtración .....	58

## INDICE DE GRAFICAS

Grafico 1: Diseño de la maqueta con sus dimensiones y especificaciones.....	38
Grafico 2: Determinación del tamaño efectivo y coeficiencia y uniformidad de la grava.....	40
Grafico 3: Determinación del tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad para la arena fina .....	41
Grafico 4: Eficiencia de retención de turbidez del filtro lento de arena.....	51
Grafico 5: Eficiencia de retención del Ph en el filtro lento de arena.....	52
Grafico 6: Eficiencia de retención se SST, en el filtro lento de arena.....	52
Grafico 7: Eficiencia de retención de las Bacteria Coliformes Totales en el filtro de arena. ..	53
Grafico 8: Eficiencia de retención de las Bacteria Coliformes Fecales en el filtro de arena ..	53
Grafico 9: Eficiencia de retención de las Bacterias Heterótrofas en el filtro de arena.....	54
Grafico 10: Determinación de la carrera de filtración Tercera carrera.....	54
Grafico 11: Determinación de la carrera de filtración .....	55

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la eficiencia del tratamiento de agua del río Huallaga por medio de la filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria de la Esperanza; debido a la necesidad de disponer de agua limpia en los meses de escases (Agosto a Noviembre) que presenta la Ciudad Universitaria, como ocurrió en el año 2018. Ante esta problemática se diseñó y construyó el filtro lento de arena a una escala cien veces menor a la demanda de la universidad. El filtro lento consta de; 20 cm de espacio para recepción de agua filtrada, sobre ella una capa de grava de 20cm que sirve como soporte para la capa de arena fina de 70cm. El diseño del filtro experimental lento de arena fue de un área de 278 cm<sup>2</sup>; el caudal de ingreso de agua cruda al filtro fue de 0.23 L/min y el caudal de salida de agua filtrada fue de 0.17 L/min. La eficiencia en la reducción de la concentración en los parámetros de turbidez fue del 75%, en la remoción de los sólidos suspendidos totales del 77%, el pH encontrándose dentro del rango para agua potable. Asimismo, la eficiencia en la reducción de la carga bacteriana en las bacterias coliformes totales fue de un 80%, en las bacterias de los coliformes fecales se redujo un 71% y con respecto a las bacterias heterótrofas se redujo un 46%.

La filtración lenta, junto con los procesos de coagulación – floculación y proceso de desinfección podrían tratar el agua del río Huallaga en forma directa, solucionando el problema de escases de agua en la Ciudad Universitaria.

**Palabras Claves:** Filtración, Turbidez y Carga bacteriana.

## **ABSTRACT**

The objective of this research work was to treat the water of the Huallaga river by means of slow filtration at a pilot scale, in the University City of La Esperanza due to the need to have clean water in the months of scarcity (August to November). The University City is presented, as it happened in 2018. Given this problem, the slow sand filter was designed and built on a scale one hundred times smaller than the demand of the University. The slow filter consists of; 20cm of space for receiving filtered water, on it a 20cm gravel layer that serves as a support for the 70cm thin sand layer. The design of the slow experimental sand filter was an area of 278 cm<sup>2</sup>; the raw water inlet flow to the filter is 0.23 L/min and the filtered water outflow is 0.17 L/min. The efficiency in reducing the concentration in the turbidity parameters was 75%, in the removal of the total suspended solids of 67%, the pH being within the range for drinking water. Likewise, the efficiency in reducing the bacterial load in total coliform bacteria was 80%, in fecal coliform bacteria it was reduced by 71% and with respect to heterotrophic bacteria it was reduced by 46%.

slow filtration, together with coagulation processes – flocculation and disinfection process could treat the water of the Huallaga river directly, solving the problem of water scarcity in the University City.

**Keywords:** Filtration, Turbidity and bacterial load.

## **INTRUDUCCION**

La presente investigación fue determinar la eficiencia del tratamiento de agua del rio Huallaga por medio de la filtración lenta a escala piloto, durante los meses de agosto a noviembre cuando disminuye la turbidez y los sólidos suspendidos. En la Ciudad Universitaria la Esperanza se capta el agua del rio por un proceso de filtración natural en los pozos subterráneos que abastecen de agua a la Universidad; pero cuando disminuye el caudal del rio también disminuye la capa freática de los pozos, la que determina escases de agua durante esta temporada.

Aprovechando la disminución de la turbidez del agua del rio por ausencia de lluvia se puede tratar el agua preliminarmente mediante una filtración lenta con arena, proceso con el cual se obtendría agua de calidad aceptable para los usos de limpieza y servicios higiénicos que demanda la Universidad.

La filtración lenta puede resultar efectiva y producir un agua casi potable si la carga bacteriana estaría en valores manejables; pero cuando la carga bacteriana es alta, como en el caso del agua del rio Huallaga a alturas de la Ciudad Universitaria, se necesita implementar procesos complementarios a la sola filtración.

Con la presente investigación determinamos la eficiencia en la reducción de los parámetros que definen la calidad de agua para consumo, basados en la normativa D.S N° 031-2010-SA (Normas de Calidad de Agua Potable).

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde tiempos antiguos la calidad de agua para abastecer a la población hubo deficiencias, proporcionando aguas sin ser tratadas y afectando a la salud humana e incluso causando la muerte. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) durante el año 2000 el 17% de la población del mundo carecía de sistema de tratamiento de agua potable.

Estadísticas de la OMS (2000) indican que el 1.8 millones de personas mueren cada año debido a las enfermedades diarreicas, el 90% de las personas son menores de 5 años, resultados provenientes de países subdesarrollados que consumen agua sin ser tratado (agua cruda).

Según la Comisión Nacional de Agua (2000), América Latina una de las regiones que en la actualidad cuenta con un porcentaje alta de fuentes de agua potable nivel mundial (31%), no es ajeno a la realidad ya que cada año se reporta 150,000 muertos debido a las enfermedades hídricas y el 85% de la población son menores de 5 años. Sin embargo, debido al cambio climático el recurso se reducirá y genera un incremento de enfermedades y muertes.

Saneamiento (2015) en el Perú casi el 85.7% cuentan con un servicio de agua potable, beneficiando principalmente a poblaciones de condición de pobreza y personas de zonas rurales. Según estadísticas del 2014 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística Informática, informo el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Salud (2015) según los resultados obtenidos por la vigilancia sanitaria de calidad de agua (Red salud Huánuco, Leoncio Prado, Huamiles y dos de mayo), obtuvieron resultados que el 40% de agua no es apto para consumo humano debido que contiene coliformes fecales y heces provenientes de las descargas de aguas residuales. Por otro lado, la provincia de Leoncio Prado cuenta un mayor porcentaje de población afectado por aguas no aptas para consumo provenientes de sistemas de tratamiento inadecuados y aguas superficiales como el rio Huallaga, uno de los abastecedores para uso

población.

La Ciudad Universitaria de la Esperanza de la Universidad de Huánuco, uno de los beneficiarios con el consumo de agua del río Huallaga, está siendo perjudicado debido a las descargas procedentes de los domicilios, industrias, etc. modificando su composición, convirtiéndole en un agua contaminada y considerando un agua no apto para su uso.

Por otro lado, la disminución del caudal del río Huallaga en los tiempos de estiaje, durante los meses de agosto a noviembre tiende a bajar en su totalidad. El año 2018 se tuvo que comprar agua en cisternas para abastecer los requerimientos debido a que el nivel de los pozos situados a orillas del río tendió a disminuir tanto que no se dispuso de agua, lo cual generó un gasto administrativo a la Ciudad Universitaria. Viendo esta problemática se planteó hacer el estudio de investigación.

“Tratamiento de agua del río Huallaga por medio de filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019”.

La población de la Ciudad Universitaria que hace uso de los servicios de agua asciende a un promedio de 9,400 estudiantes en el semestre 2018 – II, la producción de agua tiende a bajar en escasos al 80%.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de agua del río Huallaga por medio de filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?

### **1.2.2 Problema Específico**

1. ¿Cuál es la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto para reducir la turbidez, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y pH en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?
2. ¿Cuál es la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto para disminuir las bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales en el tratamiento de

agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?.

3. ¿Cuál es la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto para reducir las bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la eficiencia del tratamiento de agua del río Huallaga por medio de filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- 1.4.1. Determinar la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto en la reducción de turbidez, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y pH en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.
- 1.4.2. Determinar la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto en la disminución de bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.
- 1.4.3. Determinar la eficiencia del filtro lento de arena a escala piloto en la reducción de bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este proyecto de investigación se justifica por las siguientes razones:

En la actualidad es de suma urgencia realizar este tipo de estudio “Tratamiento de agua del río Huallaga por medio de filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco. 2019”, ya que permitirá dar una alternativa de solución referente a la disminución de agua en tiempos de verano (agosto a noviembre), así como también dar alguna posibilidad de utilizar agua directamente del río para usos como lavado de manos, limpieza de los ambientes, uso en los servicios higiénicos, etc.



La Ciudad Universitaria de la Esperanza de la Universidad de Huánuco, uno de los beneficiarios con el consumo de agua del río Huallaga para sus diferentes actividades, está siendo afectada en los meses de verano. Durante los meses de agosto a noviembre del 2018 bajo en su totalidad el caudal del río, los pozos de almacenamiento de agua situados a orillas también fueron afectados por la carencia del recurso hídrico. Sin embargo, se tuvo que comprar agua en cisternas para abastecer en las diferentes actividades que realiza la Ciudad Universitaria, generando un gasto administrativo.

#### 1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los medios filtrantes (arena y grava) utilizados no fueron de fácil accesibilidad ya que su uso presenta algunas restricciones como sus características y propiedades específicas, por ende, se tuvo que hacer pedido a la capital (Lima) a empresas Especialistas en Minerales no Metálicos.

#### 1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se tiene los siguientes:

**Viabilidad Económica:** El costo de la investigación, se encuentra a condición económica del tesista.

**Viabilidad operativa:** El tiempo de investigación y ejecución, fue temporal, ya que el proyecto fue a menor escala y en un menor tiempo. El recurso humano; se cuenta con el apoyo de un asesor, con especialista de laboratorio para el análisis de los parámetros a utilizar. **Viabilidad Bibliografía:** Existe una amplia información en libros, artículos, estudios de investigación en universidades globales, página Web, referente a medios filtrantes para depuración de aguas superficiales.

**Viabilidad Social:** Este proyecto permitió conocer la posibilidad de utilizar agua directamente del río para usos primarios.

**Viabilidad Ambiental:** El medio de sistema de tratamiento de aguas crudas fue natural / biológico a través de grava y arena. Ello permitió reducir la concentración de contaminación y generar impacto negativo al ecosistema

y al ser humano.

El proyecto de investigación se realizó en uno de los ambientes de la Ciudad Universitaria de la Esperanza (Laboratorio de Hidráulica).

<b>Lugar</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Altitud</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
Laboratorio de Hidráulica	366375	8906404	1880 m.s.n.m

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 Internacionales**

Arango (2000) en su artículo “Biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua”, en la revista Lasallista de investigación, Antioquia-Colombia. Cuyo objetivo fue dar una alternativa de solución a las zonas rurales de países desarrollados, subdesarrolladas y pobres que carecían de un sistema de tratamiento de agua potable. La filtración convencional es uno de los sistemas más antiguos que se encarga de separar las partículas y eliminar los microorganismos que no fueron retenidos en anteriores procesos, uno de los sistemas que resurgió debido a la eficiencia en sus resultados de análisis de calidad de agua, mejorando la calidad la calidad microbiológica eliminando un 99.9% de quistes de giardia .Así mismo según Logsdon y Fox afirma que la filtración lenta de arena es eficiente en los parámetro como coliformes totales eliminando un 99.4%,la reducción de turbidez con altas tasas reduciendo a un 0.5UNT (pág. 64 y 65).

Gualteros y Chacon (2015) desarrollaron un estudio de investigación “Estudio de eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el municipio Guaduas Cundinamarca vereda la yerbabuena”, en la universidad de Salle – Bogotá D.C. Estudios realizados en cuatro familias rurales de Cundinamarca; para lo cual se implementó cuatro diseños, con los siguientes medios filtrantes: filtración piedra de media zonga, piedra triturada, grava y piedra de media zonga (capa 05), ubicados de forma descendente, pero difería en la cuarta capa, el modelo N°01 contenía arena fina, el modelo N°02 y N°04(replica N°02) diseño contenía tuberías PVC y el modelo N°03 carbón activado. Las dimensiones de cada medio filtrante y el tamaño de capa fueron lo siguiente: Piedra de media zonga, capa 01 (5-8cm con capa de 15cm) y capa 05(5cm de espesor), piedra triturada (0.95cm con capa de 10cm), grava (0.05mm con capa de 10cm), arena fina (0.05 o 0.2 cm de capa 20cm), tubería PVC (5-10cm de capa 12cm) y carbón activado con capa de 8cm

Para obtener la efectividad de los diseños se analizó los parámetros como la turbidez, color, olor, coliformes totales y sabor, dando como resultado al diseño N°02 y la réplica N°04 en el que se utilizó tubería PVC como uno de los medios filtrantes, obteniendo una eficiente de 73,4% y 93% referente a la reducción de turbidez y los coliformes totales hubo una eliminación de 100%.

Torres, Garcia, Garcia, Garcia y Garcia (2017) con el título “Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración”, cuyo objetivo fue la construcción de una planta a pequeña escala para poder resolver el alto índice de enfermedades genera debido al uso directo de agua cruda. El modelo que se implanto tomo como referencia a la filtración lenta de arena, utilizando los medios filtrantes como Arena, piedra pómez, carbón activado y gravilla, aplicando un sistema de forma descendente.

La torre de tratamiento estuvo conformada por depósitos: En el primer deposito se da la clarificación del agua en cuya base se encuentra alumbre y en la parte superior encontrándose una paleta para la mezcla del agua, en el segundo depósito se colocó una capa de arena fina (diámetro de 0.30 a 0.45 mm y un espesor de 26 cm), en el tercer depósito se colocó con el mismo medio filtrante, pero con un espesor de 14 cm, continuando con una capa de grava gruesa (diámetro de 7- 8cm y un espesor de 12cm) y para culminar se encontró el cuarto deposito en el que se colocó carbón activado 5 cm de espesor

, continuando la piedra pómez con 5 cm de espesor siguiendo arena gruesa con un espesor de 10cm y para culminar se coloca gravilla un espesor de 6cm. Para la separación de cada lecho filtrante (deposito 3 y 4) se utilizó geotextil resistente de agua y para el pase del agua a los respectivos depósitos se instaló tuberías externas de la torre en forma de codos.

Durante el análisis de la calidad de agua se midieron los parámetros de coliformes totales y fecales, turbidez, PH y color, cuyos resultados fueron satisfactorios reduciendo un 99.9 % de coliformes fecales y totales, un comportamiento ligero del PH, turbiedad un 98% y color un 83%, obteniendo así un agua apta para que consuma el ser humano.

### 2.1.2 Nacionales

Aguilar (2019) en su trabajo de investigación Pos Grado “Evaluación de calidad de agua para consumo humano obtenida en una microplanta utilizando filtro lento de arena en la comunidad nativa de Chunchiwi – Lamas- Región San Martín, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El proyecto fue elaborado debido a los problemas en el abastecimiento de agua de calidad para consumo humano, ante este evento se planteó una metodología para el diseño, construcción instalación y evaluación de un sistema de potabilización de agua.

Los resultados que se obtuvo respecto al agua tratada fue: La turbidez tuvo un valor promedio de 3.04 NTU, pH valor promedio de 7.40, los coliformes totales de 494.02 UFC/100ml y los coliformes termotolerantes (fecales) un promedio de 6.14 UFC/100ml.

Llanos y Mirano (2017) desarrollaron un estudio de investigación “Evaluación de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remoción de parámetros físicos, de las aguas de la quebrada La Oyada, Moyobamba”, en la Universidad Nacional de San Martín. Proyecto que fue implementado debido a la carencia de agua potable en las pequeñas comunidades de la provincia de Moyobamba, ante este problema se dibujó y construyó dos filtros, de arena y piedra caliza. Tomado como referencia el reglamento de edificaciones OS.020. Plantas de tratamiento para consumo humano, las cuales tuvieron las siguientes dimensiones 1.15m de largo, 0.90m de ancho y 2.55m de altura, en la base del diseño se colocó tres capas de grava de diferentes dimensiones ( $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{1}{4}$ ”) a una altura de 0.15m, 0.5m y 5cm (considerando para ambos diseños), arena y piedra caliza con un diámetro de 1mm y un espesor de 0.80 m. El tratamiento de filtración lenta trabajó con una velocidad de 2 a 3 m/d.

Los resultados que se obtuvo con mayor eficiencia fue en el filtro de arena, con relación a los sólidos totales alcanzó un 58.28%, turbiedad alcanzó un 58.25% y en cuanto al color un 57.50%, resultados obtenidos en tiempos de verano y en tiempos de lluvia se obtuvieron los siguientes resultados con 36.25% para los sólidos totales, 51.50 % para la turbidez y 50.25 % para color.

### **2.1.3 Locales**

Con referente a estudios de investigación a nivel local, no se pudo encontrar información, ya que no se realizaron hasta el momento ningún tipo de estudio referente a tratamiento de agua de ríos por medio de filtración lenta de arena.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Marco Teórico**

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ DEL AÑO 1993, en el título I: de la persona y de la sociedad, capítulo I: derechos fundamentales de la persona en Artículo 2° Inciso 22, Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

LEY GENERAL DEL AMBIENTE N°28611, en el artículo I: del derecho y deber fundamental. Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger al ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

LEY GENERAL DE LOS RECURSOS HIDRICOS N°29338. En su Artículo Contenido la presente ley regular el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea y continental y los bienes asociados a este.

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 – 2016 – ANA, es el protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos, es un instrumento de gestión que tiene como objetivo estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marinos - costeros a nivel nacional.

DECRETO SUPREMO N° 031 – 2010 – SA, el presente reglamento establece las disposiciones generales con relación a gestión de calidad de agua para consumo Humano, como también proteger y promover la salud y bienestar de la población.

## **2.2.2 Agua**

El agua es uno de los recursos naturales en el mundo, aproximadamente el 3% del agua a nivel mundial es dulce proveniente de lagos, ríos, lagunas, etc. y el 97% es salada encontrándose en los mares y océanos, este recurso hídrico dulce es limitado para su uso y consumo en el planeta. Durante estos últimos años ha variado de acuerdo a diferentes problemas como el clima, inundaciones, sequías, deforestación y contaminación a través de las descargas y desechos (Basura) que genera la población, así como también varía de acuerdo al lugar o la época del año en el que se encuentra.

El recurso hídrico es importante para el consumo humano, para las diferentes actividades que se realiza como las industriales, mineras, riegos, etc., también hay aguas provenientes de lluvias que se utilizan mayormente para la vegetación. Sin embargo, hay zonas rurales que lo usan para abastecerse sus necesidades debido a que no cuentan con un sistema de tratamiento de agua potable (Emusap S.R.L).

