

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**PURIFICACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR MEDIO DE FILTROS
LENTOS DE ARENA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE**

THUNCO - PUNO

PRESENTADA POR:

CARLOS CARCAUSTO QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA
TESIS

**PURIFICACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS POR MEDIO DE FILTROS
LENTOS DE ARENA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE
THUNCO - PUNO**

PRESENTADA POR:

CARLOS CARCAUSTO QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA

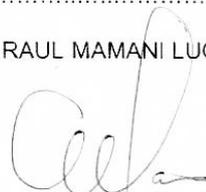
APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



M.Sc. OSCAR RAUL MAMANI LUQUE

PRIMER MIEMBRO



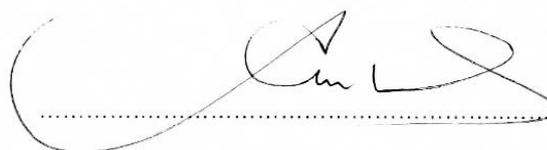
M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

SEGUNDO MIEMBRO



M.Sc. VICTOR ANDRÉS GONZALES GONZALES

ASESOR DE TESIS



M.Sc. CELSO WILFREDO CALSIN VELASQUEZ

ÁREA: Control de contaminación del agua

TEMA: Aguas residuales

LÍNEA: Aguas residuales

Puno, 13 de Enero de 2017

DEDICATORIA

A nuestra madre María Guadalupe, a mis seres queridos que están en el cielo, por guiarme en este mundo.

Con mucho afecto lo dedico a mis dos hijos Carlos Alejandro, Abigail y a mi esposa Marisol quienes son la razón de mi vida.

Con mucho cariño y amor a mi padre Rafael quien cuida desde cielo a mi familia y a mi madre victoria quien con su sacrificio y amor me dio la vida.

Con inmensa gratitud a mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. De manera muy especial a la Escuela de Pos Grado Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola - mención Ingeniería Ambiental.
- A los miembros del jurado calificador: M.Sc .Oscar Raul Mamani Luque, M.Sc. Roberto Alfaro Alejo y M.Sc. Victor Andres Gonzales Gonzales.
- Al M.Sc. Celso Wilfredo Calsin Velasquez, Ing. Químico Juan Ramón Calsin Turpo por su apoyo incondicional para realizar este proyecto.
- Un profundo agradecimiento a todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron para poder plasmar el presente proyecto.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.1 Planteamiento general.....	4
1.1.2 Planteamientos específicos	4
1.2 Justificación	4
1.3 Hipótesis	5
1.1.3 Hipótesis General	5
1.1.4 Hipótesis específicas	5
1.4 Objetivos	6
1.1.5 Objetivo general.....	6
1.1.6 Objetivos específicos.....	6
2.1 Antecedentes	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.2 Calidad de las aguas	11
---------------------------------------	-----------

2.3	Índices de la calidad del agua	12
2.4	Impacto de la calidad de agua en la salud	12
2.5	Contaminación del agua	14
2.5.1	Sustancias que contaminan el agua	16
2.6	Parametros fisico- químico dela calidad de agua	18
2.6.1	Color	19
2.6.2	Olor y sabor	19
2.6.3	Turbiedad	20
2.6.4	Temperatura	20
2.6.5	Solidos.....	21
2.6.6	Solidos totales	21
2.6.7	Solidos disueltos.....	21
2.6.8	Solidos suspendidos.....	22
2.6.9	Conductividad.....	22
2.6.10	Ph	23
2.7	Parametros microbiologico	24
2.7.1	Bacteriología.....	24
2.7.2	Características biológicas del agua	24
2.8	Normas para garantizar la calidad del agua	25
2.8.1	Estándares de calidad del agua para consumo humano	25
2.8.2	Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles	27
2.8.3	Limite máximo permisible (LMP).....	27
2.9	Recolección, preservación y almacenamiento de muestras	28
2.10	Filtro lento de arena	29
2.10.1	Mecanismos de filtración	31
2.10.2	Factores que influyen la filtración	31
2.11	Características del medio filtrante	32
2.11.1	Tipo del medio filtrante	32
2.11.2	Características granulométricas del material filtrante	32
2.11.3	El espesor de la capa filtrante	32
2.11.4	Ventajas de los filtros lentos	32
2.12	Operación y mantenimiento de filtro lentos de arena	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Aspectos generales	35
3.1.1 Ubicación geográfica	35
3.1.2 Características generales de la comunidad de Thunco.....	35
3.1.3 Aspecto socioeconómico.....	36
3.1.4 Servicios básicos.....	36
3.1.5 Acceso.....	37
3.2 Metodología para el diagnóstico y la purificación de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco	38
3.2.1 Recolección de muestra de agua	38
3.3 Diagnóstico del agua cruda de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco.....	39
3.3.1 Estrategia de purificación del agua con el uso de filtros.....	41
3.3.2 Implementación del plan piloto (filtro lentos)	41
3.3.3 Instalación del filtro lento	42
3.3.4 Ubicación del material filtrante (arena)	43
3.3.5 Etapa de maduración	43
3.3.6 Muestreo y análisis del agua tratada	44
3.3.7 Volumen y Caudal del agua tratada	45
3.7 Materiales y equipos para el análisis de muestras.	47
3.7.1 Equipos	47
3.7.2 Material de escritorio	48
3.7.3 Insumos.....	48
3.7.4 Materiales para el diseño del filtro lento de arena.	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnóstico de las aguas subterráneas de los pozos de la comunidad Thunco	50
4.2 Implementación del filtro lento de arena	51
4.3 La calidad del agua en base a los parámetros permisibles con fines de consumo humano.....	51

4.3.1	Balance gráfico de los parámetros fisicoquímicos de turbiedad y solidos totales frente alas muestras de agua.....	53
4.3.2	Evaluación grafica de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y coliformes termotolerantes, frente a las muestras de agua. 55	
4.3.3	Coliformes totales.....	55
4.3.4	Coliformes termotolerantes	56
4.3.5	Relación entre el análisis microbiológico y el filtro lento de arena en la purificación del agua subterránea de la comunidad de Thunco	57
4.3.6	Coliformes termotolerantes con filtro lento de arena	58
4.3.7	Efectos de los parámetros mejorados con las pruebas de filtración lenta de arena.....	58
4.3.8	Nivel de eficacia	59
4.3.9	Variación temporal del análisis Físico químico y los límites máximos permisibles.	60
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	66
	ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Contaminantes orgánicos más frecuentes	15
2. Clasificación de sustancias establecidas por la OMS	18
3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	25
4. Valores guía para la verificación de la calidad microbiana	26
5. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organofeoptica	27
6. Recipiente, tipo de preservación y tiempo de almacenamiento de muestras.....	28
7. Centro internacional de referencia para el abastecimiento público de agua de la OMS	33
8. Análisis físico químico de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco agua cruda	40
9. Análisis microbiológico de las aguas subterráneas cruda	40
10. Resultados de la muestra del análisis físico químico de los filtros.	44
11. Resultados del análisis microbiológico de los filtros.....	45
12. Registro diario de datos obtenidos del análisis de muestras de agua de la comunidad Thunco-acora-puno.....	47
13. Datos fisicoquímicos de las muestras de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco –puno.....	52
14. Datos del análisis microbiológicos de las muestras de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco –Puno	53
15. Porcentaje de eficacia de los filtros.	58