### **2.2.2.1 Ciclo Hidrológico**

El ciclo hidrológico se separa en tres depósitos principales; en los océanos, continentes y en la atmosfera, en la cual se da una circulación de manera continua. El proceso del ciclo Hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol, lo cual eleva el agua y la gravedad haciendo que lo condensado descienda (Ecu Red).

#### **El ciclo del agua tiene las siguientes etapas:**

“Evaporación, Proceso en el cual la energía del sol produce evaporación del agua en el mar, lagos y ríos en los ecosistemas” (Berritzegune).

“La condensación, se da cuando el vapor del agua llega a la cúspide de la atmosfera, se enfría y se condensa. Es decir, se forma pequeñas gotitas de agua para formar las nubes”. (Berritzegune).

“La precipitación, se produce cuando el viento arrastra las nubes y al enfriarse se da la precipitación en forma de lluvias, nieve o granizo, devolviendo así al ecosistema el recurso hídrico” (Berritzegune). “La infiltración, proceso que se infiltra en los terrenos formando aguas

subterráneas” (Berritzegune).

#### 2.2.2.2 Tipos de fuentes de agua dulce

- **Lluvia:** Una importante fuente que suele pasar por alto. es el producto de del agua de la tierra que se ha evaporado y se convierte en lluvia. En este proceso, el agua se vuelve dulce y se disponen en diferentes fuentes para utilizarse como en riego, bebida de animales, etc (JAPAC, 2016).
- **Aguas subterráneas:** -“Es aquella parte del agua que existe bajo la superficie de la tierra que puede ser colectadas por perforaciones, galería de drenes y que fluye de manera natural hacia la superficie a través de filtraciones” (Ordoñez, 2011).
- **Glaciares y casquetes polares:** Una parte de agua dulce se encuentra conservado en hielo, especialmente en las capas deshielo de la Antártida, tiene miles de años de antigüedad. Así como el agua subterránea y de mar, también es difícil de usar agua de los hielos como una fuente de agua potable para el consumo, pero es posible (JAPAC, 2016).

**Ríos, lagos, arroyos y manantiales:** Son considerados como fuentes de agua superficial y componen la última fracción de un porcentaje del agua dulce en la tierra. Esta fuente de agua tiene una representación insignificante de agua dulce. Pero siguen siendo de mucha importancia y una gran cantidad de agua potable procede de ellos (JAPAC, 2016).

#### 2.2.2.3 Distribución de agua dulce en el mundo

El agua dulce disponible no está distribuida de forma equitativa en el mundo, ni en la misma cantidad, en las mismas estaciones varia; no se encuentran en todos los sitios donde se requiere ni la misma proporción. El 20 % de la escorrentía mundial pertenece a la cuenca amazónica con una población menor a 10 millones de habitantes y al analizar la población en contraste con la disponibilidad de agua. En el caso de Europa tiene el 13% de la población y un 8% de recurso hídrico, Asia tiene un 60% de población y solo un 36% del recurso hídrico, América (Norte, centro y sur) tiene un 14% de población con un 41% de recurso hídrico (Marino, 2005).

#### 2.2.2.4 Distribución y uso de agua en el Perú

- **Distribución de agua en el Perú**



En el Perú el agua se encuentra en tres vertientes (Pacífico, Atlántico y Titicaca), donde las cantidades se distribuyen de la siguiente manera. Vertiente del Pacífico; espacio donde vive el 64% de población y solo se encuentra el 1.5% del recurso hídrico dulce; en la vertiente del atlántico, vive una población de 32% y el 98% de recurso hídrico, finalmente en la vertiente del Titicaca se encuentra el 0.3% del agua dulce (S.R.L EMUSAP, 2017).

- **Uso de agua en el Perú**

Según la Autoridad Nacional del Agua, en el artículo N°35 ley General de Recursos hídricos -N° 29338, la ley reconoce las siguientes clases de uso **Uso primario:** Uso que se utiliza de manera directa y efectiva de la misma, en fuentes naturales y causas públicas de agua con el fin de satisfacer las necesidades humanas primarias. El acceso a fuentes naturales y artificiales de agua para uso primario es libre y gratuito, se ejerce sin afectar la propiedad de terceros ni a los bienes asociados del agua (Administración de Recursos Hídricos, 2013, pág. 5).

**Uso Poblacional:** “Referido a la captación, en la cual la red pública o la fuente que haya pasado por un proceso de tratamiento para satisfacer las necesidades humanas básicas” (Administración de Recursos Hídricos, 2013, pág. 5).

**Uso productivo:** Consiste en la utilización en proceso de producción. El orden de preferencia para el otorgamiento de agua para sus usos productivos es; Agrícola, acuícola y pesquero, energético, industrial, medicinal y minero, recreativo, turístico y transporte; y otros (Administración de Recursos Hídricos, 2013, pág. 5)

#### **2.2.2.5 Fuentes de contaminación del agua**

Las fuentes de contaminación de agua pueden ser naturales o antropogénicas. Las fuentes naturales son muy esparcidas no generan concentraciones altas. Pero la contaminación por el ser humano, sus concentraciones se dan en zonas concretas, asimismo sus concentraciones son más peligrosas que las fuentes naturales (Encinas, 2011, pág. 46).

De las fuentes de contaminación antropogénica se tiene: La industria,

vertimientos urbanos, la agricultura y ganadería y la navegación. Estas fuentes de contaminación alteran las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua (Encinas, 2011, pág. 46).

#### **2.2.2.6 Potabilización de agua**

Para la potabilización de agua hay diferentes medios o tratamientos a considerar, pero ello va depender del grado de contaminación que se desea separar. Dentro de los tratamientos más frecuentes para purificar el agua cruda tenemos a la filtración (lenta o rápida), precipitación de impurezas a través de floculantes o coagulantes, osmosis inversa, cloración, ultravioleta, etc. (Rossi , 2017, pág. 8)

#### **2.2.3 Filtración**

La filtración es un proceso de tratamiento de las aguas crudas la cual tiene como objetivo retirar las partículas y los microorganismos que no hayan sido retenidos en el proceso anterior (sedimentación). Este proceso se da de acuerdo a las clasificaciones, entre ellas tenemos según las velocidades; filtración rápida cuya carga superficial lo tiene alto y la filtración lenta con característica cuya carga superficial lo tiene baja, según el medio de filtración en ello se pueden utilizar la grava, arena, antracita, carbón activado, etc. También tenemos según su sentido de flujo descendente, ascendente o mixto y para culminar tenemos de acuerdo a su carga sobre su lecho en el que se considera por gravedad o a presión (Arboleda, 2000, pág. 364).

Según OPS (2005) consideran tres procesos de filtración (Filtración en Múltiples etapas), dependerá del nivel de la contaminación que tiene el recurso hídrico: Los filtros gruesos dinámicos y filtros gruesos ascendentes en capas son utilizadas como un proceso de pretratamiento, la cual reducirá los sólidos suspendidos y los filtros lentos de arena, se encargada de limpiar las impurezas suspendidas, bajar su turbidez y limpiará los quistes protozoarios, bacterias y virus. Estos procesos de filtración son utilizados para pequeños lugares o población en menor cantidad. Para el análisis de calidad del agua cruda se consideró el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S 031- 2010-S. A) según Dirección General de Salud Ambiental.

**Tabla1**

*Límites máximos permisibles según Reglamento de la Calidad del agua para consumo Humano(D.S 031 – 2010 –S.A)*

<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Bacterias Coliformes totales	UFC/100 ml a 35°C	0(*)
Bacterias heterotróficas	UFC/ ml a 35°C	500
Bacterias Coliformes Fecales	UFC/100 ml a 44,5°C	0(*)
<b>PARÁMETROS FISICO QUIMICO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Turbidez	UNT	< 5
Ph	Valor de ph	6,5 a 8,5

Fuente: D.S 031-2010-S. A

### **2.2.3.1 Procesos de filtración**

A continuación, se describirá los tres procesos de filtración (Filtración en múltiples etapas):

#### **2.2.3.2 Filtración Gruesa Dinámica:**

Sistema de tratamiento en el cual se utilizará grava gruesa en la parte inferior cuyo diámetro es de 13 - 25mm y grava fina sobre la gruesa cuyo diámetro es de 6-13mm. Sistema que sirve como pretratamiento, reduce la alta turbidez asimismo ayuda a proteger las elevadas cargas de los sólidos que se traslada por la planta durante el tiempo de tratamiento (OPS, 2005, pág. 6)

#### **2.2.3.3 Filtración Gruesa Ascendentes en capas:**

Sistema que se puede utilizar con un flujo horizontal o vertical. La filtración horizontal está conformada por tres cámaras con gravas de diferentes tamaños, cada cámara con su sistema de tuberías perforadas. Asimismo, tenemos la filtración vertical equipado en una cámara (Grava gruesa, Grava media y Grava fina), con su sistema de tubería perforada, ambos flujos que sirven como un pretratamiento (OPS, 2005, pág. 8).

#### **2.2.3.4 Filtración lenta de Arena:**

Es un sistema más antiguo y complejo lo cual ayuda a optimar su eficacia microbiológica. Está constituido por una caja rectangular o circular, en la base

se ubica tuberías perforadas sobre ellas se coloca una capa de grava que sirve como soporte al lecho de arena

y para finalizar una capa de arena fina. El flujo con la que va trabajar es descendente, con velocidades mucho menores que a las demás filtraciones (OPS, 2005, pág. 8). En este proyecto de investigación se trabajará con la filtración lenta de arena. En seguida se describirá a más detalle

#### **2.2.4 Filtración lenta de arena**

También considerado como filtración biológica, es uno de los sistemas más antiguos en el mundo. Ya en los años de 1829 en Londres se construyó una de las primeras plantas de filtro lento de arena, en su tratamiento observaron que no solo cumplía la función del cernido, sino que tenía comportamientos físicos y biológicos lo cual ayuda a eliminar microorganismos viendo así una técnica de tratamiento limpia (Arboleda, 2000, pág. 365)

Huisman y Wood (1974), describe el comportamiento de la filtración lenta de la siguiente manera: El agua cruda empieza a recorrer sobre el medio filtrante de arena, dicha circulación que realiza hará que en el manto filtrante queden retenidos las impurezas y empiecen a degradarse hasta convertirse en impurezas simples, estos permanecerán como materiales inactivos hasta que finalmente pueda retirar por medio de una limpieza.

El agua sin tratar que entra hacia el proceso permanece sobre el lecho filtrante cierto tiempo, dependiendo de la velocidad con la que se trabaja. Durante este transcurso las partículas más livianas se aglutinan mientras que las partículas de mayor peso tiende precipitar, de esta manera permitiendo a que se remueve con facilidad.

En la parte superior del sistema de filtración se forma la piel de filtro en el que se encuentran algas, plancton, bacterias, etc tiene la función de atrapar y degradar la materia orgánica que contiene el agua cruda. Durante el proceso los microorganismos que ingresan con el agua y las algas inertes son consumidas, degradando los compuestos nitrogenados y liberando nitrógeno.

El agua sin tratar que entra al sistema de filtración lenta con la variedad de microorganismos y solidos suspendidos, durante los procesos y

propiedades internas que se dan, da como resultado un agua limpia de microorganismo, bajo en turbiedad, etc.

#### **2.2.4.1 Mecanismos de la filtración**

Arboleda (2000) Para poder obtener los resultados de la filtración se consideras dos mecanismos diferentes pero que se complementan, en ello tenemos los responsables de la filtración y los de la adherencia (pág. 367).

#### **2.2.4.2 Mecanismos responsables de la filtración:**

Mecanismo que se debe a los fenómenos físicos e hidráulicos, influenciados por los componentes de traspaso de masas. Los mecanismos que realiza los trasporte son: cernido, sedimentación, intercepción, difusión, impacto inercial, acción hidrodinámica.

- **Cernido:**

El mecanismo del cernido tiene netamente a actuar en la parte superior del medio filtrante, con partículas de mayor fuerza teniendo la capacidad de resistir los esfuerzos cortantes que produce el flujo. La eficiencia que suele tener es negativa para el sistema ya que satura la capa superior, disminuyendo que los recorridos sean mucho menores (Canepa , 1993, pág. 5).

- **Sedimentación:**

Es el segundo mecanismo de trasporte en la gráfica. Según Arboleda manifiesta que la sedimentación se produce por el tamaño de la partícula(Grande), con un diámetro mayor a 1um y denso cuya rapidez de asentamiento que es mayor, y en lugares donde la carga hidráulica sea menor.

- **Intercepción**

Este mecanismo de la intercepción se da cuando la partícula que es conducida por líneas de flujo tiende a acercarse medio filtrante (arena, grava, etc), permitiendo que tope. Indicando así cuando mayor tamaño sea la partícula, habrá mayor probabilidad que ocurra este mecanismo (Canepa, 1993, pág. 5 )

- **Difusión**

La difusión es un mecanismo que depende de la energía térmica del agua

y se encarga de controlar el impacto con el medio poroso. Las partículas de menor tamaño se difunden desde las zonas mayor concentradas hacia las de menor concentración, por ello la presencia de solidos adheridos a los granos del medio filtrante en donde la rapidez sea cero (Arboleda , 2000, pág. 371).

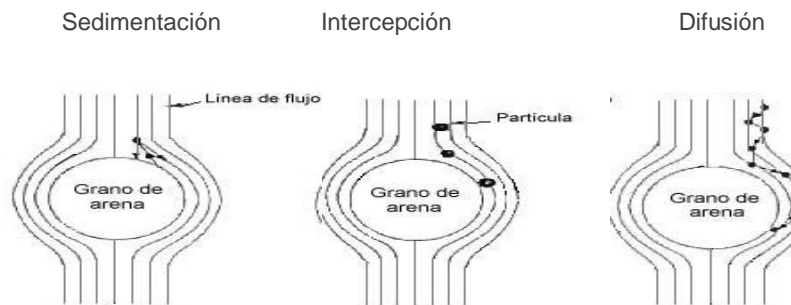


Imagen 01: Mecanismos de transporte(Arboleda,2000)

- **Impacto inercial**

Mecanismo que interviene la velocidad y el tamaño del medio filtrante. Es decir, cuando la velocidad del flujo es menor, la partícula viaja con respecto al flujo. Sin embargo, cuando las partículas tienen velocidades mayores y son de mayor tamaño, los efectos de la inercia hacen que realiza un trayecto diferente que a las del flujo (Arboleda, 2000, pág. 371)

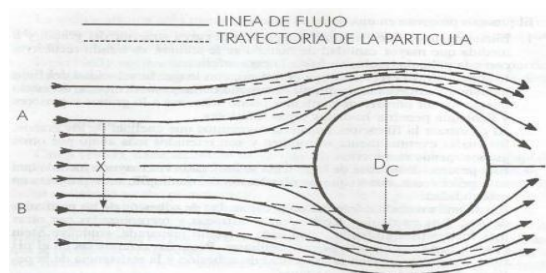


Imagen 02: Impacto Inercial(Arboleda,2000)

- **Acción hidrodinámica**

Partículas de mayor tamaño en un medio viscoso en movimiento laminar podrá tener en sus extremas velocidades diferentes, debiéndose al gradiente de velocidades. Sus diferencias de estas velocidades permiten que la partícula gire, produciendo una diferencia de presión que es recto al escurrimiento y conduciendo a la partícula a lugar de baja rapidez (Arboleda, 2000, pág. 373)

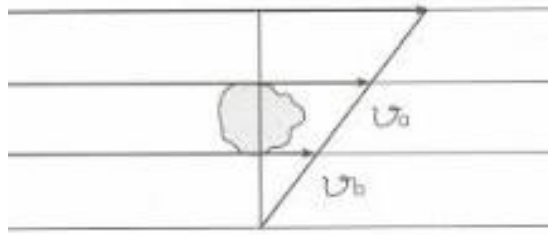


Imagen 03: Acción hidrodinámica (Arboleda,2000)

- **Mecanismos de la adherencia**

Dentro de los mecanismos de la adherencia entre los más importantes tenemos a la fuerza de van der Waals, fuerzas electrostáticas y el puente químico

  - **Fuerza de van der Waals**

V. Mackrle & S. Mackrle, consideran que la fuerza de van der Waals es el responsable de la adhesión de las partículas a las de los granos finos. Mecanismo que depende de la densidad y el tamaño de las partículas. Por otro punto Van der Waals es independiente del Ph y de los rasgos de la fase oscura
  - **Fuerzas electrostáticas**

Existen tres casos según Kaufman (1969):  
 Los medios filtrantes (arena, grava, antracita, etc) y las partículas en suspensión tienen cargas opuestas, lo cual existe una atracción entre los medios y las partículas, así como también produciéndose una adhesión.  
 Los medios filtrantes tienen carga y las partículas teniendo una carga nula. En esta cuestión no se da la adhesión.  
 Los medios filtrantes y las partículas en suspensión tienen cargas iguales, lo cual hace que estas se repelen. No obstante, la fuerza hidrodinámica puede vencer la barrera y aproximar lo más cercano para que la fuerza de van der Waals realice su trabajo.
  - **Puente químico**

Mecanismo que no depende de la fuerza de Van der Waals ni de las fuerzas electrostáticas. Si se coloca un polielectrolito se podrá dar un aumento de adherencia

- **Mecanismo Biológico**

Las bacterias que ingresan a la cama filtrante tienden a multiplicarse y para su alimentación se abastecen de la materia orgánica para que puedan energía y ayudar a su metabolismo, así como también cierta cantidad ayudar en su desarrollo. Así mismo se produce una serie de reacciones de oxidación y reducción, tienen la propiedad de degradar y transformarlos en compuestos como el agua, CO<sub>2</sub>, nitratos, sulfatos y fosfatos que son vertidos a través del efluente.

Por otro punto, el fenómeno de la adsorción sobre la parte de la superficie de los granos, provocan que las bacterias no sean activas, así como también en los patógenos, ya que no encuentren un medio que le favorece a ella, motivos que la temperatura es menor a que a los de los organismos del ser humano y al límite de comida que hay (Arboleda, 2000).

## **2.2.5 Factores que influyen en la filtración**

dentro de los factores, entre los importantes tenemos a los medios filtrante, a la velocidad, la temperatura, etc.

### **2.2.5.1 Medios filtrantes:**

Son medios que ayudaran a la disminución y/o eliminación de los microorganismos y solidos suspendidos que hay en el agua cruda. Están conformados por capas, entre ellas tenemos grava, arena, antracita, etc.

**Grava:** Medio que sirve como soporte del lecho de arena durante el proceso del filtrado, de esta manera evitando que haya escapes de arena hacia los drenes. Asimismo, también tiene la función de distribuir de manera equitativa el agua del lavado (Arboleda, 2000, pág. 444).

**Arena:** Se utiliza mayormente para filtros con mayor rapidez, cuya finalidad es separar los sólidos suspendidos del agua. Sin embargo, también se aplica para los filtros lentos, ello variara de acuerdo al tamaño y la cantidad que se usa (Guateros & chacon, 2015).

### **2.2.5.2 Velocidad:**

La velocidad de filtración estará entre 7m/d -14m/d, velocidades frecuentes con la que se trabaja en este tipo de filtración (Arboleda, 2000, Pág. 440).



### 2.2.5.3 Temperatura:

Parámetro que afecta de manera directa a los mecanismos físicos y químicos que se dan en la filtración lenta. (Dostal & Robeck, 1966), hicieron un estudio a una T° de 3°C(invierno) y 20°C(verano), con velocidad e 120m/d y para un mismo tiempo. El que tuvo mayor pérdida de carga fue la de 3°C, por su menor temperatura y por tener una remoción lenta del floc. Asimismo, cuando la T° es menor el floc tiende a depositarse menos en la parte alta(superficie).

## 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Agua:** El agua es uno de los recursos naturales fundamentales para el consumo del ser humano, en la producción de energía y el desarrollo de diferentes industrias. El consumo de agua más evidente es para cubrir las necesidades humanas; aguas provenientes de fuentes superficiales (ríos, arroyos, recargas subterráneas, etc.) (EMUSAP, 2017).

**Potabilización de agua:** Es el sistema de tratamiento que se realiza al agua cruda para purificar y abastecer a la población. Dentro de los tratamientos más frecuentes para purificar el agua cruda tenemos a la filtración lenta o rápido, precipitación de impurezas a través de floculantes o coagulantes, osmosis inversa, cloración, ultravioleta, etc. (Rossi , 2017).

**Filtración:** Proceso en el cual se realiza la remoción de las partículas en suspensión y coloidales del agua al atravesar del medio filtrante.

**Medio filtrante:** Referido al tipo de material que se va utilizar en un sistema de tratamiento (Grava, arena, antracita, etc.) (Arboleda,2000).

**Filtración lenta:** Proceso en el cual tiene la capacidad de reducir o eliminar del agua cruda, las materias suspendidas, microorganismos, etc., por medio de un medio filtrante poroso. El filtro lento trabaja con una menor cantidad de velocidad, por medio de la gravedad, etc. (Rossi, 2017).

**Agua potable:** Son aquellas aguas que han recibido algún tipo tratamiento así mismo se debe a que hayan cumplido alguna normatividad vigente indicando que el agua es apta para consumir.

**Agua cruda:** Es referido al agua en su estado natural, lo cual no ha recibido ningún tipo de tratamiento (D.S N°031-2010-S. A).

**Límites Máximos Permisibles:** Son aquellos valores máximos admisibles de los parámetros que representan la calidad de agua (D.S N°031-2010-S. A).

**Parámetros Microbiológicos:** son aquellos microorganismos nocivos para el ser humano, lo cual se analiza en el agua de consumo (D.S N°031-2010-S. A).

**PH:** Es la medida de la concentración de iones de hidrogeno, lo que comúnmente se le conoce a la acidez y basicidad de una solución. En una muestra de agua de rio, el rango de Ph varía entre los 6 a 8 (Rossi,2017).

**Temperatura:** Es la variación de calor o frio en un cuerpo, medio o ambiente.

**Turbidez:** Es una media cuya capacidad es la de absorber o refractar la luz, se mide en Unidades de Turbiedad Nefelometría(OPS,2005).

**Solidos suspendidos Totales:** Se considera como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de con tamaño de poro nominal de 0.45 micras y hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual (CAN,2005).

## 2.4 HIPÓTESIS

### 2.4.1 Hipótesis general:

**Ha:** El Filtro lento de arena a escala piloto es eficiente en el tratamiento de agua del rio Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

**H0:** El Filtro lento de arena a escala piloto no es eficiente en el tratamiento de agua del rio Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

### 2.4.2 Hipótesis Especifico:

**Ha:** El filtro lento de arena a escala piloto es eficiente en la reducción de turbidez, Solidos Suspendidos Totales (SST) y pH en eltratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco,2019.

**H0:** El filtro lento de arena a escala piloto no es eficiente en la reducción de

turbidez, Solidos Suspendidos Totales (SST) y pH en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

**Ha:** El filtro lento de arena a escala piloto es eficiente en la reducción de bacterias coliformes fecales y totales en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

**Ho:** El filtro lento de arena a escala piloto no es eficiente en la reducción de bacterias coliformes fecales y totales en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

**Ha:** El filtro lento de arena a escala piloto es eficiente en la reducción de bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.

**Ho:** El filtro lento de arena a escala piloto no es eficiente en la reducción de bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco – 2019

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 Variables dependientes**

Eficiencia del tratamiento

### **2.5.2 Variables Independientes**

Agua cruda del río Huallaga

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### TÍTULO: "TRATAMIENTO DE AGUA DEL RIO HUALLAGA POR MEDIO DE FILTRACION LENTA A ESCALA PILOTO, EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE HUANUCO, 2019 "

TESISTA: BACH. ORIZANO PONCE ANA PAULNA

**Tabla 2**

*Cuadro de operacionalización de variables.*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION
Agua cruda del rio Huallaga (variable Independiente)	<b>Físico químico</b>	Turbidez	NTU	Turbidímetro Potenciómetro Incubadora Material de vidrio
		SST	ppm	
	<b>Microbiológico</b>	B. coliformes totales	UFC/100ml	
		B. coliformes fecales	UFC/100ml	
Eficiencia del tratamiento (variable dependiente)	<b>Físico químico</b>	B. Heterótrofas	UFC/ml	
		Turbidez	UNT	
	<b>Microbiológico</b>	Sólidos totales suspendidos	6.5 -8.5	Valor de ph
		pH	6.5 -8.5	Valor de ph
	Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	0(*)	UFC/100 ml a 35°C	
	Bacterias coliformes totales	0(*)	UFC/100 ml a 44,5°C	
Bacterias Heterótrofas	500	UFC/ ml a 35°C		

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es cuantitativa (Pag 36). Por cuanto se evaluó el comportamiento de un filtro lento de arena, por la medición de parámetros físico químico y microbiológico que permitieron determinar la eficiencia del tratamiento de agua cruda en épocas de estiaje. Hernández (2014)

##### 3.1.1 Enfoque

El enfoque de investigación es cuantitativo, por cuanto se midió el comportamiento físico químico y microbiológico de un filtro lento de arena y lo cual se utilizó la herramienta estadística para probar la hipótesis Hernández (2014)

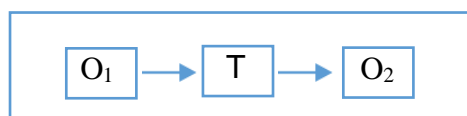
##### 3.1.2 Alcance o nivel

El alcance es de tipo cuantitativo, de carácter descriptivo por cuanto se midió las variables que centran un proceso de filtración para determinar su eficiencia. También es correlacional por que relaciona las variables de estudio (Variable Independiente y dependiente) Hernández (2014).

##### 3.1.3 Diseño

El diseño es no experimental, tipo transversal y de carácter descriptivo y correlacional.

- En este proyecto se midió las propiedades del agua antes y después del tratamiento, según el siguiente enfoque.



$O_1$ : Observación

T: Tratamiento(Filtración)

$O_2$ : Observación

## **3.2 MUESTRA**

### **3.2.1 Muestra:**

Se tomó como muestra el agua del río Huallaga que llega al primer jardín (al frente del laboratorio de suelos) y que es traída por medio de tubos desde el río Huallaga, que se utilizan para regar los jardines de la Ciudad Universitaria. Esta muestra de agua permanece casi constante en sus propiedades físicas durante el verano (ausencia de lluvias).

## **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1 Recolección de datos:**

#### **Recolección de datos primarios**

Para determinar la eficiencia de un medio filtrante se cuantifico los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua filtrada, siguiendo los lineamientos establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010- S.A.). Por tanto, se determinó los siguientes parámetros durante 40 días y durante el tiempo de uso del filtro: Turbidez, SST, pH, conductividad, Bacterias Coliformes Totales, Bacterias Coliformes Fecales y Bacterias Heterótrofas, caudal de agua de entrada y salida, altura de la carga de filtración y carrera de filtración.

#### **Instrumentos para la recolección de datos**

Para la recolección de datos se utilizó cuaderno de apuntes, tablas de evaluación del comportamiento hidráulico y formatos de laboratorio para registrar los datos del análisis físico químico y microbiológico.

#### **Técnicas para el análisis e interpretación de los datos**

Para el análisis los datos se utilizaron: Técnicas estadísticas, comparación de promedia, determinación de eficiencias y gráficos estadísticos utilizando el programa de excel.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS**

##### **4.1.1 Introducción**

De acuerdo al objetivo definido en el proyecto, se estableció la determinación de la eficiencia de un filtro lento para el tratamiento directo de agua del río Huallaga en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la ciudad de Huánuco.

El problema planteado se relaciona con la necesidad de disponer agua en los meses de escasos (agosto a noviembre) que se presenta en la Ciudad Universitaria, como ocurrió el año 2018. Para resolver el problema planteado se ha considerado utilizar la filtración directa del agua del río, cuando disminuye la turbiedad hasta valores menores de 20 NTU, lo que ocurre generalmente en los meses donde no hay lluvias (Abril – Noviembre).

Para lograr el objetivo, se utilizó la tecnología de la filtración lenta con arena, para lo cual se diseñó y construyó un filtro lento de arena, teniendo en consideración un caudal de tratamiento cien veces menor que el que se usa en la ciudad universitaria.

Las etapas que se ha desarrollado durante el proyecto comprendió:

1. Diseño del filtro experimental lento de arena
2. Análisis del medio filtrante
3. Proveedor del medio filtrante
4. Cálculo de la pérdida de presión (carga filtrante para el lecho nuevo)
5. Construcción del filtro experimental
6. Operación y mantenimiento del filtro para filtrar el agua del río Huallaga
7. Monitoreo de los parámetros físicos químicos y microbiológicos, para determinar el rendimiento del tratamiento.
8. Determinación de la carrera de filtración.

## 4.1.2 Materiales y métodos

### 4.1.2.1 Diseño del filtro experimental lento de arena

Un filtro lento de arena generalmente trabaja con ratas de filtración relativamente bajas entre  $7.00 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  -  $14.00\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  (Arboleda,2000), estas cargas de filtración también son equivalentes a  $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  –  $0.58 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  .

Por lo tanto, se ha considerado para el diseño del filtro experimental una rata de filtración de  $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  y que corresponde a una velocidad de filtración de  $0.0083 \text{ cm}/\text{seg}$ .

De acuerdo a las especificaciones que establece Arboleda (Pág. 440) el tamaño efectivo de la arena debe estar entre  $0.15 \text{ mm}$  y  $0.35 \text{ mm}$ . Se ha adquirido una arena que tiene un tamaño de  $0.20 \text{ mm}$ . La profundidad del lecho de arena se recomienda de  $0.7\text{m}$  a  $1\text{m}$ , por lo que en nuestro caso se ha seleccionado  $70\text{cm}$ .

Considerando que actualmente en la ciudad universitaria se consume aproximadamente  $20 \text{ m}^3$  de agua por día, especificamos como caudal de diseño un valor 100 veces menor es decir  $0.2\text{m}^3/\text{día}$  equivalente a  $0.0083\text{m}^3/\text{h}$ .

- Con los datos anteriores calculamos el área de filtración:

$$\text{Área} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Velocidad de filtración}}$$

$$A = \frac{0.0083\text{m}^3/\text{h}}{0.3\text{m}/\text{h}}$$

$$A = 0.0278\text{m}^2$$

$$A = 278 \text{ Cm}^2$$

- Dimensiones del filtro:

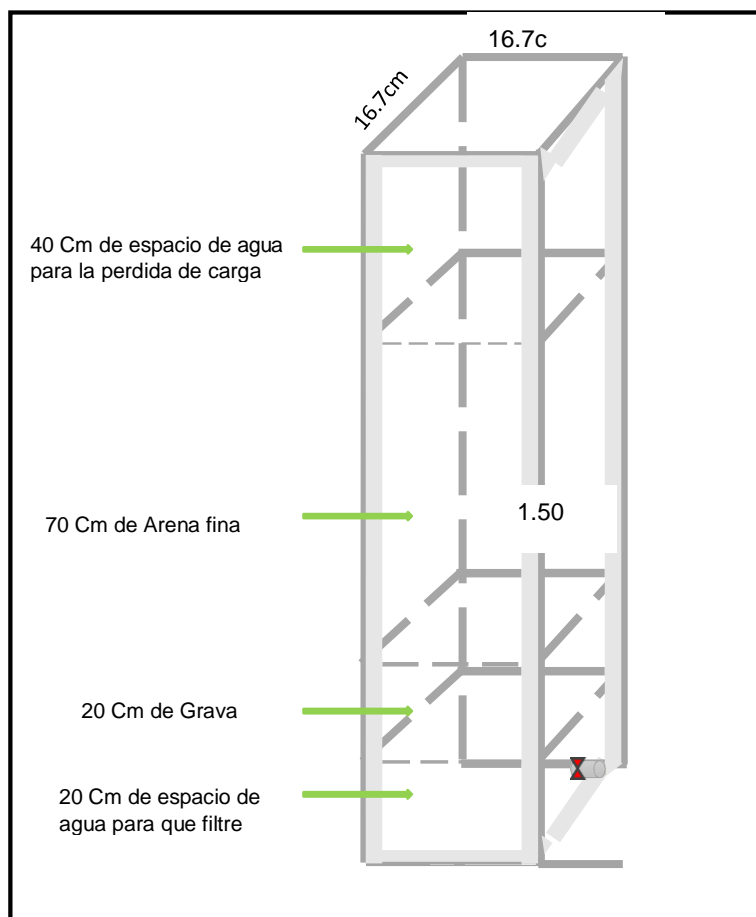
$$A = L^2$$

$$278 \text{ cm}^2 = L^2$$

$$L = 16.7 \text{ cm}$$



por lo tanto, se construyó un filtro de forma prisma cuadrangular un filtro de forma prisma cuadrangular de 16.7cm x 16.7cm, considerando que el lecho filtrante de arena fina es de 70cm, grava 20cm; el espaciado de agua para recepción del agua filtrada es de 20cm, espacio sobre el lecho de arena 40cm; haciendo un total de 1.50 m de alto.



Fuente: Elaboración propia

**Grafico 1:** Diseño de la maqueta con sus dimensiones y especificaciones.

#### 4.1.2.1.1 Control de la rata de flujo

Arboleda (2000) Los filtros lentos se suelen operar con una velocidad constante de filtración, por tal razón se aplicó el método de afluente igualmente distribuido (Pág. 495). En este sistema se consigue un flujo de agua filtrada casi constante durante el periodo de operación, que se regula incrementando el nivel de agua sobre el lecho filtrante, es decir aumentando la carga de filtración.

#### 4.1.2.2 Análisis del medio filtrante

Según la BVSDE ([www.bvsde.paho.org/sde/ops-sde/bvsde-acerca.shtml](http://www.bvsde.paho.org/sde/ops-sde/bvsde-acerca.shtml)), recomienda para filtración lenta tasas de 6 a 9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Para nuestro caso, hemos seleccionado una tasa de 0.3/m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h y que corresponde a 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día lo cual cumple el criterio recomendado por BVSDE para tasa de filtración lenta.

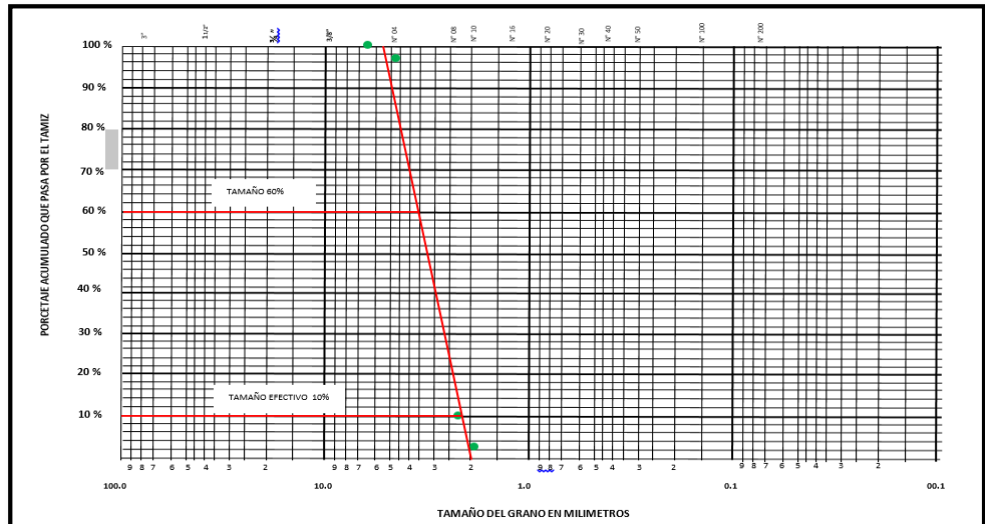
Además, recomienda gravas de tamaño de 1/16" (1.59 mm) a 1/12" (2.12mm). Para nuestro caso se propone de 1/8" (3.175mm). El análisis por tamizado experimental en el Laboratorio de Suelos (UDH) para el caso de la grava corresponde a un tamaño efectivo (tamaño del 10%) de 2.3mm, tamaño del 60% de 3.5mm y su Coeficiente de Uniformidad es de 1.52. Los datos mencionados se pueden apreciar en la tabla 3 y en el grafico 2.

**Tabla 3**

*Análisis granulométrico de la grava utilizada en el filtro.*

Peso(g)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tamiz de serie US	Tamaño de la abertura (mm)	Retenido	Retenido acumulado $\sum a$	Que pasa acumulado peso acumulado $100 - \sum a$	% que pasa acumulado por tamiz
1/4"	6.3	0	0	100	100%
N° 04	4.75	1.1	1.1	98.9	98.9 %
N°08	2.36	88.9	90	10	10%
N°10	2	7.9	97.9	2.1	2.1%
N°20	0.850	1.9	99.8	0.2	0.2 %
N°30	0.6	0.2	100		
<b>Total de muestras: 100 gr</b>					

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de suelos – UDH



Fuente: Elaboración propia

**Grafico 2:** Determinación del tamaño efectivo y coeficiencia y uniformidad de la grava

Los datos de la columna (2) y (6) se graficaron en el papel semilogaritmico, como se puede ver en el grafico 2 y se puede leer:

- Tamaño efectivo de la grava (tamaño del 10%) = 2.3mm
- Tamaño del 60% = 3.5mm
- Coeficiente de Uniformidad

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{3.5}{2.3} = 1.5$$

Para el caso del medio filtrante que es la arena fina, BVSDE recomienda tamaño efectivo de 0.3mm a 0,35mm y coeficiente de uniformidad de 1.8 a 2.0. El análisis por tamizado nos arroja un tamaño efectivo al 10% de 0.3mm, tamaño al 60% de 0.5mm y su Coeficiente de Uniformidad fue de 1.67. Los datos mencionados se pueden apreciar en la tabla 4 y en el grafico 3

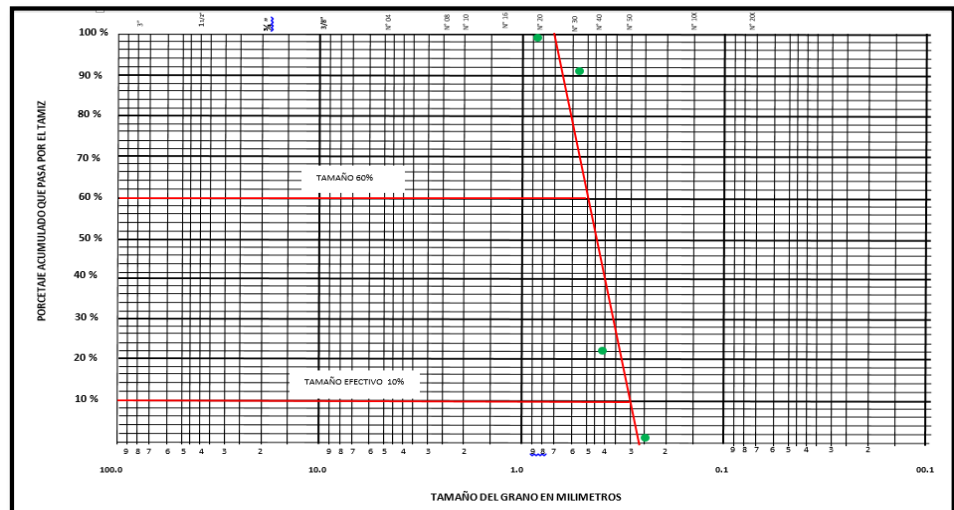
**Tabla 4**  
Análisis granulométrico de la arena fina utilizado en el filtro.