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Organigrama de impurezas del agua	15
2. Ph	24
3. Mapa departamento de puno	36
4. Ubicación satelital del lugar de la investigación aguas subterráneas ...	37
5. Imagen referencial de un filtro lento de arena	41
6. Lavado de la arena.....	42
7. Lavado de la grava.....	43
8. Turbiedad	54
9. Solidos totales.	55
10. Coliformes totales NMP	56
11. Coliformes termotolerantes NMP	57
12. Línea de tendencia de coliformes totales entre filtro de arena	57
13. Línea de tendencia de coliformes termotolerantes entre el filtro lento de arena	58
14. Comparación de eficacia del filtro lento de arena.....	59
15. Variación temporal del analisis físico químico de las muestras de agua de la comunidad Thunco.	61

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. FILTRO LENTO DE ARENA	69
2. POBLADORA DE LA COMUNIDAD DE THUNCO CON SU CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.....	70
3. HABITANTES DE LA COMUNIDAD DE THUNCO.	70
4. ENTRADA A COMUNIDAD DE THUNCO.....	71
5. RECOGIENDO MUESTRA DE AGUA	71
6. PRIMERA PARTE DE LA CONFECCION DEL FILTRO LENTO	72
7. TAPAS, UNIONES Y BORNES PARA EL FILTRO LENTO	72
8. SEGUNDA PARTE DEL ARMADO DEL FILTRO LENTO.....	73
9. CONSTRUCCIÓN FINAL DEL FILTRO LENTO	73
10. CONDUCTIMETRO	74
11. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	75
12. CERTIFICADO DE ANÁLISIS N°0770	77
13. CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 0862	78
14. CERTIFICADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	79
15. REGISTRO DIARIO DE DATOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA COMUNIDAD DE THUNCO – ACORA – PUNO.....	80

RESUMEN

La investigación se realizó con el propósito de encontrar un método más óptimo y barato, para obtener agua para el consumo humano para la comunidad de Thunco, el problema parte de los agentes contaminantes de las aguas subterráneas, como son la turbidez y la presencia de coliformes totales y termotolerantes. Estos parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles dados por la OMS y el reglamento de calidad de agua para el consumo dados por la DIGESA. El proyecto de investigación consistió en plantear los objetivos como Purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas por el método de filtración lenta de arena para el consumo humano en la comunidad de Thunco – Puno. Con respecto a los parámetros mencionados, mediante el uso de los filtros lentos de arena, puesto que el diseño de los filtros lentos de arena es muy fácil de diseñar además no demanda mucho presupuesto para una zona rural. Consiste en hacer pasar el agua cruda a través de un material poroso de arena, de tal manera que se reduzcan los niveles de turbiedad y coliformes totales, después se realizó un análisis físico químico y microbiológico de la muestra de agua cruda (sin tratamiento) y luego cuando paso por el filtro (con tratamiento). Para esto se implementó un filtro lento de arena de 6.49 litros en el lugar de la investigación de la comunidad de Thunco con arena simple y carbón activado, posterior a esto, se pasó a la etapa de maduración por 5 días el cual consiste en el desarrollo microbiológico de la capa filtrante y el asentado del material filtrante para una buena filtración, durante esta etapa se abasteció de agua al filtro, seguidamente se obtuvo la primera muestra filtrada para ser analizados en laboratorio de aguas para ver los comportamientos del filtro usado en la purificación con respecto a la turbiedad y coliformes. Una vez obtenido los

resultados de los análisis de laboratorio del agua cruda de los pozos de la comunidad de Thunco y el filtro implementado. Se realizaron comparaciones en cuanto a la eficacia, en el control de turbiedad y la retención de coliformes totales y termotolerantes teniendo como resultados. Que el uso de filtro lento de arena fue óptimo en la purificación del agua de la comunidad de Thunco en los parámetros de turbidez llegando al control de un 68.02%, en la retención de coliformes totales a un 99.8% y la retención de coliformes termotolerantes en un 98.95% lo cual se demuestra que el uso de filtros lentos de arena es práctico en el control de la turbiedad, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Los análisis físico químicos y microbiológicos de las muestras obtenidas tanto en el agua cruda y de los efluentes del filtro lento de arena, se comprueba que la implementación de los filtros lentos de arena tuvo un comportamiento positivo a los límites máximos permisibles dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y DIGESA.

Palabras Clave: Agua, Calidad de agua, Filtros lentos de arena, Purificación, Carbón activado.

ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of finding a more optimal and cheap method to obtain water for human consumption for the community of Thunco, the problem part of pollutants of groundwater, such as turbidity and the presence of coliforms Total and thermotolerant. These parameters are outside the permissible limits given by the WHO and the regulation of water quality for consumption given by DIGESA. The research project consisted of setting the objectives of Purification of contaminated water from groundwater wells by the slow sand filtration method for human consumption in the community of Thunco - Puno. With regard to the mentioned parameters, by using the slow sand filters, since the design of the slow sand filters are very easy to design also does not demand much budget for a rural area. It consists of passing the raw water through a porous material of sand, in such a way as to reduce total turbidity and coliform levels, after which a physical chemical and microbiological analysis of our raw water (without treatment) and Then when I pass through the filter (with treatment). For this, a slow sand filter of 6.49 liters was implemented at the research site of the community of Thunco with simple sand and activated charcoal. After this, the stage of maturation was carried out for 5 days which consists of the microbiological development Of the filter layer and the settling of the filter material for good filtration, during this stage the water was supplied to the filter, then the first filtered sample was obtained to be analyzed in the water laboratory to see the behavior of the filter used in the purification with Regarding turbidity and coliforms. After obtaining the results of the laboratory analysis of raw water from the wells of the community of Thunco and the filter implemented. Comparisons were

made regarding efficiency, turbidity control and retention of total and thermotolerant coliforms, taking as a result. That the use of slow sand filter was optimal in the purification of the water of the community of Thunco in the parameters of turbidity reaching the control of 68.02%, in the retention of total coliforms to 99.8% and the retention of thermotolerant coliforms in 98.95%, which shows that the use of slow sand filters is practical in the control of turbidity, total coliforms and thermotolerant coliforms. The chemical and microbiological analyzes of the samples obtained in both the raw water and the effluents from the slow sand filter show that the implementation of the slow sand filters had a positive behavior to the maximum permissible limits given by the world organization (WHO) and DIGESA.

Key words: Water, Water quality, slow sand filters, Purification, Activated carbon.

INTRODUCCIÓN

El agua es el componente más importante de nuestro planeta. Gracias a ella se ha producido la aparición de la vida en la forma que hoy conocemos. Constituye en entre el 50 y 90% de todos los seres vivos también es el componente más abundante de nuestro planeta azul, ocupa un 70% de la superficie, a pesar de este solo el 3% es agua dulce apto para el consumo humano, pero en los últimos años estos se han visto contaminados por la acción del hombre que pone en peligro la vida.