Peso(g)					
(1) Tamiz de serie US	(2) Tamaño de la abertura (mm)	(3) Retenido	(4) Retenido acumulado $\sum a$	(5) Que pasa acumulado peso acumulado $99. - \sum a$	(6) % que pasa acumulado por tamiz
Nº 20	0.850	0.1	0.1	1	99.1%

N° 30	0.600	8.6	8.7	91.	91.2%
				3	
N°40	0.425	68.7	77.4	22.	22.6%
				6	
N°60	0.250	21.7	99.1	0.9	0.9%
N°80	0.180	0.9	100	0	0
		$\Sigma =$			%
		100			

**Total de muestras: 100 gr**

Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio de suelo – UDH.



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 3:** Determinación del tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad para la arena fina

Los datos de la columna (2) y (6) se graficaron en el papel granulométrico, como se puede ver en el gráfico 3 y se puede leer:

- Tamaño efectivo (tamaño del 10%) = 0.3mm
- Tamaño del 60% = 0.5mm
- Coeficiente de Uniformidad  $\frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.3} = 1.67$  en conclusión,

del análisis anterior para el medio filtrante se determina que la grava tiene un tamaño efectivo de 2.3 mm y un coeficiente de uniformidad de 1.52, los cuales cumplen las especificaciones para la grava según lo recomendado por BVSDE. Además, para el medio filtrante (arena fina) el tamaño efectivo es de 0.3mm y el coeficiente de uniformidad es 1.67, que también cumple las recomendaciones de BVSDE sobre filtración lenta.

#### 4.1.2.3 Proveedor del medio filtrante

Debido a la dificultad de conseguir medios filtrantes uniformes

(arena y grava) directamente del río, se ha adquirido dichos medios de la Empresa “ACUOA TECNOLOGIA” (Lima), que especificó para su grava un tamaño efectivo 1/8 de pulgada (3.2mm) y la arena fina se adquirió de “MINERALES SILICE Y GRAVA PERU.E.I.R. L” (Lima), que especificó un tamaño efectivo de 0.2 mm valores que están dentro de nuestras especificaciones.

#### 4.1.2.4 Cálculo de la pérdida de presión (carga filtrante para el lecho nuevo)

La pérdida de carga es la altura sobre la parte superior del lecho filtrante que es la fuerza impulsora para lograr la tasa de filtración propuesta, en este caso estimaremos la pérdida de carga utilizando la ecuación de Kozeny, para lo cual se requieren los siguientes datos:

- **L:** Altura del lecho filtrante = 70cm
- **v:** velocidad de filtración= 0.0081cm/seg
- **P:** porosidad de la arena =0.43
- **D:** Diámetro efectivo de la arena = 0.30mm =0.03cm
- **ϑ:** Viscosidad del agua a 20°C= 0.01cm<sup>2</sup>/seg
- **g:** Aceleración de la gravedad= 981cm/seg<sup>2</sup>

$$h = \frac{150 \vartheta L \left( \frac{(1 - P_0)^2}{P_0^3} \right) v \left( \frac{1}{D} \right)^2}{g}$$

$$h = \frac{150 (0.01)(70) \cdot 0.0081 \left( \frac{1}{0.03} \right)^2}{981}$$

$$h = 9.63 \approx 10\text{Cm}$$

Por lo tanto, la pérdida de carga inicial, será aproximadamente la altura de la cabeza de agua sobre el lecho filtrante es de 10 cm para lograr un flujo constante de agua a la velocidad de filtración del diseño, valores que se medirán durante la operación del filtro.

#### 4.1.2.5 Construcción del filtro experimental

Para construir el filtro inicialmente se utilizó policarbonato, el

cual presento muchas dificultades debido a que el pegamento de silicona utilizado no fue compatible, por ende, impidió la hermeticidad. Por lo tanto, la maqueta fue construido con material de vidrio cuyo espesor fue de 6mm, el cual se pegó y se selló con silicona para vidrio, siendo compatibles y lográndose la hermeticidad. Los detalles del filtro se observan en la imagen 9 donde se indica la entrada de agua cruda, el lecho filtrante, el depósito de recolección y la salida del agua filtrada.

Para el funcionamiento de dicho proceso se implementó la captación del agua cruda con un cilindro de 200 L, que tenía un orificio en la parte inferior para conectar con una manguera de ½”; el recipiente se ubicó sobre un soporte de madera cuya altura fue de 2.30 m. Para el recipiente de almacenamiento y distribución del agua filtrada, se utilizó un tubo de PVC de 3” y de 1.20 m de alto, el cual está conectado con manguera transparente de ½” con el filtro

El material filtrante se cargó al filtro, colocando 20 cm de Grava (6.8 kg) y 70 cm de arena fina (28 kg).

**Tabla 5**  
*Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción del filtro.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Vidrio transparente de 6mm (1.50mx1.00m)	1	Plan.
Varilla de Angulo de ¾”	1	Und
Varilla de aluminio en forma T	1(1/2)	Und
Tubo de aluminio en forma de T de ½”	1(1/2)	Und
Pistolas de silicona para vidrio	3	Und
Conducto de paso	1	Und
Llave de paso	1	Und
Teflón	1	Und
<b>Herramientas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Taladro para vidrio	1	Und
Pistola para silicona en tubo	1	Und

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6**

*Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción de la estructura metálica del filtro y el recipiente de almacenamiento.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Varilla de platino de 1/8" x 1/2"	1	Und
Varilla de angulo de acero de 1"	1	Und
Pernos de 5/16"	8	Und
Pernos de 1/4"	10	Und
Pinturas esmalte gris	2	Und
<b>Herramientas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Destornillador plano	1	Und
Soldadura	1	Und
Cierra circular	1	Und

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7**

*Materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción del soporte de captación de agua cruda.*

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trozos de eucalipto en forma circular de 2.30m	4	Und
Tablas de eucalipto de 1/2 cm 5cm	1	Und
Postes de madera de 8.5cm x 5.5 cm (6m)	2	Und
Clavos	1/2	Kg
Alambre	1	Kg
<b>Herramientas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Martillo	1	Und
SERRUCHO	1	Und

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.2.6 Operación y mantenimiento del filtro para filtrar agua del rio Huallaga.**

##### **Operación**

Inicialmente se llenó el filtro con agua limpia en flujo ascendente un volumen de 15 litros, la cual permitió disminuir el

aire que existe en el lecho filtrante o que quede retenido entre los granos y dificultando el paso del agua durante el proceso del filtrado. El llenado del agua se hizo hasta una altura de 1.10m, quedando 10 cm de la cabeza de agua sobre el lecho filtrante.

Luego se hizo circular agua limpia en flujo descendente para permitir el asentamiento de las capas filtrantes.

Dentro de las actividades rutinarias de operación que se realizó fueron:

- Remover el agua del cilindro con una varilla de madera, cuya longitud fue de un metro, para lograr una muestra uniforme
- Abrir la llave de entrada al filtro y regular su caudal a 0.23L/min.
- Medir el caudal de salida cada 2 a 3 tres horas
- Medir la cabeza de agua sobre el lecho filtrante cada 2 a 3 horas.
- El agua filtrada, llenar en galones de 20 litros cada cierto tiempo, a través de una manguera de 5/16" (0.8cm)
- Medir la capa biológica inter diario.
- Cerrar la llave de entrada al filtro.

### **Mantenimiento**

El rascado de la arena fina se dio cuando el nivel del agua en el filtro ascendió a un nivel máximo y redujo un caudal mínimo, por el aumento de la perdida de carga debido al ensuciamiento de la capa filtrante. Para el rascado de la parte superior de la arena fina se sacó 2cm del medio filtrante que contenido material biológico, se lavó con agua filtrada y se puso a secar extendiendo en un recipiente plano. El vacío del medio filtrante que quedo se restituyo con la misma altura y cantidad de arena nueva.

Durante el ensayo realizado en el laboratorio de hidráulica,



el primer rascado de arena se dio luego de 8 días, el segundo rascado se realizó luego de 5 días y el tercer rascado luego de 3 ½ días.

### Primera carrera de filtración

Para dar inicio a la primera carrera de filtración (tiempo de operación del filtro), se realizó la carga del cilindro con agua cruda directamente del río Huallaga, siendo nuestra captación en el primer jardín, situado a la altura del laboratorio de Hidráulica, donde se realizó el proyecto. En la siguiente tabla se consigna los resultados de regulación de los caudales afluentes de agua cruda y caudal efluente del agua filtrada. Además, las cabezas de filtración, tiempo de operación y volumen de agua filtrada.

**Tabla 8**  
*Operación inicial del filtro lento de arena para filtrar agua del río Huallaga (Carrera Inicial)*

Fecha	Tiempo de filtración (hr)	Caudal de entrada al filtro (L/min)	Caudal de agua filtrada (salida) (L/min)	Cabeza de filtración (cm)	Volumen de agua (L)
20/06/19	7	0.03	0.02	4	8
21/06/19	8	0.04	0.03	4	14
24/06/19	8	0.043	0.03	5	14
26/06/19	7	0.23	0.17	6.5	71
27/06/19	1.50	0.56	0.2	29.5	18
	3.25	0.2	0.1	10	20
28/06/19	4	0.23	0.18	12	43
01/07/19	7	0.24	0.17	12	71
02/07/19	4	0.23	0.17	34.5	41
	12		0.06		43
62.15					343

Fuente: Datos obtenidos de campo por tesista.

Durante la primera carrera de filtración se logró estabilizar el filtro, y se llegaron a los siguientes resultados:

- 1) La carrera de filtración fue de 62.15 horas, tiempo en el que se realizó el primer mantenimiento.
- 2) El caudal de entrada se estabilizó en 0.23 L/min
- 3) El caudal de salida de agua filtrada se estabilizó en 0.17 L/min.

- 4) La cabeza de filtración se estabilizó en 10 cm
- 5) Cuando la cabeza de filtración llegó a 34.5 cm; el flujo de agua filtrada disminuyó hasta 0.06 L/min; y se consideró que tiene que realizarse el primer mantenimiento.
- 6) El agua cruda tratada fue de 343 litros.

En la tabla 9, se presenta los resultados de los parámetros físicos químicos de la primera carrera de filtración. Asimismo, en la tabla 10 se observa los resultados del comportamiento microbiológico.

**Tabla 9**

*Evaluación inicial del comportamiento físico químico de la primera carrera de filtración.*

muestras	Fecha	Numero		Turbidez (NTU)		Ph		SST (ppm)		% de Eficiencia
		Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	
1	20/06/19	13	3	77	7.7	7.6	1	28	8	71
2	01/07/19	15	2.5	83	7.7	7.6	1	29	10	66

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH.

**Tabla 10**

*Evaluación inicial del comportamiento microbiológico de la primera carrera de filtración*

Nmero de muestra	(ml)		B. Coliformes Totales (UFC/100 ml)		B. Coliformes Fecales (UFC/100 ml)		B. Heterotróficas (UFC/ml)		% de Eficiencia
	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	
1	20/06/19 22x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	91	0	0	0	189x10 <sup>4</sup>	151x10 <sup>4</sup>	20
2	01/06/19 46x10 <sup>2</sup>	13x10 <sup>2</sup>	72	800	200	75	152x10 <sup>4</sup>	83x10 <sup>4</sup>	45

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH.

### Segunda carrera de filtración

La segunda carrera de filtración se trabajó con un caudal de entrada de 0.23L/min, carrera que duro cinco días. En la tabla se aprecia a mayor detalle los datos obtenidos durante la carrera, el tiempo de operación, el volumen de agua filtrada, etc.

**Tabla 11***Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del río Huallaga (Segunda carrera)*

Fecha	Tiempo de filtración (H)	Caudal de entrada al filtro(L/min)	Caudal de agua filtrada (salida) (L/min)	Cabeza de filtración (cm)	Volumen de agua filtrada (L)
03/07/19	½	0.24	0.15	12	4.5
04/07/19	1	0.23	0.12	11	4.2
10/07/19	2.50	0.23	0.16	8 - 10	24
11/07/19	4.45	0.23	0.18	10-12-15	48
12/07/19	8.30	0.23	0.15	15	75
	9	0.23	0.12		65
	26.35				231

Fuente: Datos obtenidos de campo

Durante la segunda carrera de filtración se trabajó con el caudal regulado y se llegó a los siguientes resultados.

- 1) El caudal de entrada de agua cruda se ha estabilizado en 0.23 L/min.
- 2) El caudal de agua filtrada se ha estabilizado en 0.15L/min.
- 3) La carrera de filtración fue de 26.35horas, tiempo en el que se realizó el segundo mantenimiento.
- 4) La cabeza de filtración llego hasta 15cm.
- 5) El agua filtrada fue de 231 Litros

En la tabla 12 se presenta los resultados de los parámetros físico químicos de la segunda carrera de filtración. Asimismo, en la tabla 13 se observa los resultados del comportamiento microbiológico.

**Tabla 12***Evaluación del comportamiento físico químico de la segunda carrera de filtración*

Numero de muestra	Turbidez (UNT)			Ph			SST (ppm)		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida

3      10/07/19      14.2      3.5      75      7.8      7.6      3      35      10      71

Fuente: datos obtenidos del laboratorio de biotecnología - UDH.

**Tabla 13**

*Evaluación del comportamiento microbiológico de la segunda carrera de filtración.*

Numero de muestra	B. Coliformes Totales (UFC/100 ml)				B. Coliformes Fecales (UFC/100ml)			B. Heterotróficas (UFC/ml)		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia
3	10/07/19	98x10 <sup>2</sup>	31x10 <sup>2</sup>	68	20x10 <sup>2</sup>	10x10 <sup>2</sup>	50	73x10 <sup>4</sup>	27x10 <sup>4</sup>	63

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología - UDH

### Tercera carrera de filtración

La tercera carrera de filtración se trabajó con caudal promedio de 0.24L/min, dicha carrera tuvo una duración de tres días y medio. En la tabla 14 se aprecia a mayor detalle los datos obtenidos durante la carrera.

**Tabla 14**

*Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del rio Huallaga (tercera carrera)*

Fecha	Tiempo de filtración (H)	Caudal de entrada al filtro(L/min)	Caudal de agua filtrada (Salida) (L/min)	Cabeza de filtración (Cm)	Volumen de agua filtrada(L)
15/07/19	2	0.23	0.15	11	18
	7		0.17	12	71
16/07/19	4	0.23	0.14	19	34
	10		0.11	27	65
17/07/19	4.30	0.24	0.16	26	43
18/07/19	3	0.24	0.15	21	27
	32				

Fuente: Datos obtenidos de campo

En la tabla 15 se presenta los resultados de los parámetros físico químico de la tercera carrera de filtración. Asimismo, en la tabla 16 se observa los resultados del comportamiento microbiológico.

**Tabla 15**

*Evaluación del comportamiento físico químico de la tercera carrera de filtración.*

Numero de muestra	Turbidez (UNT)				SST(ppm)			Ph		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia

4 15/07/19 8.2 3 63 7.6 7.3 4 10 0.2 98

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH.

**Tabla 16**

*Evaluación del comportamiento microbiológico de la tercera carrera de filtración*

Numero de muestra	Coliformes Totales (UFC/100ml)				Coliformes Fecales (UFC/100ml)			B. Heterótrofas (UFC/ml)		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia
4	15/07/19	73x10 <sup>2</sup>	7x10 <sup>2</sup>	90	10x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	90	31x10 <sup>4</sup>	14x10 <sup>4</sup>	55

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología-UDH

Durante la tercera carrera de filtración se trabajó con el caudal regulado y se llegó a los siguientes resultados.

El caudal promedio de entrada de agua cruda fue de 0.24L/min.

- 1) El caudal se estabilizó a 0.15L/min
- 2) La carrera de filtración fue de 32 horas, tiempo en el que se realizó el segundo mantenimiento.
- 3) La cabeza de filtración llegó 27cm. Tiempo en el que se realizó el tercer mantenimiento.
- 4) El agua filtrada fue de 276 Litro

#### **Cuarta carrera de filtración (Uso de coagulante)**

En la cuarta carrera de filtración se añadió coagulante (Sulfato de aluminio al 1%), la cual se trabajó con un caudal de entrada de 0.23L/min. En la tabla 17 se aprecia a mayor detalle los datos obtenidos durante la carrera.

**Tabla 17**

*Operación del filtro lento de arena para filtrar agua del río Huallaga (Cuarta carrera)*

Fecha	Tiempo de filtración (H)	Caudal de entrada al filtro(L/min)	Caudal de agua filtrada (Salida) (L/min)	Cabeza de filtración (Cm)	Volumen de agua filtrada(L)
	7		0.18	12	76
31/08/19	4	0.23	0.16	11	36
	9		0.1	11	54
01/08/19	2.10	0.23	0.15	11	23

Fuente: Datos obtenidos de campo.

En la siguiente tabla 18 se presenta los resultados de los parámetros físico químico de la tercera carrera de filtración. Así mismo, en la tabla 19 se observa los resultados del comportamiento microbiológico.

**Tabla 18**

*Evaluación del comportamiento físico químico de la cuarta carrera de filtración (con coagulante)*

Numero de muestra	Turbidez (UNT)				Ph			SST(ppm)		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia
5	31/07/19	20	2	88	7.8	7.5	4	40	5	88

Fuente: Datos obtenidos de laboratorio de Biotecnología –UDH

**Tabla 19**

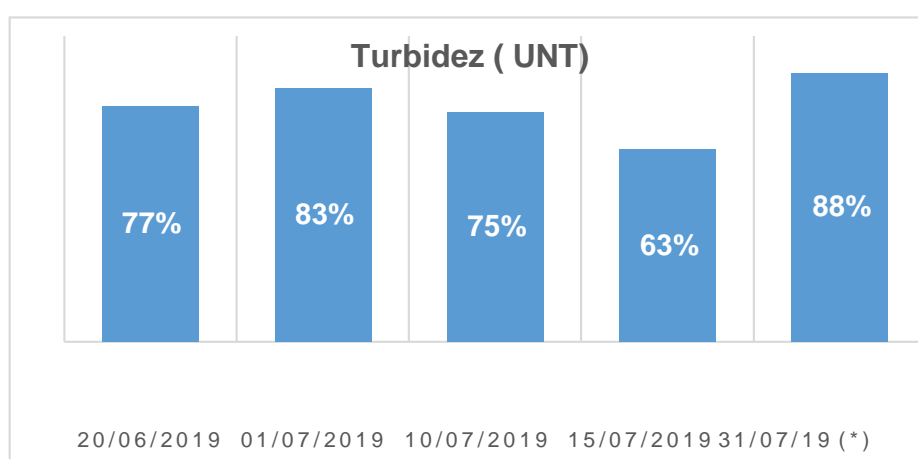
*Evaluación del comportamiento microbiológico de la cuarta carrera de filtración (Con coagulante)*

Numero de muestra	Coliformes Totales (UFC/100ml)				Coliformes Fecales (UFC/100ml)			B. Heterótrofas (UFC/ml)		
	Fecha	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia	Entrada	Salida	% de Eficiencia
5	31/07/19	$447 \times 10^2$	$69 \times 10^2$	85	$16 \times 10^2$	400	75	$987 \times 10^4$	$26 \times 10^5$	97

Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH

#### 4.1.2.1 Resultados de la eficiencia del filtro lento de arena

A continuación, se presenta los resultados de los parámetros utilizados para medir la eficiencia del filtro de arena.

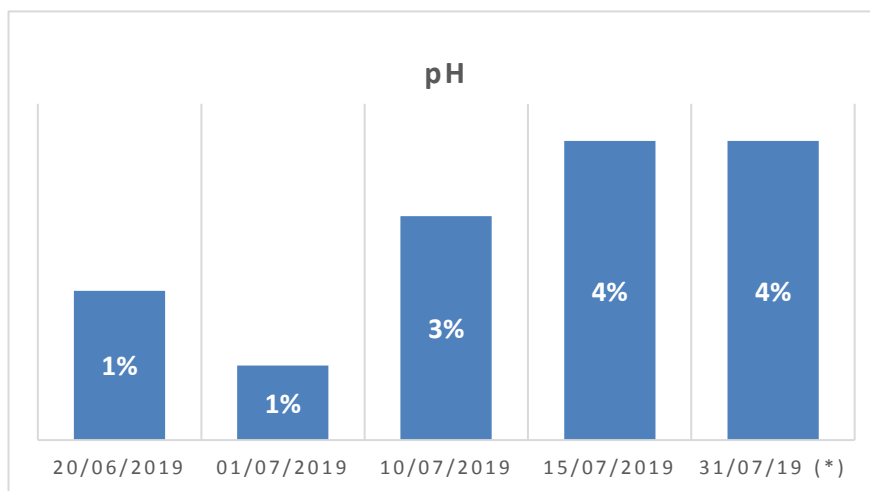


Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 4:** Eficiencia de retención de turbidez del filtro lento de arena.

Del gráfico 4 se observa que la eficiencia en la reducción de la turbidez está entre el 63 % hasta el 83 %, para agua cruda del río directamente filtrada, considerando una media de eficiencia de 75 %. En el caso de un tratamiento del agua cruda con coagulación (31/07/19) adicionando solución de sulfato de aluminio al 1 % (ver prueba de jarras, Imagen 21) se consiguió una eficiencia de 88 %.

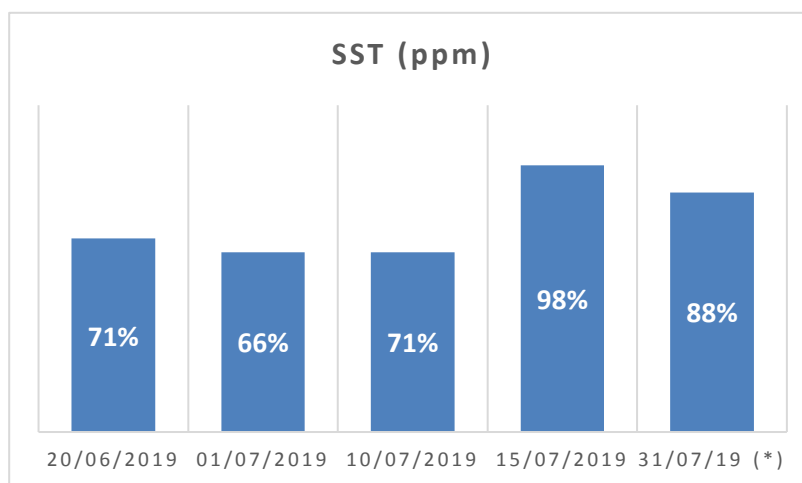


Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 5:** Eficiencia de retención del Ph en el filtro lento de arena

El filtro experimental utilizado y las mediciones del pH nos indica una ligera reducción de este parámetro, en promedio de 3%, debido a la retención de los sólidos.

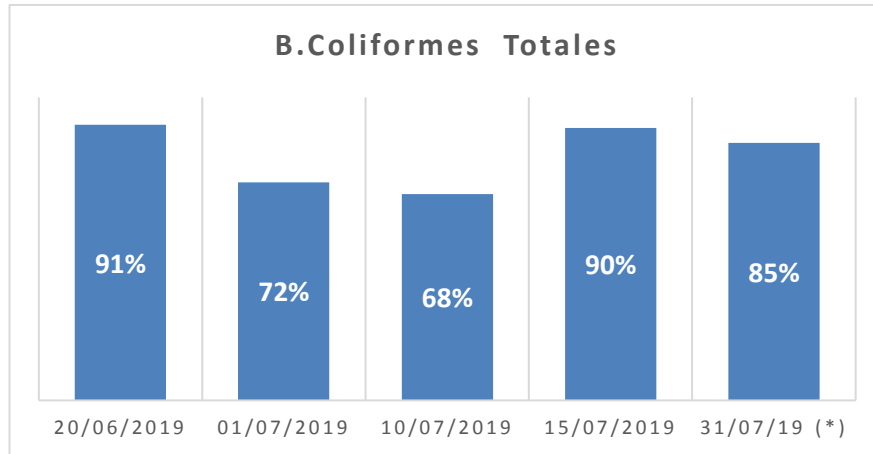


Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 6:** Eficiencia de retención de SST, en el filtro lento de arena

La eficiencia del filtro en la reducción de los sólidos suspendidos totales en promedio es de 77 % en los tratamientos sin coagulación, en tanto que con coagulación es de 88 %.

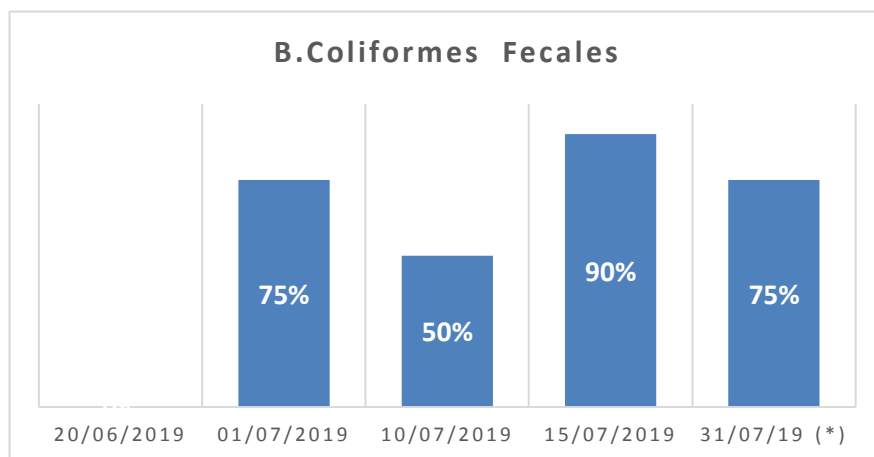


Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 7:** Eficiencia de retención de las Bacteria Coliformes Totales en el filtro de arena.

El filtro de arena usado también demuestra ser eficiente en la reducción de las bacterias coliformes totales, como se deduce del grafico 7, en promedio en las cuatro carreras realizadas fue de 80% (sin coagulación) y de 85% con coagulación.



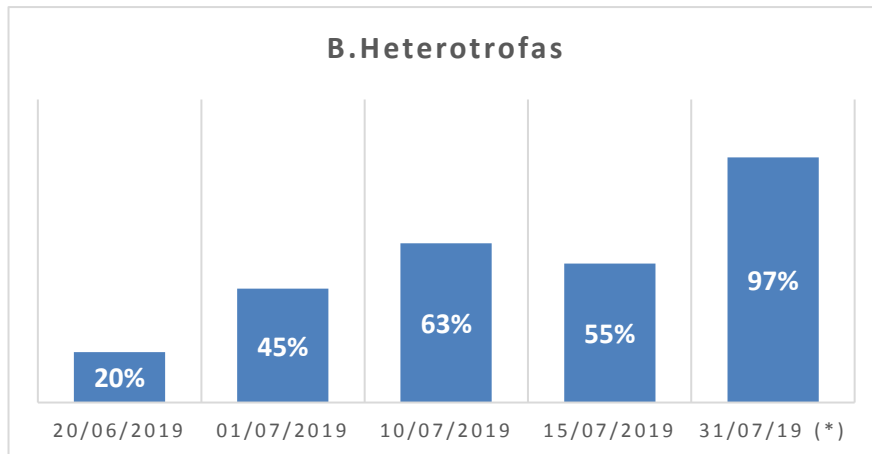
Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 8:** Eficiencia de retención de las Bacteria Coliformes Fecales en el filtro de arena



El filtro de arena usado también se demuestra ser eficiente en la reducción de las bacterias coliformes fecales, como se deduce del grafico 8, en promedio de las tres carreras realizada fue de 72% (sin coagulación) y con coagulación una eficiencia 75%.



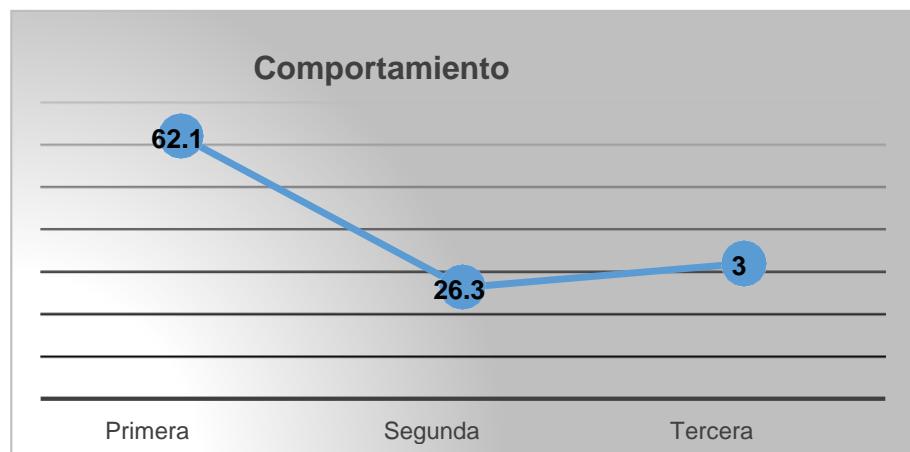
Fuente: Elaboración propia

(\*): Con coagulante

**Grafico 9:** Eficiencia de retención de las Bacterias Heterótrofas en el filtro de arena

La eficiencia del filtro en la reducción de las Bacterias heterótrofas en promedio es de 46% en el tratamiento sin coagulación, en tanto que con coagulación es de 97%.

#### 4.1.2.2 Determinación de la carrera de filtración



Fuente: Elaboración propia

**Grafico 11:** Determinación de la carrera de filtración

Según el gráfico anterior, la duración de la carrera de filtración se puede considerar la media entre la segunda y tercera carrera que es 29 horas. No se considera la primera carrera por cuanto en esta etapa se estaba estabilizando la operación del filtro. Por lo tanto, se procede con el mantenimiento del filtro después de 29 horas de operación; debido a que disminuye el flujo de agua filtrada y aumenta la carga sobre el filtro.

#### 4.2 CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS

En el presente trabajo de investigación, nos fijamos como objetivo general el de determinar la eficiencia de la filtración lenta con arena, para depurar el agua del río Huallaga durante los meses de estiaje, con el fin de utilizar esta agua en usos básicos en la Ciudad Universitaria; en el caso de que se presentara escasez de agua en los pozos subterráneos que abastece la Ciudad Universitaria.

Coherentemente la hipótesis principal se formuló aseverando que la filtración lenta con arena es eficiente en la depuración del agua del río Huallaga. Del análisis de los resultados obtenidos de la medición de los parámetros de la variable independiente, como por ejemplo lo relacionado con la turbidez del agua, se determinó que la eficiencia de remoción de la turbidez por la filtración, fue de 75% y que la turbidez del agua filtrada en promedio fue de 2.8 NTU, como se puede observar en la siguiente tabla. Este valor es inferior a lo establecido en el D.S N° 031 – 2010 – S.A, que fija para agua potable 5 NTU.

**Tabla 20**  
*Turbidez de agua filtrada durante las carreras de filtración*

Fecha	Turbidez (UNT)
20/06/19	3
01/07/19	2.5
10/07/19	3.5
15/07/19	3
31/07/19	2
<b>Promedio</b>	<b>2.8</b>

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH.

En consecuencia, se concluye que, por el tratamiento de depuración del agua mediante la filtración lenta, se logra una eficiencia alta del 75 %, con una turbidez residual promedio de 2.8 NTU; dentro de los límites para agua potable.

Referente al pH del agua, se estableció que la eficiencia de reducción de este parámetro fue de 3% y el promedio del pH del agua filtrada, fue de 7.51, tal como se aprecia en la tabla 21. Este valor se encuentra dentro de los rangos que indica el D.S N° 031 – 2010 – S.A que fija para el agua potable de 6-5 a 8.5.

**Tabla 21**  
*pH del agua filtrada durante las carreras de filtración*

Fecha	pH
20/06/19	7.58
01/06/19	7.62
10/07/19	7.55
15/07/19	7.34
31/07/19	7.45
<b>Promedio</b>	<b>7.51</b>

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología –UDH.

Se concluye que, por el tratamiento de depuración del agua mediante la filtración, se logra reducir el pH en 3 %. Sin embargo, el agua filtrada está, dentro de los valores de pH para agua potable.

Para el caso de los sólidos suspendidos totales, se determinó una eficiencia de reducción de este parámetro de 77% y la concentración de sólidos suspendidos en el agua filtrada en promedio fue de 6.64 ppm, como se observa en la tabla 22.

**Tabla 22**  
*Sólidos suspendidos totales del agua filtrada durante las carreras de filtración*

Fecha	SST(ppm)
20/06/19	8
01/07/19	10
10/07/19	10
15/07/19	0.2

31/07/19

5

**Promedio**

**6.64**

---

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología –UDH.

Concluyendo que, por el tratamiento de depuración de agua mediante la filtración lenta, se logró una eficiencia de más del 50 % en la remoción de los sólidos suspendidos.

Con relación a las bacterias coliformes totales, se determinó que la eficiencia de reducción de este parámetro, fue de un 80% y en promedio el contenido de Coliformes Totales en agua filtrada fue  $6.38 \times 10^2$  UFC/100ml como se aprecia en la tabla 23.

Si bien el proceso de filtración reduce la carga bacteriana con una alta eficiencia, sin embargo, el agua filtrada contiene aún una carga apreciable (638 UFC/100 ml) debido a la alta contaminación del agua cruda (agua del río Huallaga) que ingresa al filtro sin tratamiento preliminar. Sin embargo, cuando se realizó la coagulación del agua cruda antes de filtrarla, la eficiencia subió al 85 %; lo que determina que se tiene que realizar un eficiente proceso de pretratamiento y luego desinfección del agua filtrada.

**Tabla 23**

*Bacterias Coliformes Totales durante las carreras de filtración*

<b>Fecha</b>	<b>B. Coliformes Totales (UFC/100ml)</b>
20/06/19	$2 \times 10^2$
01/07/19	$13 \times 10^2$
10/07/19	$3 \times 10^2$
15/07/19	$7 \times 10^2$
31/07/19	$6.9 \times 10^2$
<b>Promedio</b>	<b><math>6.38 \times 10^2</math></b>

---

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH

Con respecto a las bacterias Coliformes Fecales, se estableció que la eficiencia de reducción de dicho parámetro fue de 71% y su promedio en agua filtrada durante las carreras de filtración fue de  $3.4 \times 10^2$  UFC/100ml como se observa en la siguiente tabla. Determinándose el mismo

comportamiento que en el caso de los coliformes totales; es decir que se tiene que realizar en el caso de este tipo de agua, el tratamiento preliminar de coagulación y sedimentación y el posterior de desinfección.

**Tabla 24**  
*Bacterias Coliformes Fecales durante las carreras de filtración*

<b>Fecha</b>	<b>B. Coliformes Fecales (UFC/100ml)</b>
20/06/19	0
01/07/19	2 x10 <sup>2</sup>
10/07/19	10 x 10 <sup>2</sup>
15/07/19	1 x10 <sup>2</sup>
31/07/19	4 x 10 <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>3.4 x 10<sup>2</sup></b>

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología – UDH

Finalmente, para el caso de las Bacteria Heterótrofas, se determinó que la eficiencia de reducción de dicho parámetro fue de 46% y respecto a su promedio fue 68.75 x 10<sup>4</sup> UFC/ml como se aprecia en la tabla 22.

Valor superior a lo establecido en el D.S N° 031 – 2010 – S.A, que fija para agua potable 500 UFC/ml, determinado por la alta carga bacteriana del agua cruda.

**Tabla 25**  
*Bacterias Heterótrofas durante las carreras de filtración*

<b>Fecha</b>	<b>B. Heterótrofas (UFC/ml)</b>
20/06/19	151 x 10 <sup>4</sup>
01/07/19	83 x 10 <sup>4</sup>
10/07/19	27 x10 <sup>4</sup>
15/07/19	14 x10 <sup>4</sup>
31/07/19	26 x10 <sup>5</sup>
<b>Promedio</b>	<b>107 x 10<sup>4</sup></b>

Fuente: Datos obtenidos del laboratorio de Biotecnología - UDH.

**En conclusión,** el tratamiento del agua del río Huallaga mediante la filtración lenta con arena, resulta ser un proceso eficiente en más del 50 %; en la reducción de la turbidez, de los sólidos suspendidos de la carga bacteriana, de un agua que contiene altísima carga bacteriana, como es la del río Huallaga a la altura de la Ciudad Universitaria. El agua filtrada se

puede utilizar para los servicios higiénicos, para limpieza, para algunos usos en el laboratorio; pero aún no es potable.