Las aguas subterráneas no se salva de este problema, puesto que también están siendo contaminada por: residuos sólidos, desechos de los animales y letrinas que se encuentran alrededor de los pozos, pese a esta situación se capta para consumo humano sin tratamiento. Lo cual pone en riesgo la salud de los pobladores especialmente de niños y ancianos por tener pocas defensas en su organismo, donde los resultados de análisis microbiológicos indican que estas aguas no son apto para consumo según las tablas de la OMS Y DIGESA, por tal motivo se requiere de un tratamiento adecuado para reducir esto el nivel de contaminación y poner en estándares de calidad óptima para consumo humano.

Ante la necesidad que tienen las comunidades, de disponer continúa y eficientemente de agua purificada, es necesario recurrir al estudio y planteamiento de nuevas alternativas de purificación del agua que sean accesibles y económicamente viables, que satisfaga la demanda de agua para su uso doméstico.

Una de las alternativas es el uso de filtros lentos de arena con carbón activado que es una tecnología apropiada para la purificación del agua en zonas donde la mano de obra calificada es escasa, costosa y en donde se tienen la disponibilidad de grandes áreas para la instalación de estos sistemas. Estas son una de las principales ventajas que son inherentes y que la hacen viable para países y comunidades que tienen bajo presupuesto para la operación y mantenimiento.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un futuro no muy lejano el acceso al agua será limitado y se prevé grandes conflictos debido a que todos los países trataran de satisfacer sus necesidades de agua. Perú es un país que ya está sufriendo la falta de agua. El caso se agrava porque en nuestro país no hay ningún sistema o programa de conservación de agua.

Las aguas subterráneas no se salva de este problema, puesto que también están siendo contaminada por: residuos sólidos, desechos de los animales y letrinas que se encuentran alrededor de los pozos, pese a esta situación se capta para consumo humano sin tratamiento.

El consumo de agua de calidad es una de las grandes tareas pendientes en la región de puno. La cobertura, cantidad, costo, continuidad y calidad de este vital elemento aun es deficiente. Una consecuencia directa de esta situación se refleja en el gran número de enfermedades que se relacionan con su consumo o uso como por ejemplo, disentería, cólera, hepatitis A y E, escariáis, diarreas, entre otras. También ocasiona el deterioro mental y físico cuando el agua presenta niveles elevados de sustancias químicas como arsénico, plomo y otros metales.

La razón de la deficiencia de agua de calidad para el consumo humano se debe a que no se usan filtros para su purificación.

1.1.1 Planteamiento general

¿Cómo purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas para el consumo humano en la comunidad de Thunco - Puno?

1.1.2 Planteamientos específicos

¿Cómo diagnosticar el grado de contaminación del agua cruda mediante un análisis físico-químico y microbiológico de los pozos de aguas subterráneas?

¿Cómo diseñar el filtro lento de arena para purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas?

¿Verificar el grado de contaminación antes y después de la filtración por el método de Filtro Lento de Arena?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El agua dulce es un recurso limitado. La proporción utilizable de este recurso es menor al 1% del total y 0.01% de todo el agua sobre la tierra (UNEP 2013). Según la OMS (2006), cada año mueren casi tres millones y medio de seres humanos, y en su mayoría niños con enfermedades diarreicas agudas (EDA) que son frecuentemente originadas por falta de servicios de agua. Los factores que agudizan el problema de desabastecimiento de aguas son: el crecimiento imparable de la población y el efecto invernadero que acelera la desertificación de muchas zonas alrededor del planeta, afectando tanto el ciclo hídrico como al cambio climático y reduciendo la media de precipitaciones esperadas en regiones ya desiertas o semi-desiertas. Por esta razón es

importante que se establezcan técnicas y estrategias que ayudaran el proceso de la purificación de agua para el consumo humano, una de estas técnicas es el uso de filtros lentos de arena que son sistemas sencillos y efectivos., donde el agua pasa a través de lechos de capas de grava arena de diferentes tamaños las cuales retienen las impurezas y patógenos que contienen. Esto ayudara a evitar enfermedades gastrointestinales en las comunidades del distrito de Thunco y garantizar una calidad de vida digna y sin riesgos en la salud.

Esta investigación busca encontrar la forma adecuada de purificar el agua con el filtro lento de arena para mejorar la calidad de vida de la comunidad del distrito de Thunco en cuanto a la salud. Con una dotación de agua potable que esté libre de contaminantes y sea apta para el consumo humano.

1.3 HIPÓTESIS

1.1.3 Hipótesis General

La purificación del agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas que se puede realizar por el método de filtración lenta de arena para el consumo humano en la comunidad de Tunco – Puno

1.1.4 Hipótesis específicas

- El diagnóstico del análisis físico-químico y microbiológico mostrara el grado de contaminación del agua cruda de los pozos aguas subterráneas.
- El Diseño del filtro lento de arena ayuda a purificar el agua contaminada de los pozos aguas subterráneas.
- La Comparación muestra el grado de contaminación antes y después de la filtración, comprobando la eficiencia de este método de Filtro Lento de Arena.

1.4 OBJETIVOS

1.1.5 Objetivo general

Purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas por el método de filtración lenta de arena para el consumo humano en la comunidad de Thunco – Puno.

1.1.6 Objetivos específicos

Diagnosticar el grado de contaminación del agua cruda mediante un análisis físico-químico y microbiológico de los pozos aguas subterráneas.

Diseñar el filtro lento de arena para purificar el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas.

Verificar el grado de contaminación antes y después de la filtración por el método de filtro lento de arena.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Se realizó el desarrollo de la biomasa en los filtros lentos de arena y concluyo que el Cloroformo fumigación-extracción proporciona un método simple y de rutina para la determinación de la biomasa microbiana en camas filtro de arena lento para tratamiento de agua potable. Biomasa microbiana intersticial en el filtro descubierto estudiado aquí aumentó con el tiempo y generalmente disminuyó con la profundidad, y el desarrollo de la mayoría de la biomasa se produjo en la capa de 0-2 cm superior del filtro. Por el contrario, el contenido de biomasa fue mucho menor en la cama cubierta y sólo se observó un modesto aumento con el tiempo durante el período de seguimiento, pero ninguna relación era evidente con la profundidad. (Campos et al 2002)

Los Filtros lentos de arena cubiertos y descubiertos pueden alcanzar tasas similares de eliminación de CO en los sistemas de tratamiento de agua avanzados, a pesar de tener muy diferentes propiedades biológicas. Los resultados presentados han sugerido que, en los sistemas de tratamiento de agua avanzados, lábil CO se elimina de manera efectiva y utilizada para el crecimiento de la biomasa microbiana en los filtros de arena lentos cubiertos. Filtros no cubierto, por otro lado, apoyar el desarrollo de la biomasa mucho más prolífica, pero esto no tiene ningún beneficio aparente para la

eliminación de CO. El estudio se realizó en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, el Imperial College de Ciencia, Tecnología y Medicina, Londres SW7 2BU, Reino Unido (Campos et al 2002)

La biodegradación de la microcistina cianobacterias toxina en el agua natural y filtros lentos de arena biológicos activos y concluyo que los filtros de arena fueron eficaces en la eliminación de microcistina LR por debajo del nivel de detección, aunque no se observó degradación mejorada para inoculado en comparación contra columnas no inoculados. Su investigación se realizó en Nueva Gales del Sur 2680, Australia (Bourne et al 2005).