## **CAPITULO V:**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **5.1** En el trabajo de investigación realizado “Tratamiento de agua del río

Huallaga por medio de filtración lenta a escala piloto, en la ciudad universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019” se obtuvo una eficiencia de remoción de las bacterias coliformes totales del 80% y una reducción de la turbidez hasta del 75%, con valor de turbidez final de

2.8 UNT. Arango (2000) en su artículo “Biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua”, indica que la filtración lenta mejora significativamente los parámetros de calidad, reportando eficiencia de remoción en Bacterias coliformes totales del 99.4% y la reducción de turbidez hasta 0.5 UNT. Pero en nuestro caso, se trató agua directamente de río Huallaga que se capta en la Ciudad Universitaria la Esperanza, el cual trae una alta carga bacteriana, entonces siendo aún el proceso de filtración eficiente para tratar un agua cruda tan contaminada, se requiere un tratamiento preliminar de coagulación – floculación y un tratamiento posterior de desinfección.

#### **5.2** Respecto a la eficiencia en la reducción de la turbidez, ésta fue de 75%; estando dentro del rango establecido en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (menor a 5 UNT) y teniendo una remoción de las bacterias coliformes totales una eficiencia de 80%. Si bien el proceso de filtración reduce la carga bacteriana con una alta eficiencia, sin embargo, el agua filtrada contiene aun carga bacteriológica apreciable, por ende encontrándose fuera del rango, según el D.S.N°031 – 2010 – S.A.

Gualteros y chacón (2015) en su trabajo de investigación: “estudio de eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el municipio guaduas Cundinamarca vereda la yerbabuena”, tratan un agua de quebrada que muestran baja carga bacteriana y durante la filtración redujo la turbidez de entre 73% y 93% y respecto a los coliformes totales logrando su eficiencia de reducción al 100%. Resultados similares a la turbidez obtenida en nuestra investigación; pero no en cuanto a la reducción de la carga bacteriana, por las razones expuestas anteriormente, en cuanto al procesamiento de un agua cruda del río Huallaga con alta carga bacteriana.

- 5.3** En la investigación realizada, se obtuvo una eficiencia de reducción de la turbidez a un promedio de 2.8 NTU, el Ph teniendo un promedio de 7.51 ambos encontrándose dentro del rango y la eficiencia de remoción de las bacterias coliformes totales llegando un promedio de  $6.38 \times 10^2$  UFC/100 ml y las bacterias coliformes fecales obteniendo un promedio de  $3.4 \times 10^2$  UFC/100ml. Aguilar(2019) en su trabajo de investigación PosGrado “Evaluación de calidad de agua para consumo humano obtenida en una microplanta utilizando filtro lento de arena en la Comunidad Nativa de Chunchiwi – Lamas – Región San Martín, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva”. Los resultados que obtuvo fue: La turbidez tuvo un valor promedio de 3.04 NTU, Ph valor promedio de 7.40, los coliformes totales promedio de 494.02 UFC/100ml y los coliformes fecales un promedio 6.14 UFC/100ml.
- 5.4** En el estudio de investigación realizado, la remoción de los sólidos suspendidos totales tuvo una eficiencia del 77% y la turbidez una eficiencia del 75%. por ende, siendo eficiente el sistema de filtración. Los autores Llanos y Mirano (2017) en su trabajo de investigación “Evaluación de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remoción de parámetros, de las aguas de la quebrada la oyada, moyobamba , Perú – 2017” , llegaron a los siguientes resultados; para los sólidos suspendidos totales alcanzando una eficiencia en remoción de 58.28%, turbidez una reducción al 58.25%,llegando a la conclusión que el filtro de arena es más eficiente que el filtro de la piedra caliza.
- 5.5** En mi estudio de investigación ,se obtuvieron los siguientes resultados; la turbidez alcanzando una eficiencia en remoción del 75%, pH encontrándose en un promedio de 7.51, conductividad manteniéndose en promedio de 213us/cm, respecto a la remoción de la reducción de la carga bacteriana; en las bacterias coliformes totales llegaron a concentraciones de 638 UFC/100ml y bacterias coliformes fecales llegaron a concentraciones promedias de 340 UFC/100ml. Torres y Villanueva (2014) en su libro El filtro lento de arena: Manual para el armado, Instalación y Monitoreo, reportó los siguientes resultados, en la turbidez hubo una reducción del 96.4%, el Ph se mantuvo constante en 7.2, conductividad mantuvo un promedio de 266 us/cm y en cuanto a la remoción de la carga



bacteriana de los coliformes totales y fecales de tener altas concentraciones paso a 0 UFC/100 ml, mejorando así la calidad de agua del municipio de Tocaima (Colombia).

## CONCLUSIONES

- 6.1** El comportamiento del filtro lento de arena en la eficiencia en reducción de la concentración en los parámetros de turbidez fue del 75% (2.8 UNT), en la eficiencia de la remoción de los sólidos suspendidos totales se redujo al 77% (6.64 ppm) y el PH reduciendo un 3% (7.51).
- 6.2** La eficiencia en la reducción de la carga bacteriana en el agua del río Huallaga por el proceso de filtración lento en los parámetros de bacterias coliformes totales fue de 80%, equivalente a 638 UFC/100 ml y en las bacterias de los coliformes fecales se redujo a un 71%, siendo equivalente a 340 UFC/100 ml; debido a la alta carga bacteriana del agua cruda.
- 6.3** La eficiencia en la reducción de la carga bacteriana en el agua del río Huallaga por el proceso de filtración lento en el parámetro de las bacterias heterótrofas se redujo al 46% siendo equivalente a 687,500 UFC/ml.
- 6.4** Se diseñó y construyó un filtro experimental lento de arena de un área de filtración de 278 cm<sup>2</sup>, de dimensiones 16.7 cm x 16.7 cm.
- 6.5** Se trabajó con una velocidad de  $7 \frac{m}{dia}$  ( $0.3 \frac{m}{h}$ ), con un caudal de entrada  $13.8 \frac{L}{h}$  ( $0.23 \frac{L}{min}$ ) y un caudal de salida de  $10.2 \frac{L}{h}$  ( $0.17 \frac{L}{min}$ ).
- 6.6** Para el cálculo de pérdida de presión inicial se concluye que la altura de la cabeza de agua fue de 10cm; que coincidió en la práctica con la altura de agua sobre el lecho filtrante para alcanzar el caudal de salida de 0.17 L/min
- 6.7** Para realizarse la limpieza y manteniendo del filtro, la carrera de filtración tuvo una duración de 29.2 horas. Asimismo, la cantidad de agua procesada o filtrada fue 254 litros por carrera.

## RECOMENDACIONES

- 7.1** Se recomienda para complementar el proceso de tratamiento de las aguas del río Huallaga, a partir de la filtración lenta se requiere un tratamiento preliminar de coagulación - floculación y un tratamiento posterior de desinfección.
- 7.2** Se recomienda que el área de filtración para tratar el caudal del agua que se consume diariamente en la ciudad universitaria, de  $20 \frac{m^3}{día}$ , se requiere un filtro que tenga un área filtrante de  $2.78 m^2$ , con una altura de 1.50 m.
- 7.3** Se recomienda a la Universidad, que este proceso de filtración lenta se utilice durante los meses de escases de agua en los pozos que abastece a la Ciudad Universitaria (Agosto – Noviembre), donde la turbidez se reduce valores menores a 20 UNT.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administracion de Recursos Hidricos. (2013). *Clasificacion de los cuerpos de agua continentales superficiales*. Lima.
- Aguilar Herrera, W. (2019). *Evaluacion de la calidad de agua para consumo humano obtenida en una microplanta utilizando filtro lento de arena en la Comunidad Nativa de Chunchiwi - Lamas-Region San Martin*.
- Arango Ruiz, A. (2000). La biofiltracion ,una alternativa para la potabilizacion del agua. *L Lasallista de investigacion Vol. 1 N°2*, 61 - 66.
- Arboleda Valencia, J. (2000). *Teoria y practica de la purificacion de agua*. Colombia: NOMOS S.A.
- Canepa Vargas, L. (1993). *Filtracion lenta como proceso de desinfeccion*. Lima.
- EMUSAP. (2017). *El agua en el Peru*. Lima.
- Encinas Malagon, M. (2011). *Medio ambiente y contaminacion*.
- Gualteros Diaz, L., & Chacon Rodriguez, M. (2015). *Estudio de la eficacia de lechos de filtracion para la potabilizacion de agua proveniente de la quebrada la despenza en el municipio Guaduas Cundinamarca Vereda la Yerbabuena*. Bogota.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- JAPAC. (2016). El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la tierra. *JAPAC -Agua salud para todos*.
- Llanos Angeles, S., & Mirano Celis, H. (2017). *Evaluacion de la eficiencia de filtro de arena y filtro de piedra caliza, en la remocion de parametros fisicos, de las aguas de la quebrada La oyada, Moyobamba,Peru - 2017*. Moyobamba - Peru.
- Marino Agudelo, R. (2005). El agua, recurso estrategico del siglo XXI. *Facultad Nacional de salud Publica*.

- OPS. (2005). *Guia para el diseño de sistema de tratamiento de filtracion en multiples etapas*. Lima.
- Ordoñez, J. (2011). *"Ciclo Hidrológico"*. Lima - Peru: Sociedad Geografica.
- Rossi Salinas, G. (2017). *Diseño de un purificador de agua para uso en pequeña industria alimentarias en zonas rurales*. Arequipa.
- Salud, R. d. (15 de Abril de 2015). Huanuco el 40% del agua no es apto para consumo Humano. *Correo*.
- Saneamiento, M. d. (24 de Abril de 2015). MVCS. El 87.5% de la poblacion peruana tiene acceso al servicio de agua potable. *GGestion*.
- Torres Parra, C., & Villanueva Perdomo, S. (2014). *El filtro de Arena Lento*. Bogota, Colombia.
- Torres Parra, C., Garcia Ubique, C., Garcia Ubique, J., Garcia Vaca, M., & Garcia Pacheco, R. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtracion. *Revista de Salud Publica - Vol 19 (4)*, 453-459.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Resolución de aprobación del estudio de investigación

### **UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO** **Facultad de Ingeniería** **RESOLUCIÓN N° 362-2019-CF-FI-UDH**

Huánuco, 07 de Mayo de 2019

Visto, el Oficio N° 283-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, referente a **Ana Paulina, ORIZANO PONCE**, del Programa Académico Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

#### **CONSIDERANDO:**

Que, según Resolución N° 529-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1026-19, del Programa Académico de, Ingeniería Ambiental, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Ana Paulina, ORIZANO PONCE** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 283-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 07 de Mayo de 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - **APROBAR**, el Proyecto de Investigación Titulado:  
"TRATAMIENTO DE AGUA DEL RIO HUALLAGA POR MEDIO DE FILTRACIÓN LENTA A ESCALA PILOTO, EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO, 2019" presentado por **Ana Paulina, ORIZANO PONCE** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA RE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIA – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.  
BCR/JJR.

## Anexo 2: Resolución de nombramiento de Asesor

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

#### RESOLUCIÓN N° 267-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de abril de 2019

Visto, el Oficio N° 169-2019-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 629-19, del estudiante **Ana Paulina, ORIZANO PONCE**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis.

#### CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 629-19, presentado por el (la) estudiante **Ana Paulina, ORIZANO PONCE**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 022-2019-D-FI-UDH, de fecha 13 Febrero de 2019, en la cual se designa como Asesor de Tesis de la estudiante **Ana Paulina, ORIZANO PONCE** al Heberto Calvo Trujillo, el mismo que desiste a dicho asesoramiento por razones de carga administrativa, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.- DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 022-2019-D-FI-UDH, de fecha 13 de Febrero de 2019.

**Artículo Segundo.- DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis de la estudiante **Ana Paulina, ORIZANO PONCE** al Ing. Herman Tarazona Mirabal, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
Ing. JOHNNY P. JURCHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA (R) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



### Anexo 3: Matriz de consistencia

A. PROBLEMA	B. OBJETIVO	C. HIPOTESIS	D. VARIABLES	E. TIPO Y DISEÑO	F. METODOLOGIA
<p><b>Problema General:</b> ¿Cuál es la eficiencia del Tratamiento de Agua del río Huallaga por Medio de Filtración Lenta a Escala Piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?</p> <p><b>Problema Específico:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la eficiencia del Filtro Lento de Arena a escala piloto para reducir la turbidez, SST, color y pH en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?</li> <li>¿Cuál es la eficiencia del Filtro Lento de Arena a escala piloto para disminuir las bacterias coliformes fecales y totales en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?</li> <li>¿Cuál es la eficiencia del Filtro Lento de Arena a escala piloto para reducir las bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019?</li> </ol>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la eficiencia del Tratamiento de Agua del río Huallaga por Medio de Filtración Lenta a Escala Piloto, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</p> <p><b>Objetivo Específico:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar la eficiencia del Filtro Lento de Arena a escala piloto en la reducción de turbidez, SST, color y pH en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</li> <li>Determinar la eficiencia del Filtro Lento de Arena a escala piloto en la disminución de bacterias coliformes fecales y totales en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</li> <li>Determinar la eficacia del Filtro Lento de Arena a escala en la reducción de bacterias heterótrofas en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis General:</b> <b>(Ha):</b> El filtro lento de arena es eficiente en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</p> <p><b>Hipótesis Nula(H0):</b> El filtro lento de arena no es eficiente en el tratamiento de agua del río Huallaga, en la Ciudad Universitaria la Esperanza de la Universidad de Huánuco, 2019.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Agua cruda del río Huallaga.</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Eficiencia del tratamiento</p>	<p><b>Enfoque:</b> EL enfoque de investigación es cuantitativo, por cuanto se midió el comportamiento físico químico y microbiológico de un filtro lento de arena y lo cual se utilizó la herramienta estadística para probar la hipótesis.</p> <p><b>Diseño:</b> El diseño es no experimental, tipo transversal y de carácter descriptivo y correlacional.</p>	<p><b>Muestra:</b> Se tomó como muestra el agua del río Huallaga que llega al primer jardín (al frente del laboratorio de suelos) y que es traída por medio de tubos desde el río Huallaga, que se utilizan para regar los jardines de la Ciudad Universitaria.</p>

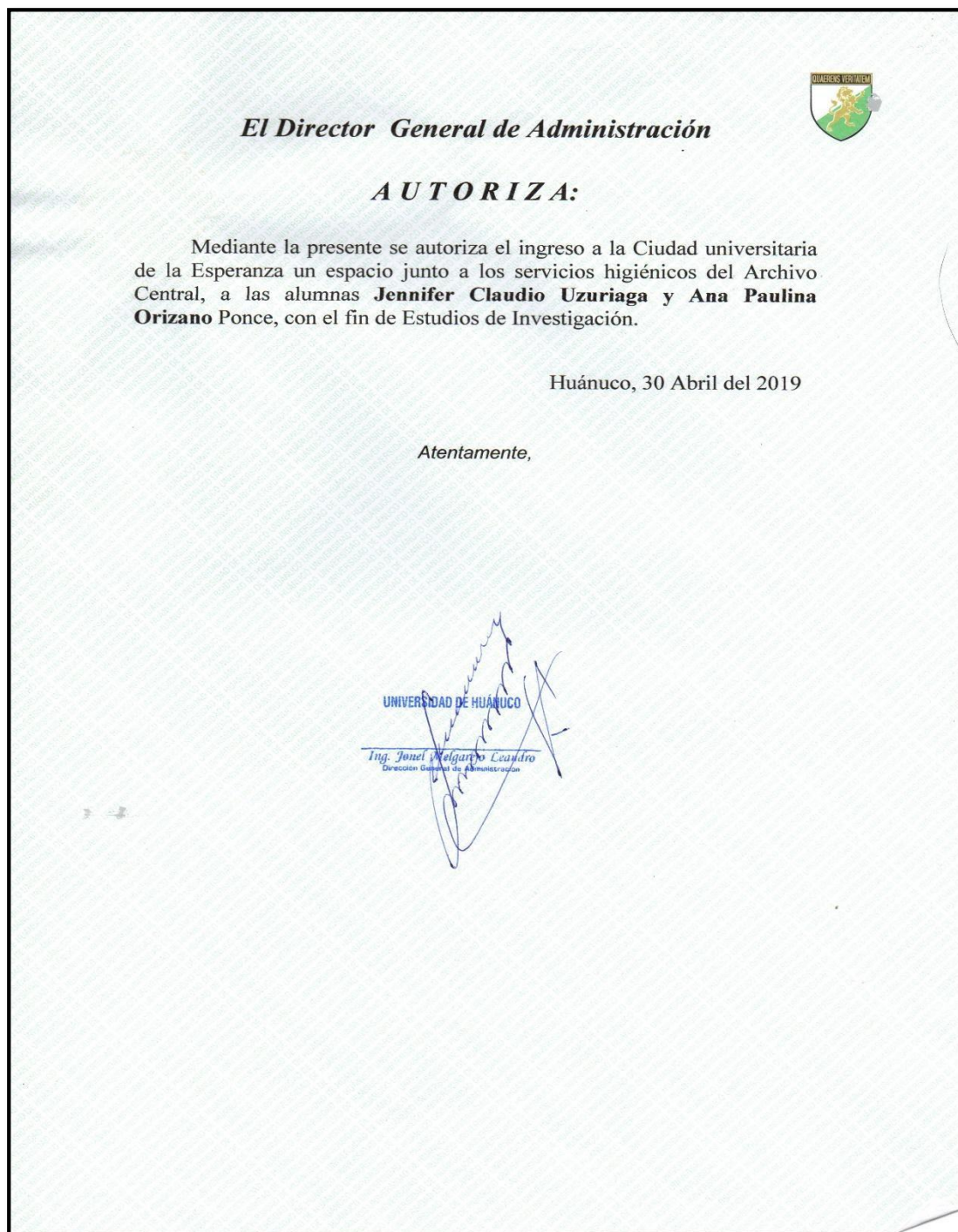
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Cuadro de operacionalización

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION	CRITERIOS	
Agua cruda del rio Huallaga (variable Independiente)	Es el agua sin tratamiento y que se utiliza para regar los jardines del ciudad universitaria.	El agua cruda se caracterizara por la medición de sus parámetros básicos físico químico y microbiológicos.	<b>Físico químico</b>	Turbidez SST pH	NTU ppm			
			<b>Microbiológico</b>	B. coliformes totales	UFC/100ml		Se establece como criterio el uso para el uso del filtro valores menores de 20 NTU	
				B coliformes fecales	UFC/100ml			
				B. Heterótrofas	UFC/ml	Turbidimetro		
							Potenciómetro	
			<b>Físico químico</b>			Incubadora		
Eficiencia del tratamiento (variable dependiente)	La eficiencia es la reducción de un parámetro del agua cruda por el proceso de filtración lenta.	$Eficiencia = \frac{Entrada - Salida}{Entrada} \times 100$		Turbidez	< 5	UNT	Material de vidrio	D.S N° 031-2010-S. A
				Solidos totales suspendidos				D.S N° 031-2010-S. A
				pH	6.5 -8.5	Valor de ph		D.S N° 031-2010-S. A
			<b>Microbiológico</b>	Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	0(*)	UFC/100 ml a 35°C		D.S N° 031-2010-S. A
				Bacterias coliformes totales	0(*)	UFC/100 ml a 44,5°C		D.S N° 031-2010-S. A
	Bacterias Heterótrofas	500	UFC/ ml a 35°C		D.S N° 031-2010-S. A			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Autorización para el desarrollo del estudio de investigación e la Ciudad Universitaria



Anexo 6: Instrumento para la recolección de datos

Tabla de operación del filtro lento de arena para filtrar agua del río Huallaga

Fecha	Tiempo de filtración (hr)	Caudal de entrada al filtro (L/min)	Caudal de agua filtrada (salida) (L/min)	Cabeza de filtración (cm)	Volumen de agua (L)
20/06/19	7	0.03	0.02	4	8
21/06/19	8	0.04	0.03	4	14
24/06/19	8	0.043	0.03	4	14
26/06/19	7	0.23	0.17	6.5	71
27/06/19	1.50 3.25	0.56 0.2	0.2 0.1	29.5 10	18 20
28/06/19	4	0.23	0.18	12	43
02/07/19	7 4	0.24	0.17	12	71
02/07/19	12	0.23	0.06	34.5	43
03/07/19	4.2 3	0.24	0.15 0.12	12	4.5 4.2
04/07/19	2.50	0.23	0.16	13	24
10/07/19	4.45	0.23	0.18	8-10	48
11/07/19	8.30	0.23	0.15	10-12-15	75
12/07/19	9	0.23	0.12	15	65
15/07/19	2	0.23	0.15	13	18
16/07/19	4 7 10	0.23	0.17 0.14 0.11	12 19 27	71 34 65
17/07/19	4.30	0.24	0.16	26	43
18/07/19	3	0.24	0.15	21	27
31/07/19	7 4 13	0.23	0.18 0.15 0.068	12 11 11	76 36 53
02/08/19	2.10	0.23	0.15	11	23

Tesista: ... Paulina ... Orizano ... Paul ... Firma: ...