En cuanto a los antecedentes de este tipo de investigación relacionados al tratamiento del agua por medio de filtros lentos tenemos la tesis titulada. “Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro Cusco” realizado por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco en el año 2010. Su objetivo principal: Es purificar el agua del rio Kuychiro para consumo humano por el método de filtros lentos de arena, y verificar que pueda utilizarse para consumo humano. Ala conclusión que llego esta investigación fue: El análisis Físico químico cumple con las especificaciones técnicas de la OMS, lo cual hace apto para consumo humano y en cuanto a los coliformes totales estos bajaron en un 80.91% y un 67.39% en coliformes termotolerantes (Barrientos, 2010).

(Avendaño, 2011) Realizo el estudio “Características de operación del Sistema de Filtración en Múltiples Etapas FIME Hacienda Majavita” de la Universidad Libre de Colombia en el formulo las siguientes conclusiones:

El sistema de filtración de múltiples etapas FIME presenta una eficiencia de remoción del 96.87 % de turbiedad con un total de 2.4 UNT, el 93.83 % de color aparente con un total de 2 UPC, el 97.44 % de Coliformes fecales con 8250 y el 96.56 % de Coliformes Totales presentando 1050 lo cual indica que no es apta para consumo humano.

En cuanto a Sólidos suspendidos la remoción fue del 79.55%, 44.41% de sólidos totales y el 15.60 % de sólidos disueltos totales.

En su trabajo filtros lentos de arena reducen efectivamente *phytophthora* después de un interruptor de patógenos de *fusarium* y un fallo de la bomba simulada demostró que un sistema SSF es una excelente tecnología para el control de *P. capsici* en lixiviados y probablemente servir como contra otros patógenos pythiaceous en un entorno de efecto invernadero, incluso después de un fallo de la bomba mecánica. El sistema SSF no era, sin embargo, eficaz en la reducción de *Fusarium* esporas, por lo que hay limitaciones a sus capacidades. Más extensas pruebas con un sistema de recirculación y los ensayos de patogenicidad son aconsejables como un siguiente paso para determinar más definitivamente cómo la eficacia de reducción de la SSF se ve afectada por un cambio en los agentes patógenos o por un fallo de la bomba. Un estudio más profundo en la comunidad microbiana utilizando herramientas moleculares pueden ayudar a desmenuzar los mecanismos de reducción observados en el presente experimento y ayudar a establecer las limitaciones de lo que las condiciones y los patógenos sistemas SSF pueden manejar. El trabajo de investigación se realizó en el Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad de California, Una Escudos Ave, Davis, EE.UU. (Lee, 2013)

El rendimiento y la calidad del agua de la comunidad microbiana de los filtros lentos de arena a gran escala en los filtros a escala de laboratorio y concluyo que Las comunidades bacterianas de los filtros lentos de arena son extremadamente ricas en taxones; no dominado por cualquier grupo filogenético en particular; y exhibir cambios espaciales y temporales. Este estudio es el primero en demostrar que es posible recrear esta comunidad SSF complejo y rico en el laboratorio en filos, clase y nivel de la orden. Basado en este estudio, ahora es posible utilizar estos SSF a escala de laboratorio para hacer preguntas más complejas relacionadas con la calidad del agua y el conjunto de la comunidad. Esto permitirá optimizar la operación y el diseño de filtros de arena lenta a gran escala a medida para las necesidades y requisitos específicos de calidad del agua. El estudio se realizó en Escuela de Ingeniería, Construcción de Rankine, de la Universidad de Glasgow, Glasgow, Reino Unido (Sarah, 2014)

(Durando, 2014) Realizo el estudio “Evaluación un filtro lenta de arena, de tipo descendente-ascendente, para el tratamiento de efluentes ganaderos contaminados con cipermetrina”, por el Grupo de Aguas, Química Aplicada y Ambiental, Montería, Colombia en el formulo la siguiente conclusión:

El empleo de un sistema sencillo de filtros de arena de bajo costo de diseño y operación, evidenció remociones de cipermetrina entre 40 y 50% para concentraciones iniciales entre 12 y 25 mg L⁻¹ del plaguicida, evidenciando un sistema potencial para disminuir las concentraciones de plaguicidas en aguas residuales provenientes de actividades ganaderas, usando mecanismos físicos como filtración, adsorción y otros biológicos, como la actividad microbiana que puede estar asociada al material poroso del filtro.

(Pérez, 2014) Realizo el estudio “Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano” de la Universidad de Boyacá, Colombia en el formulo las siguientes conclusiones:

Para afluentes con valores promedio de turbiedad de 32.7 ± 2.81 UNT y 3.9×10^5 UFC/100ml de *E. coli*, ambos sistemas de filtración lograron elevadas eficiencias de remoción (99% de turbiedad y 99.999 - 100% de *E. coli*) y cumplieron las normas nacionales de calidad de agua para consumo humano, lo que evidencia el potencial y los beneficios de este tipo de sistemas caseros para el aseguramiento de la calidad del agua y la reducción del riesgo microbiológico.

2.2 CALIDAD DE LAS AGUAS

(Lampoglia, 2011), indica que La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes

Sobre pasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que atiende a los siguientes requisitos:

- Libre de microorganismos que causan enfermedades;
- Libre de compuestos nocivos a la salud;
- Aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables; y

- Exenta de compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

2.3 ÍNDICES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Los índices de calidad del agua debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de localidad de agua y al complejo que esto puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por estos parámetros.

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y los procesos de auto purificación. Dichos índices constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un peso o importancia relativa en el total del índice. Para su cálculo se seleccionaron, en el caso de estados unidos, el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el PH, la DBO, los nitratos, los fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y los sólidos totales. En España se diseñó el índice de calidad con el oxígeno disuelto, los coliformes, el PH, el consumo de permanganato potásico, el amonio, los cloruros, el incremento de temperatura, la conductividad y los detergentes. (Hernandez, 1994).

2.4 IMPACTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA SALUD

El agua tiene una estrecha relación con la vida humana por su utilidad directa y por ser un elemento esencial para la conservación del ecosistema. Es también un agente básico de salud o enfermedad.

Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, ya que si está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades, las que afectan a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos, a los niños. Las enfermedades transmitidas por el agua, especialmente las diarreas, se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países en desarrollo. Los niños pueden contraer esas enfermedades al beber agua contaminada, pues los microorganismos que causan esas enfermedades son ingeridos con el agua.

Entre las principales causas de las diarreas están la inapropiada disposición de excretas, las prácticas higiénicas inadecuadas y la mala calidad del agua de bebida. Si bien es cierto que esas causas se engloban dentro del contexto de la pobreza, también se deben a la falta de educación y a las pautas culturales inapropiadas. No es menos importante señalar la magnitud y el peso que esta situación representa sobre la calidad de vida de los individuos y sobre la economía de la humanidad en su conjunto indica (Solsona, 2002)

Enfermedades transmitidas por el agua

La población de escasos recursos económicos sufre frecuentemente enfermedades vinculadas a la falta de agua limpia y de servicios de saneamiento, entre ellas el EDA (enfermedades diarreicas agudas) y enfermedades cutáneas que juntas son responsables especialmente de la mortandad en niños y ancianos en un 26% a nivel mundial. El agua puede transmitir enfermedades entéricas (intestinales), debido al contacto con desechos humanos o de animales, es la fuente principal de patógenos entéricos: excrementos y otros desechos eliminados por humanos enfermos y sus animales huéspedes.

Las enfermedades hídricas más importantes son producidas por:

Bacterias: Shigella, Salmonella y Escherichia, citrobacter, enterobacter, aerogenas, etc.

Virus: aquellos relacionados con la Hepatitis y la Gastroenteritis

Protozoos: Giardia, Lambia, Entamoeb, Histolytica.

2.5 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

(Solsona, 2002) Define que el agua se contamina cuando se echan residuos o materiales contaminantes a las fuentes de agua. Puede ser una industria que vierte los desechos de sus procesos químicos al río; puede ser un agricultor que emplea sustancias tóxicas para eliminar plagas o hierbas en sus cultivos; puede ser una persona que deposita basura en los ríos o lagos, y hasta nosotros mismos en nuestras casas cuando arrojamos por el inodoro pinturas, aceites o sustancias venenosas.

Es decir, desde las grandes empresas a los agricultores a mineros y a cada uno de nosotros, todas las personas tienen algún grado de responsabilidad en relación con la contaminación. Y si bien es cierto que algunos contaminan más que otros, en realidad, todos somos contaminantes potenciales. Dicho de otro modo, el cuidado y protección de la calidad del agua es responsabilidad de todos.

Desde el punto de vista de la salud, como se indica en el cuadro anterior, la contaminación más importante es la microbiológica y las fuentes de esa contaminación son las que deben vigilarse con mayor atención.

(Arellano, 2002) Sostiene a la contaminación del agua como presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados. La contaminación puede ser natural o Antropogénico ,sin embargo existen dos tipos de tratamiento de aguas : el tratamiento de aguas para su acondicionamiento al consumo humano, ya que el agua tal y como se encuentra en la naturaleza no puede ser utilizada por el hombre , dado que puede contener sustancias que provocan daños en la salud , y el tratamiento de aguas residuales , que se avoca a disminuir la gran cantidad de contaminantes de agua una vez que fue utilizada por el hombre para actividades agrícolas ,industriales o domésticas. Ambos tratamientos de agua residuales es más complejo debido a que la cantidad de contaminantes contenidos es más alta

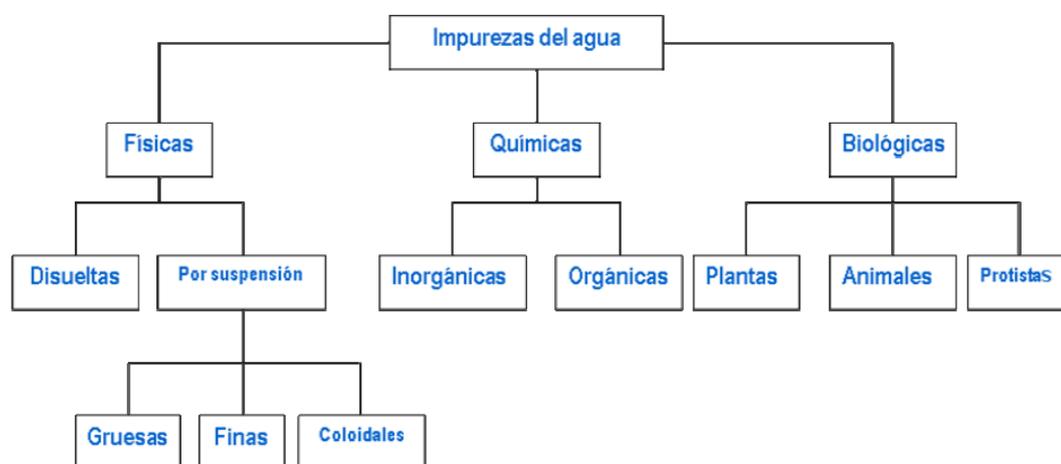


Figura 1: Organigrama de impurezas del agua

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 1. Contaminantes orgánicos más frecuentes

FUENTE O ACTIVIDAD	CONTAMINANTE ORGÁNICO
Desechos humanos	Excremento, urea
Desechos alimenticios	Azucares, almidones, alcoholes, grasas,

	Aceites, etc.
Basura	Papel, cáscaras, hojas de té, Café molido
Misceláneos	Jabones, detergentes, shampoos
Agricultura	Pesticidas
Actividades industriales	Son los importantes y más variados
Farmacéutica y petrolera	Gama enorme de diferentes Contaminantes, cada uno en una concentración pequeña
Otras industriales - Procesadora de papel - Faenadora de aves - Manufacturas de Alimentos	Producen generalmente concentraciones muy elevadas de un único tipo de contaminantes Celulosa Sangre Azucares

Fuente: Organización Mundial De La Salud (OMS)

2.5.1 Sustancias que contaminan el agua

(Solsona, 2002), indica que Las sustancias presentes en el agua se pueden clasificar de acuerdo con sus características químicas, físicas o microbiológicas o según otras características asociadas con sus usos,

Funciones o condición física. Por lo tanto, es posible tener varios sistemas de clasificación.

La clasificación recomendada por la Organización Mundial de la Salud OMS para los contaminantes es la siguiente:

- Contaminantes microbiológicos

- Contaminantes químicos (relacionados con la salud) o inorgánicos u orgánicos (excluidos los plaguicidas) o plaguicidas, desinfectantes y subproductos de la desinfección.

- Contaminantes organolépticos.

El primer grupo de contaminantes microbiológicos incluye a los protozoarios, parásitos, bacterias, virus y otros seres que no se pueden ver a simple vista (algunos se pueden ver con microscopios y otros solo con microscopios muy especiales). Estos contaminantes tienen un enorme impacto en la salud pública, pues son los principales responsables de las diarreas.

La OMS publica anualmente el “Informe sobre la salud mundial”, cuyas estadísticas epidemiológicas muestran que las diarreas tienen los más altos índices de morbilidad para la raza humana. Dicho en otras palabras, las diarreas son la primera causa de enfermedad en las personas.

Como existen tantos microorganismos que pueden estar presentes en el agua, cuando se quiere saber si hay contaminación microbiana no se podría investigar la presencia de todos ellos. Por eso se han tomado organismos microbiológicos “indicadores” y cuando se analiza determinada muestra de agua, solo se investiga la presencia de estos indicadores. Para las bacterias, los dos indicadores que se utilizan más frecuentemente son los coliformes totales y los coliformes fecales. La primera indica una contaminación genérica, mientras que la segunda significa que el agua está contaminada con heces.