**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
http://www.udh.edu.pe

1

**LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA LA ESPERANZA**

**INFORME DE ENSAYO N° 67-2019: Agua Filtrada**

**1. DATOS DE LA SOLICITUD DE CERTIFICACIÓN.**

- 1.1. Proyecto: "Tratamiento de agua del Rio Hualлага por medio de filtración lenta a escala piloto, en la Ciudad Universitaria La Esperanza de la Universidad de Huánuco, Marzo-Mayo-2019"
- 1.2. Solicitante: Ana Paulina Orizano Ponce
- 1.3. Personal muestreado: Ana Paulina Orizano Ponce
- 1.4. Datos del servicio:  
Características a evaluar: Físico - químico y microbiológico.  
Fecha de solicitud: 28 de Agosto del 2019.
- 1.5. Características de la muestra:
  - > Tipo de agua: agua del Rio Hualлага, agua filtrada.
  - > Ubicación geopolítica.
    - a) Departamento: Huánuco.
    - b) Provincia: Huánuco
    - c) Ciudad: Esperanza

**2. EVALUACIÓN.**

**2.1. Muestreo:**

La muestra fue tomada y traída al laboratorio por: Ana Paulina Orizano Ponce

**2.2. Resultados de la fecha del: 24 de Junio del 2019**

Parámetros: físicos - químicos.		Resultados (Entrada )	Resultados (Salida)
01	pH.	7.7	7.6
02	Turbidez, UNT.	13	3
03	Sales totales suspendidos, mg/L.	28	8

Características: microbiológicas		Resultados entrada	Resultados salida
01	Recuento de Coliformes totales, UFC/100 mL.	2.200	200
02	Recuento de Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL.	n.d	n.d
03	Recuento de Bacterias heterotróficas, UFC/100 mL.	1,890000	1,510000

n.d. no detectado

**2.3. Resultados de la fecha del: 2 de Julio del 2019**

3. Parámetros: físicos - químicos.		Resultados (Entrada )	Resultados (Salida)
01	pH.	7.7	7.6
02	Turbidez, UNT.	15	2.5
03	Sales totales suspendidos, mg/L.	29	10

Características: microbiológicas		Resultados entrada	Resultados salida
01	Recuento de Coliformes totales, UFC/100 mL.	4,600	1,300
02	Recuento de Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL.	800	200
03	Recuento de Bacterias heterotróficas, UFC/100 mL.	1,520000	830,000

  
Ing. Herman Tarazona Mirabal  
UDH - LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA  
DIRECTOR TÉCNICO

## 2.4. Resultados de la fecha del: 10 de Julio del 2019

3. Parámetros: físicos - químicos.		Resultados (Entrada )	Resultados (Salida)
01	pH.	7.8	7.6
02	Turbidez, UNT.	14.2	3.5
03	Sales totales suspendidos, mg/L.	35	10
04	Conductividad eléctrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$ .	366	353

Características: microbiológicos		Resultados entrada	Resultados salida
01	Recuento de Coliformes totales, UFC/100 mL.	9,800	3,100
02	Recuento de Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL.	2,000	1,000
03	Recuento de Bacterias heterotróficas, UFC/100 mL.	730,000	270,000

## 3.4. Resultados de la fecha del: 16 de Julio del 2019

4. Parámetros: físicos - químicos.		Resultados (Entrada )	Resultados (Salida)
01	pH.	7.6	7.3
02	Turbidez, UNT.	8.2	3
03	Sales totales suspendidos, mg/L.	10	0.2
04	Conductividad eléctrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$ .	314	313

Características: microbiológicos		Resultados entrada	Resultados salida
01	Recuento de Coliformes totales, UFC/100 mL.	7,300	700
02	Recuento de Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL.	1000	100
03	Recuento de Bacterias heterotróficas, UFC/100 mL.	310,000	140,000

## 4.4. Resultados de la fecha del: 31 de Julio del 2019

5. Parámetros: físicos - químicos.		Resultados (Entrada )	Resultados (Salida)
01	pH.	7.7	7.4
02	Turbidez, UNT.	20	2
03	Sales totales suspendidos, mg/L.	40	5
04	Conductividad eléctrica, $\mu\text{S}/\text{cm}$ .	323	316

Características: microbiológicos		Resultados entrada	Resultados salida
01	Recuento de Coliformes totales, UFC/100 mL.	44,700	6,900
02	Recuento de Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL.	1500	400
03	Recuento de Bacterias heterotróficas, UFC/100 mL.	9,870000	2,600000

n.d. no detectado

  
 Ing. Herman Tarazona Mirabal  
 UDH - LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA  
 DIRECTOR TECNICO

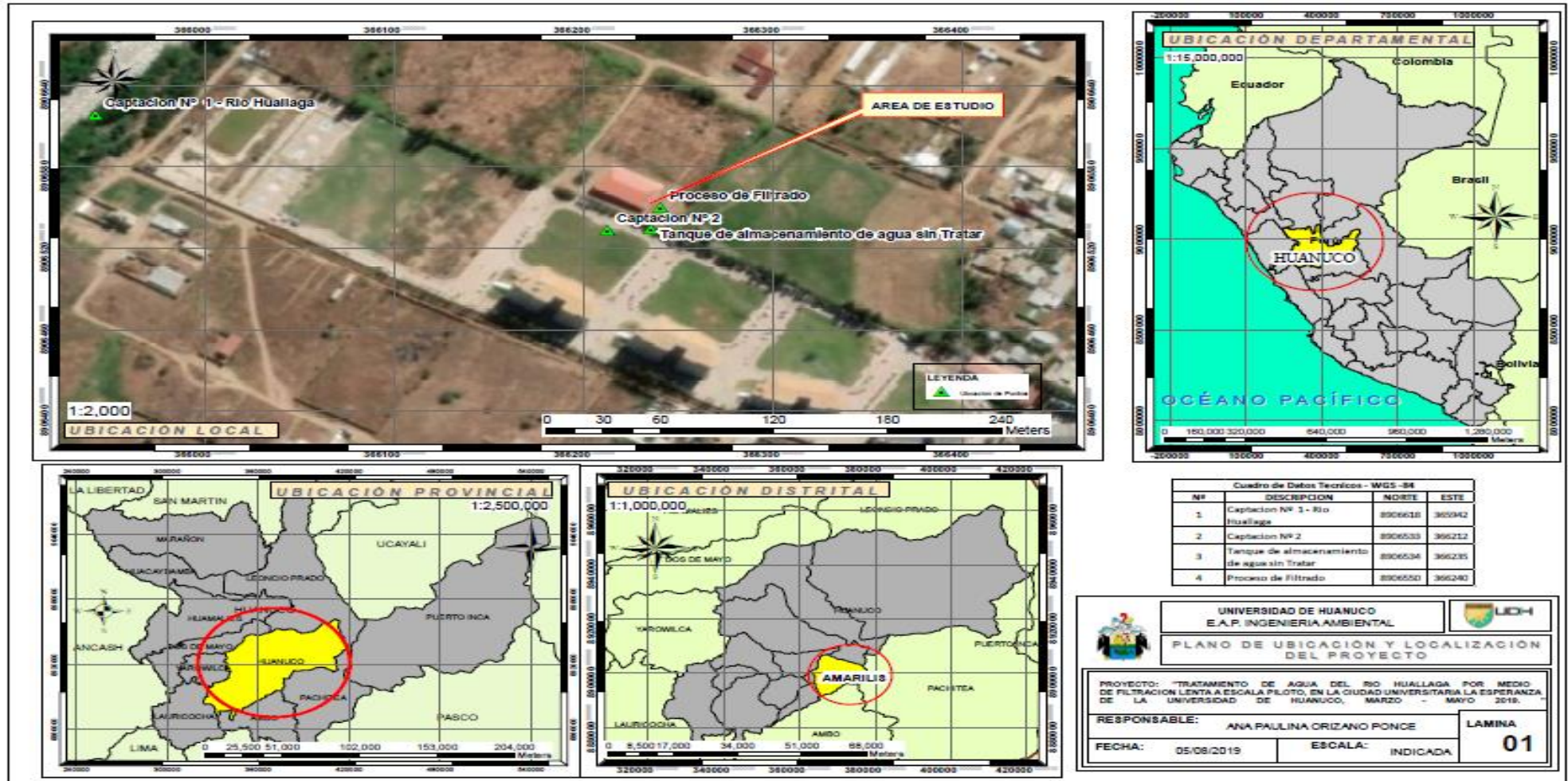
Lugar y fecha de emisión: Huánuco, 2 de Setiembre del 2019.



Anexo 8: Mapa de ubicación del área de estudio del proyecto de investigación:

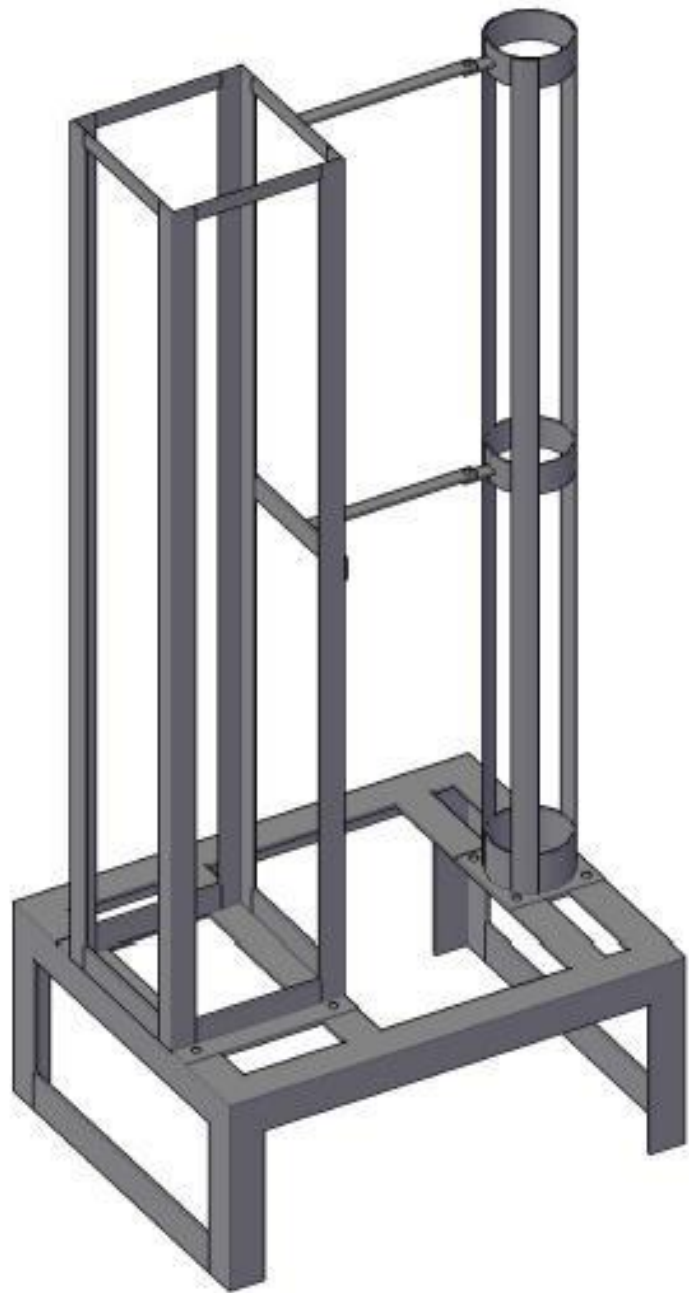
## "TRATAMIENTO DE AGUA DEL RIO HUALLAGA POR MEDIO DE FILTRACION LENTA A ESCALA PILOTO, EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA LA ESPERANZA DE LA UNIVERSIDAD DE HUANUCO, 2019"

TESISTA: BACH. ANA PAULINA ORIZANO PONCE



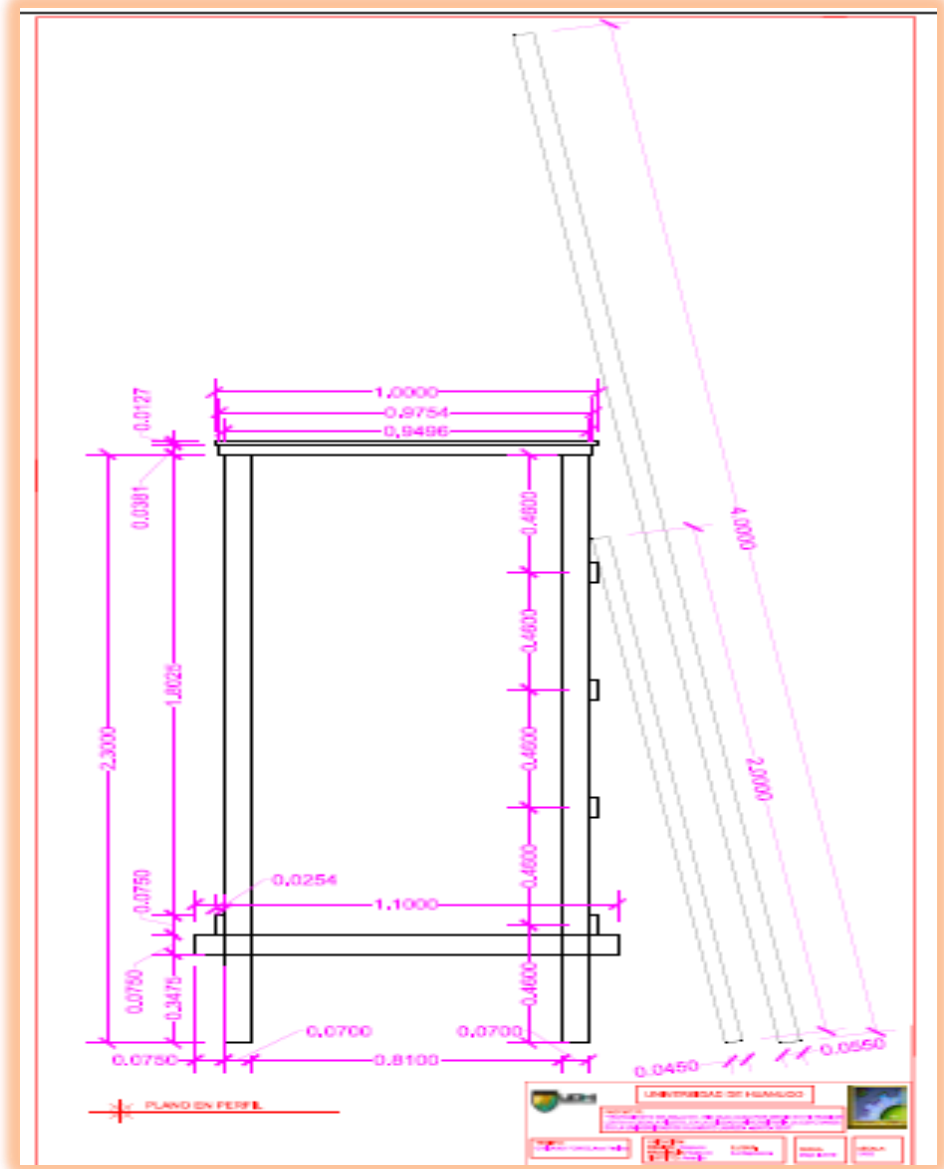
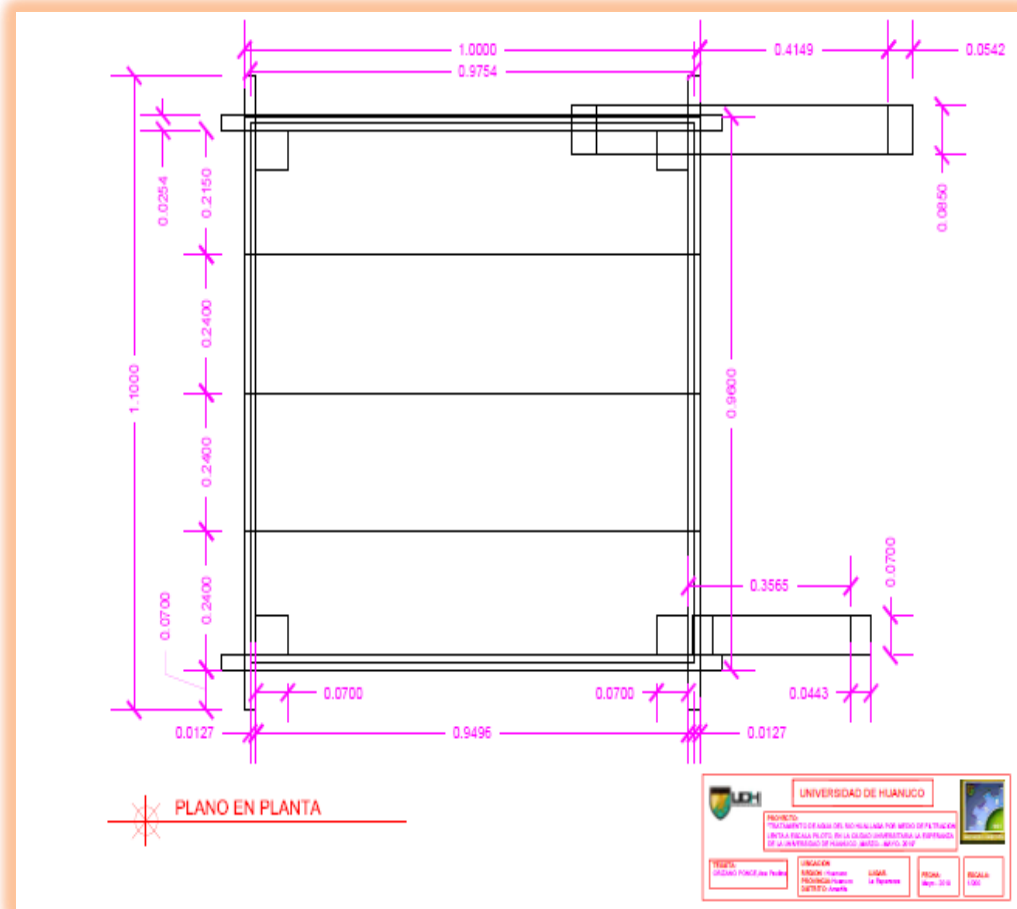