El agua puede contener sustancias químicas inorgánicas disueltas muy diversas. Sin embargo, las de mayor importancia o que afectan la salud en primer grado son los fluoruros, arsénico, nitratos, plomo, mercurio, bario y cromo.

Cuando estas sustancias están en el agua de consumo humano pueden causar enfermedades graves, aun cuando la exposición haya sido por corto tiempo.

Hay una larga lista de sustancias químicas orgánicas de importancia para la salud y lo mismo ocurre con los plaguicidas y los productos de la desinfección. Estas sustancias pueden causar enfermedades peligrosas, como el cáncer y malformaciones, pero en general se requiere que el consumo de agua con estos productos se haya efectuado durante un considerable tiempo (muchos años).

Las sustancias organolépticas son aquellas que cambian las características del agua que afectan los sentidos, como el sabor, el olor y el color, pero que no constituyen riesgos graves para la salud.

Si se hiciera una escala de la peligrosidad de las aguas en relación con la salud humana (dejando de lado la concentración en que se encuentran), se podría decir que de más riesgosas a menos riesgosas las sustancias que contaminan las aguas destinadas al consumo son:

Cuadro 2. Clasificación de sustancias establecidas por la OMS

GRUPOS DE SUSTANCIAS	RIESGO PARA LA SALUD
Microbiológicas	Muy alto
Inorgánicas	Alto
Orgánicas	Bajo
Organolépticas	Muy bajo

Fuente: Organización mundial de la salud (OMS)

2.6 PARAMETROS FISICO- QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA

(Arellano, 2002), sostiene que los parámetros físicos de la calidad del agua, son los que definen las características del agua que responden a los

sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, olor y temperatura.

2.6.1 Color

(Romero, 2000), las causas más comunes del color de agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, maderas, raíces, etc. En diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales, el olor natural en el agua existen principalmente por efecto de las partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al^{+++} o la Fe^{+++} .

Dos tipos de color se reconocen en el agua el color verdadero, ósea el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también al color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

En general, el término color se refiere al color verdadero de agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el PH, pues la intensidad del color depende del PH, normalmente el color aumenta con el incremento del PH.

2.6.2 Olor y sabor

(Romero, 2000), los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles, muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; en las más comunes se encuentran materia orgánica en solución H_2S cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites producto de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc. Un observador experimentado puede detectar la presencia de sales metálicas disueltas de Fe, Zn, Mn, Cu, K, y Ni, por medio del sabor sin embargo debe recordarse siempre que la

sensibilidad no se obtendrá resultados consistentes de un día para otro.

En general el número detectable puede calcularse así:

$$ND = \frac{A + B}{A}$$

Dónde:

A = mL de muestra.

B = mL de agua libre de olor.

2.6.3 Turbiedad

(Jimeno, 1998), indica el termino turbidez se aplica a aguas que contiene materia suspendida que interfiere con el pase de la luz atreves del agua o en el cual se restringe la profundidad visual.

La turbidez puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, que varían de tamaño desde coloides a gruesas dispersiones dependiendo del grado de agitación en los lagos o en otras aguas tranquilas la mayor parte de la turbidez es debida a coloides y a dispersión extremadamente fina. En ríos bajo condiciones de crecientes, la mayor parte de turbiedad se debe a relativa dispersión de gruesa.

2.6.4 Temperatura

(Romero, 2000), la determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que ,por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de la saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse

con un termómetro de mercurio de buena calidad, el termómetro de sumergirse en el agua, preferiblemente con agua en movimiento, y la lectura debe hacerse después de un periodo de tiempo suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso debe prevenirse cualquier posible rotura del termómetro en el agua utilizada para consumo humano.

2.6.5 Solidos

(Romero, 2000) sostiene que incluye que toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

2.6.6 Solidos totales

Se define como sólido la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. el valor tal de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

2.6.7 Solidos disueltos

o residuo filtrante, son determinados directamente o por diferencia entre sólidos totales y sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra

a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Cooch; el filtrado se evapora en una capsula de peso conocido sobre un baño de maría y el residuo de la evaporación se seca a 103 °C - 105 °C.

2.6.8 Sólidos suspendidos

Residuo no filtrante o material no disuelto: son determinación por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Cooch previamente pesado. El crisolo con su contenido se seca a 103°C - 105°C; el incremento de peso, sobre el ´peso inicial representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrante.

2.6.9 Conductividad

(Arano , 2002), sostiene que la conductividad es la medida de la capacidad que tiene un material para conducir la corriente eléctrica. Las soluciones nutritivas contienen partículas iónicas que llevan cargas y por lo tanto poseen esta habilidad. Cuando mayor es la cantidad de estos iones disueltos en el agua la conductividad de la solución resultante es mayor. Por lo tanto la medición da la conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales solidos disociados que hay disueltos en ella.

(Romero, 2000) Indica que la conductividad del agua es una expresión numérica de su Habilidad para transportar una corriente eléctrica y sostiene que la resistencia de un conductor es función de sus dimensiones y puede expresarse como:

$$C = \frac{RA}{L}$$

Dónde :

C = resistencia específica , ohmio x cm

R = resistencia ohmio

A = área de la sección transversal del conductor cm²

L = longitud del conductor, cm

La conductividad específica de un conductor es igual al inverso de su resistencia específica o sea:

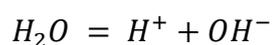
$$K = \frac{1}{C} = \frac{L}{RA}$$

Dónde :

K = conductancia específica, mho/cm

2.6.10 Ph

(Hilleboe, 2011) indica el agua siempre se ioniza en pequeña proporción produciendo tanto iones hidrogeno como iones hidroxilo.



Consecuentemente el agua puede considerarse desde el punto de vista de la ionización, a la vez como ácido y como base, en realidad, debido a que la concentración de los iones hidrogeno y las de iones hidroxilo son iguales en el agua, esta se considera como neutra. La concentración de los iones (H⁺), así como los iones (OH⁻) es igual a 0.0000001 veces el peso de los iones gramo de del H⁺ o del OH⁻ expresados en gramos por litro. Para evitar el uso de cifras decimales al medir las concentraciones de iones de hidrogeno, se ha adoptado una escala de valores del pH mediante la cual se registra la concentración en números enteros.

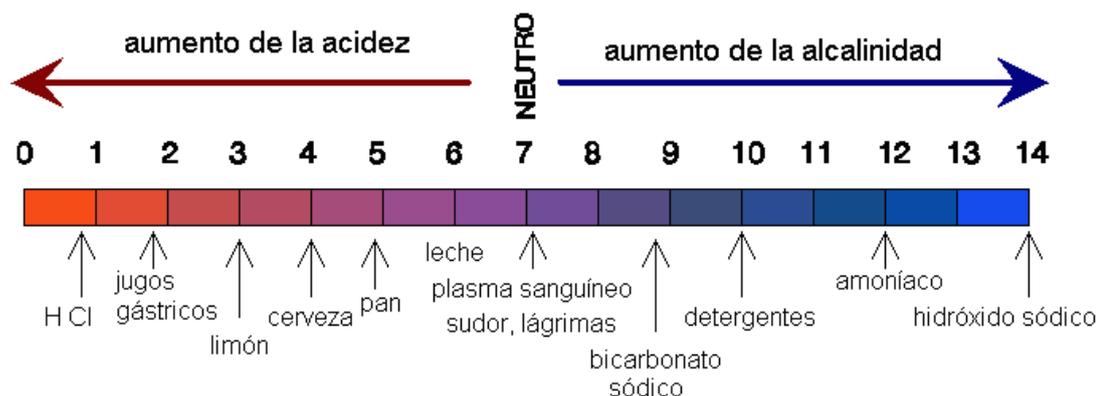


Figura 2. PH

2.7 PARAMETROS MICROBIOLÓGICO

2.7.1 Bacteriología

(Hilleboe, 2011) Sostiene las bacterias son pequeñísimos organismos vivos, formado por una sola célula, estos organismos son pequeños que solamente pueden ser vistos en microscopio, por lo cual se incluyen dentro del término más general como microorganismos. La función de asimilación de alimentos, excreción de desperdicios, respiración crecimiento y todas las otras actividades, son afectadas por una sola célula. muchas bacterias tienen muchas características que ordinariamente se asocian con el reino animal y otras que se relacionan con el reino vegetal. En ciertos aspectos, se pueden considerar que las bacterias constituyen un eslabón entre los dos tipos de organismos vivos. Existen muchas clases de bacterias, muy diferentes en tamaño, forma y funciones.

2.7.2 Características biológicas del agua

- Los microorganismos son especies vivientes de tamaños microscópicos
- Se califica en un tercer reino llamado Protista.
- Tamaño promedio de los Microorganismos

Tamaño: $10 - 6 \text{ m} = 1 \mu\text{m}$

Peso < 10-12 gr

2.8 NORMAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA

(Solsona, 2002), indica que desde el punto de vista institucional, la garantía de que el agua de bebida esté libre de riesgos microbiológicos es una responsabilidad de las autoridades sanitarias. Para ello, cada país debe establecer un marco de referencia para evaluar si el agua está en buenas condiciones, si es segura o si está contaminada. Ese instrumento se llama *norma de calidad del agua de bebida* (NCAB).

2.8.1 Estándares de calidad del agua para consumo humano

(Digesa, 2011) Establece con arreglo a la ley general de salud N° 26842, la propuesta de reglamento de calidad de agua para consumo humano con la finalidad de asegurar la calidad del agua para consumo, cuyos valores permisibles se muestra en el cuadro.

Cuadro 3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas.	UFC/mL a 35°C	500

5. Huevos y larvas de Helminths, quistes y ooquistes de protozoarios		
Patógenos.	Nº org/L	0
6. Vírus		
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	UFC / mL	0
	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: valores establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano DIGESA-2011, DS N° 031-2010-SA

Cuadro 4 Valores guía para la verificación de la calidad microbiana

AGUAS	ORGANISMOS	VALOR GUIA
Toda agua destinada a consumo humano (b, c)	E. Coli o coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada ingresando al sistema de distribución (b)	E. Coli o Coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada en el sistema de distribución (c)	E. Coli o Coliformes termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml

Fuente: organización mundial de la salud (OMS), 2006

2.8.2 Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles

Estándar de calidad ambiental (ECA)

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológico, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de la persona ni del ambiente.

2.8.3 Límite máximo permisible (LMP)

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente.

Cuadro 5 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de Ph	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl - L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ = L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5

12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: valores establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano DIGESA-2011, DS N° 031-2010-SA

2.9 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

La recolección y toma de muestras se ejecutan en función de los tipos de estructuras de vertimiento de los punto de muestreo, teniendo en cuenta el tipo de análisis de determinación, así mismo indica que es imposible precisar el tiempo que pueda transcurrir desde la toma de muestra hasta su análisis (Rojas, 2002).

Cuadro 6 Recipiente, tipo de preservación y tiempo de almacenamiento de muestras.

PARAMETROS	VOLUMEN MEDIDO	RECIPIENTE	PRESERVACION	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Temperatura				Registro inmediato
PH	100ml	P o V	Refrigeración a 4°C	Ninguno
Conductividad eléctrica	500ml	P o V	Refrigeración a 4°C	28 días
Turbiedad	100ml	P o V	Refrigeración a 4°C	24 /48 horas

Sólidos totales	100ml	P o V	Refrigeración a 4°C	2-7 días
Oxígeno disuelto	30ml	V		Análisis inmediato

Fuente: Organización mundial de la salud (OMS) 2006

2.10 FILTRO LENTO DE ARENA

(Huisman, 1974) Describieron el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

(Weber, 1979) Un filtro de arena lento consiste en un tanque impermeable al agua, que contiene una capa de arena de 0,9 a 1,5m de espesor, soportada sobre una de grava de 0,15 a 0,30 m de espesor. Debajo de la capa de grava existe un sistema de tuberías de desagüe con juntas abiertas, separación entre centros de 3 a 6 m, a través del cual se conduce el agua filtrada a un punto de salida en donde existe un dispositivo que controla la velocidad de filtración.

(Jimenes, 2001) La filtración lenta en arena es de las mecánicas de tratamiento más antiguas, fue desarrollada para producir agua de consumo en la mayoría de las ciudades, por ejemplo Londres (1830), Hamburgo (1890) y París (1898).

(Hilleboe, 2011) Indica que un filtro de arena es un filtro que se usa en la purificación del agua cuando ésta, sin tratamiento previo, se pasa hacia abajo a través de un medio filtrante que consiste de una capa de arena u otro material adecuado, usualmente más fino que el de los filtros rápidos de arena, y de 60 a 80 cm de espesor. El agua filtrada se recoge mediante un sistema de desagüe y el filtro se limpia raspando la capa obstruida y reemplazándola. Se caracteriza por su baja velocidad de filtración que es por lo general de 28000 a 56000 m³ por día y por hectárea de superficie de filtración.

(Lampoglia, 2011) Indica El filtro lento de arena es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos.

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior.

Durante el día, bajo la influencia de la luz solar, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que éstas sean más asimilables por los microorganismos.

Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo,

su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades.

2.10.1 Mecanismos de filtración

(Hilleboe, 2011) Indica que es el proceso que consiste en pasar un líquido a través de un medio filtrante (el cual puede consistir de un material granular como la arena, tierra diatomácea o papel especialmente preparado), con el propósito de eliminar la materia suspendida o coloidal, de un tipo que generalmente no puede eliminarse por sedimentación.

La filtración es usualmente considerada como el resultado de dos mecanismos distintos, pero complementarios: Transporte y adherencia.