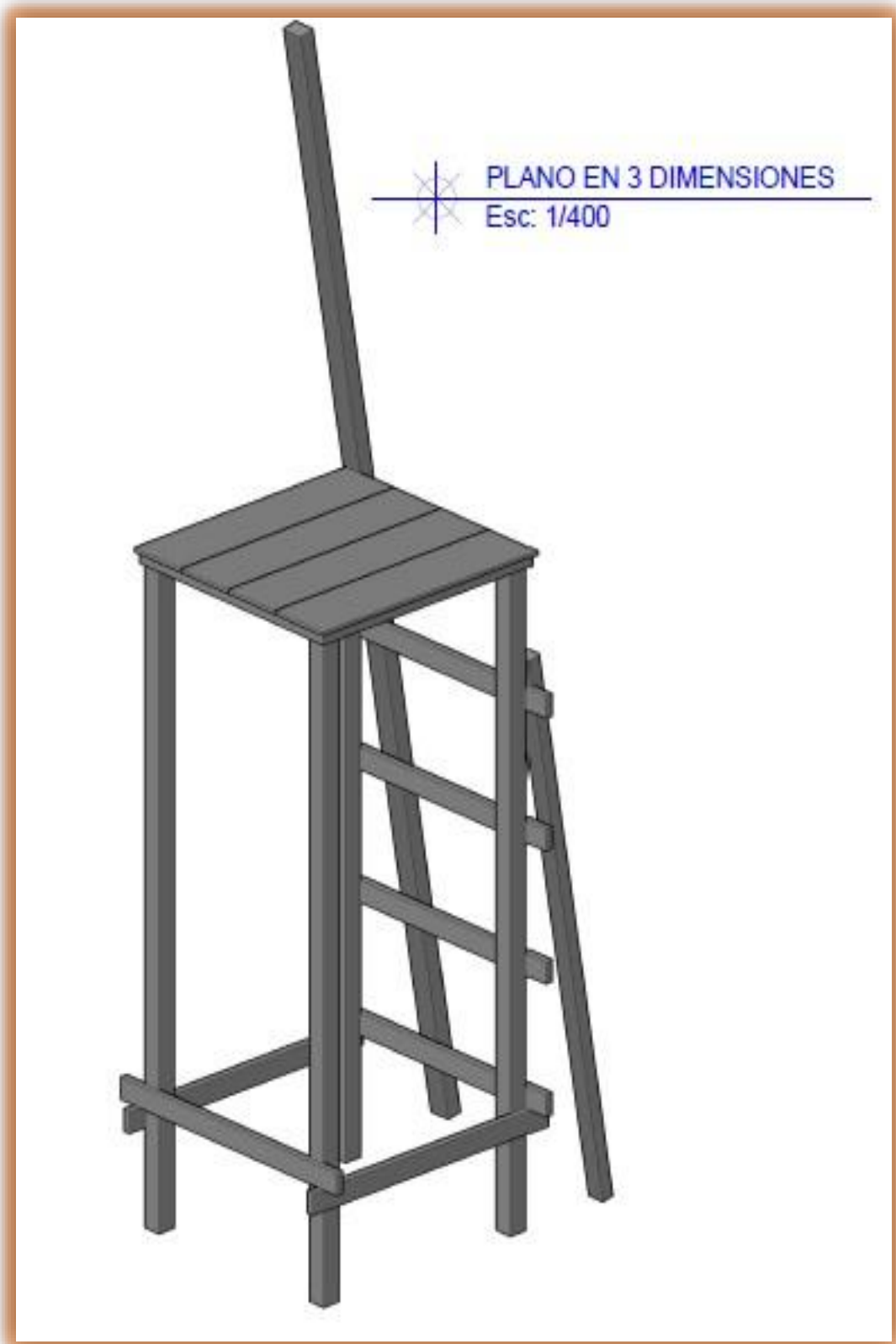




✕✕ PLANO EN 3 DIMENSIONES  
✕✕ Esc: 1/125

# Anexo 10: Diseño de la estructura del soporte de cilindro de 200 Litros





Anexo 11: Panel fotográfico



Imagen 1: Previa del proceso del tamizado, en el laboratorio de suelos de la UDH



Imagen 2: Muestra de los Medios Filtrantes para el tamizado



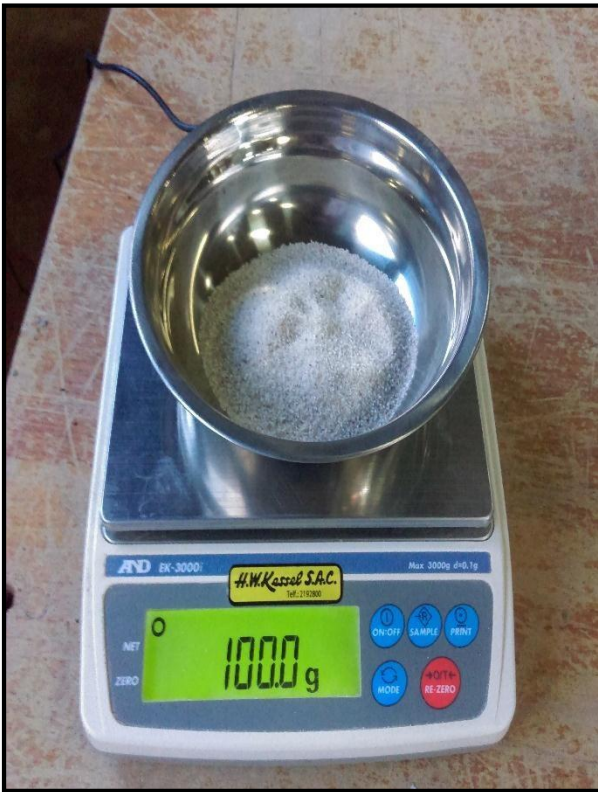


Imagen 3: Pesado de los medios filtrantes para el proceso del tamizado



Imagen 4: Tamices que se utilizó durante el ensayo



Imagen 5: Realizando el ensayo





Imagen 6: Los 100gr de Arena fina puesto sobre los Tamices



Imagen 7: Gramos de arena que quedo retenido en el primer tamiz



Imagen 8: Monitoreo al tanque de captación, ubicado sobre un soporte de madera





Imagen 9: Proceso de filtración acoplado con el proceso de almacenamiento para agua filtrada



Imagen 10: Llenado de agua en el filtro, de manera ascendente



Imagen 11: 5cm de cabeza de agua sobre el lecho filtrante.





Imagen 12: Punto de ubicación de donde se bombea el agua para tratar.

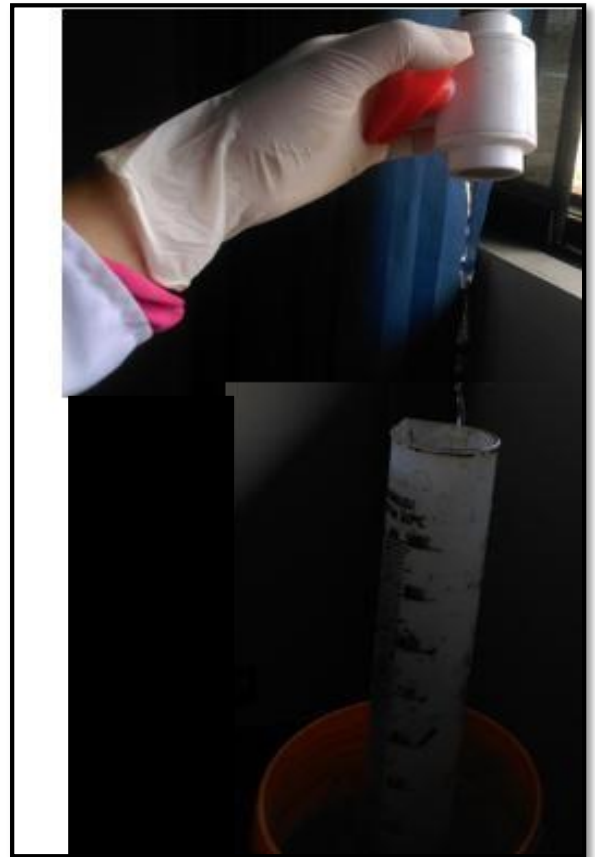


Imagen 13: Regulando el caudal de entrada y salida del filtro.



Imagen 14: Sacado de muestras de entrada al filtro, que serán analizadas en el laboratorio de Biotecnología.





Imagen 15: Sacado de muestras en la salida del filtro, lo cual serán analizadas en el laboratorio de Biotecnología.

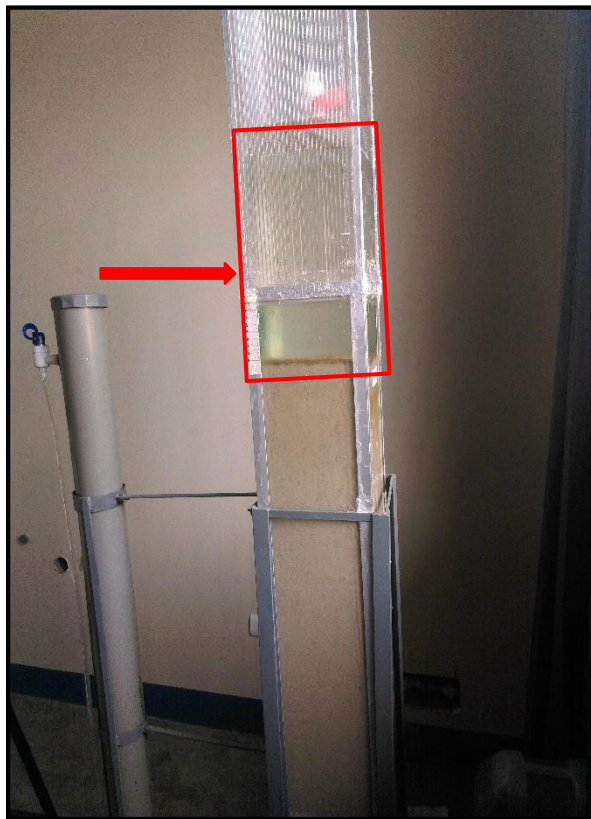


Imagen 16: Agua sin tratar en su máxima cabeza de filtración.



Imagen 17: Inicios de saturación del medio filtrante.

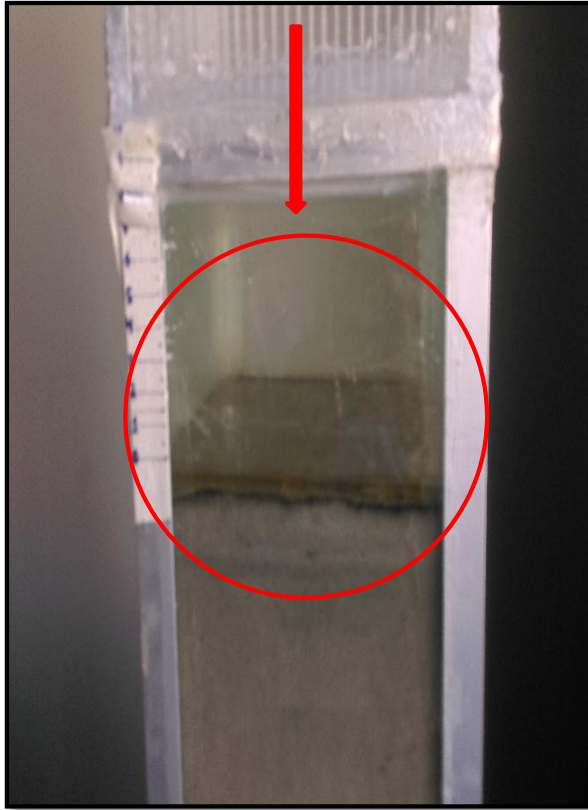


Imagen 18: Medio filtrante saturado, lo cual se requiere una limpieza y mantenimiento del filtro.



Imagen 19: Raspado de la biomasa, encontrándose a una altura de 2cm.



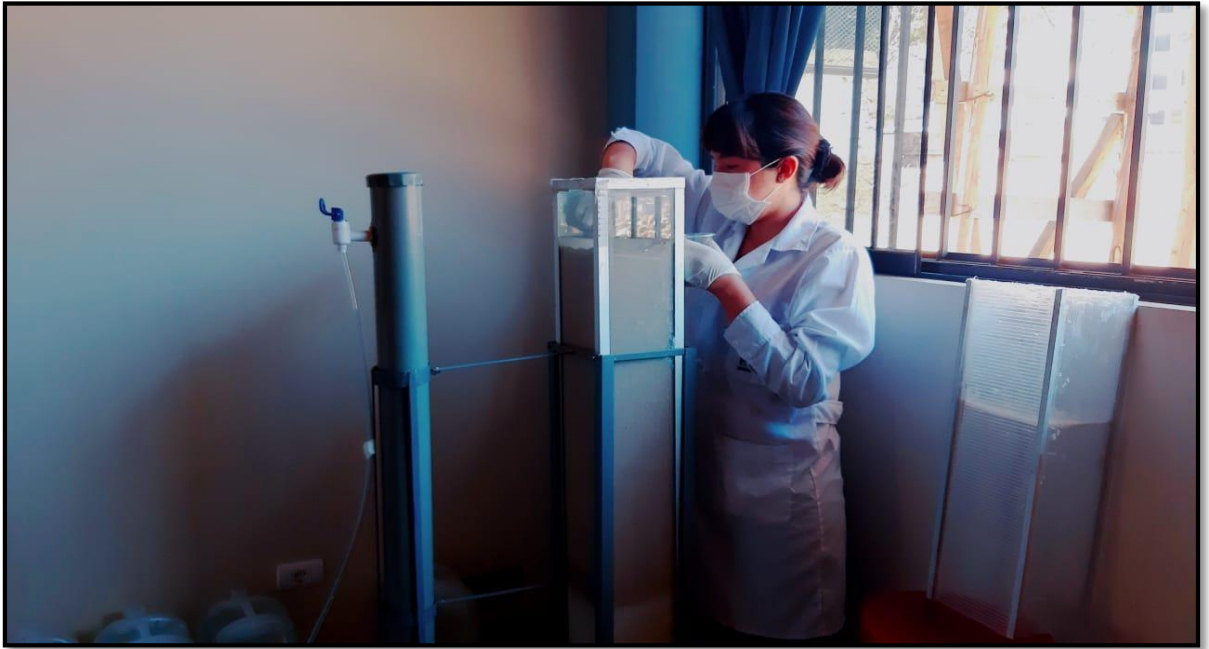


Imagen 20: Lavado del medio filtrante con el agua filtrada que se obtuvo en el ensayo.

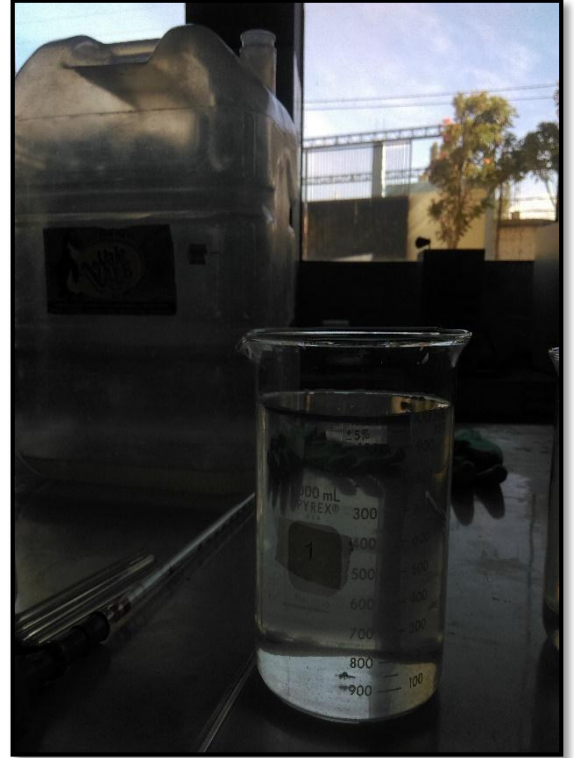


Imagen 21: Prueba de jarras para el proceso de coagulación floculación con el sulfato de aluminio al 1%, con diferentes cantidades en cada vaso precipitado (5 vasos con un contenido de 1Lt de agua cruda).

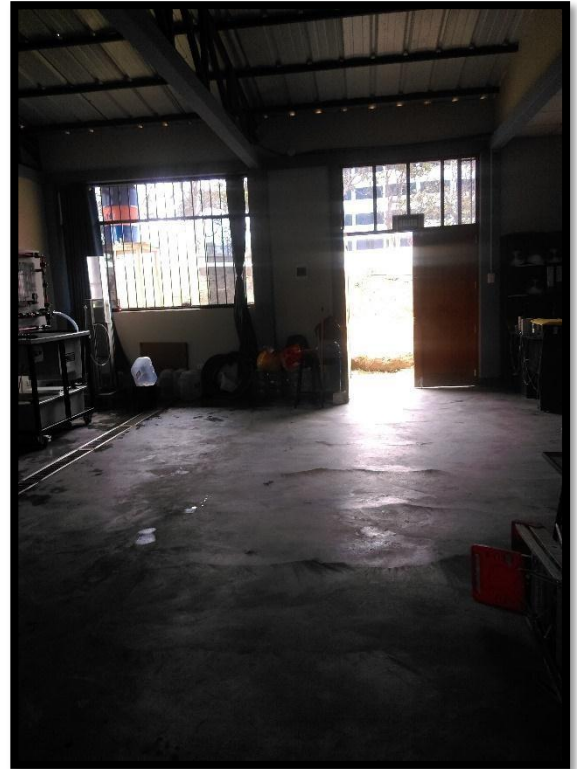


Imagen 22: Usos que se dio al agua filtrada: Riego de jardines, limpieza del laboratorio de Hidráulica, etc.)





Imagen 22: Visita de mis Jurados (Ing. Heberto Calvo Trujillo y el Blgo. Alejandro Duran Nieva)