Los mecanismos que pueden realizar transporte son los siguientes:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Impacto inercial
- Acción hidrodinámica

Los mecanismos de adherencia son los siguientes:

- Interacción de las Fuerzas Electrostáticas y de Van Der Waals
- Enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos

2.10.2 Factores que influyen la filtración

- Tamaño de las partículas suspendida
- Densidad de las partículas suspendidas
- Resistencia y dureza de los de las partículas suspendidas (floculas)

- Temperatura del agua a filtrar
- Concentración de partículas suspendidas en el afluente
- Potencial zeta de la suspensión
- PH del afluente.

2.11 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FILTRANTE

2.11.1 Tipo del medio filtrante

Un medio filtrante ideal es aquel de una determinada granulometría y granos de un cierto peso específico que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado específicamente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un efluente de buena calidad.

2.11.2 Características granulométricas del material filtrante

- Tamaño efectivo
- Coeficiente de uniformidad
- Forma
- Peso específico

2.11.3 El espesor de la capa filtrante

- Tasa de filtración
- Calidad del efluente
- Carga hidráulica disponible
- El método de control de los filtros

2.11.4 Ventajas de los filtros lentos

La filtración lenta en arena tiene muchas ventajas

- Mejora simultánea en la calidad física, química y bacteriológica del



agua, con un número de ventajas especiales para los países en desarrollo tales como el nuestro.

- La eficacia en la eliminación de bacterias totales es igual que en los filtros rápidos.
- No se necesitan compuestos químicos.
- La operación y mantenimiento pueden ser llevados a cabo por mano de obra semi especializada.
- El proceso de filtración es llevado a cabo por gravedad; no hay otras partes mecánicas que precisen de energía para funcionar.
- El manejo de lodos no causa problemas; las cantidades de lodos son pequeñas tiene muy alto contenido de materia seca.

2.12 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE FILTRO LENTOS DE ARENA

Todas las actividades de operación y mantenimiento pueden ser desarrolladas por mano de obra local.

Cuadro 7 Centro internacional de referencia para el abastecimiento público de agua de la OMS

PARÁMETRO	EFECTO PURIFICADOR
Materia orgánica	Los filtros lentos de arena producen un efluente claro, virtualmente libre de materia orgánica.
Bacteria	Puede eliminarse entre el 99% y 99.99% de bacterias patógenas, las cercarías de esquistosoma, los quistes y huevos son eliminados aun con mayor grado. E. Coli reduce entre 99% y 99.9%.

Virus	En un filtro lento ya maduro los virus se elimina en forma virtualmente total
Color	El color se reduce en forma significativa.
Turbiedad	Puede tolerarse en el agua cruda turbiedades de 100 – 200 NTU solo por unos pocos días turbiedades de más de 50 NTU son aceptables solo para unas pocas semanas: de preferencia, la turbiedad de agua debe ser menor de 5 NTU, para un filtro lento diseñado y operado con propiedad, la turbiedad del efluente será menor de 1 NTU.

Fuente: Organización mundial de la salud (OMS) 2006

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ASPECTOS GENERALES

La comunidad de Thunco se localiza en el distrito de Acora, perteneciente a la provincia de Puno del departamento de Puno, Perú. Es el lugar donde se efectuarán las pruebas necesarias para esta investigación basada en la evaluación de la falta de agua potable y de la situación económica en que se encuentra esta comunidad, ya que no cuentan con los recursos necesarios para abastecer al 100% sus necesidades básicas.

3.1.1 Ubicación geográfica

Zona: 19

Latitud: 15°50'00"S

Longitud: 70°02'00"W

Altitud: 3837 msnm

3.1.2 Características generales de la comunidad de Thunco.

La comunidad de Thunco está ubicada zona 19 Latitud: 15°57'00"S, longitud: 69°47'00"W a 3837 msnm, en la vía Puno - Ilave sus límites geográficos son : por el Norte lago Titicaca, por el sur comunidad de culta,



Figura 4 Ubicación satelital del lugar de la investigación aguas subterráneas

Fuente: Google Earth

3.1.5 Acceso

El acceso al lugar de captación de aguas subterráneas, donde se tomó las muestras se encuentran a 49 Km de la ciudad de Puno, en la carretera afirmada Puno - Ilave.

3.2 METODOLOGIA PARA EL DIAGNOSTICO Y LA PURIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE THUNCO

La metodología utilizada para esta investigación es de carácter experimental se busca identificar en nivel de eficacia, con el uso del filtro lento de arena con granulometría determinada para el control y retención de la turbiedad, coliformes totales y fecales de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco.

El objetivo es producir agua que sea segura para el consumo de humano y que sea estéticamente atractiva al consumidor.

Esta metodología para purificar agua mediante el uso de filtros lentos de arena es conocida hace muchos años atrás, utilizados en los países europeos y latinoamericanos por ser muy eficaces y fácil de manejo.

Consiste en filtrar el agua subterránea de la comunidad de Thunco por medio de un material poroso, en este caso la arena fina y la arena gruesa, esta arena es fácil de conseguir y es de uso en la construcción. Para luego ver el grado de comportamiento de refinar el agua, con respecto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos, especialmente en turbiedad y coliformes totales y coliformes fecales.

3.2.1 Recolección de muestra de agua

Cantidad

Para el análisis físico-químico, es suficiente un litro de agua, también para ciertas determinaciones especiales se puede requerir mayores volúmenes.

Envases

Las muestras se recogen y almacenan en envases de plástico o vidrio, estos deben esterilizarse antes de almacenar la muestra. Intervalo de tiempo

entre el muestreo y el análisis de las aguas.

Mientras el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis de aguas sea menor, serán más dignos de confianza los resultados.

Sitio de extracción de muestras

Debe elegirse un lugar en el cual exista cierta homogeneidad de las materias en suspensión para que estos sean lo más representativo.

Análisis físico-químico y microbiológico.

Estos análisis se realizan en los laboratorios de calidad de aguas, por lo cual el especialista determina la técnica adecuada para cada parámetro.

FOTOGRAFIA 1: RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA



3.3 DIAGNOSTICO DEL AGUA CRUDA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE THUNCO.

Con respecto al diagnóstico se realiza mediante la recolección de muestras de agua para ser analizadas en los laboratorios y posteriormente sean comparados los resultados con los estándares de calidad de agua apta para el consumo humano por la OMS y DIGESA.

Cuadro 8 Análisis físico químico de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco agua cruda

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD DE LA MUESTRA
Temperatura	20°C
Turbiedad	6.26 NTU
Ph	7.82
Dureza total como CaCO_3	281.24mg/l
Alcalinidad como CaCO_3	220mg/l
Cloruros como Cl^-	309.47mg/l
Sulfatos como SO_4^-	1120mg/l
Nitratos como NO_3^-	Negativo
Calcio como Ca^{++}	177.98mg/l
Magnesio como Mg^{++}	103.26mg/l
Solidos totales	1310mg/l
Conductividad eléctrica	1879 us/cm

Fuente: Elaboración propia análisis de laboratorio.

Cuadro 9 Análisis microbiológico de las aguas subterráneas cruda

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
NMP de Coliformes totales/100ml	1100
NMP de Coliformes termotolerantes/100ml	210

FUENTE: (Elaboración propia) análisis de laboratorio.

3.3.1 Estrategia de purificación del agua con el uso de filtros

La captación no cuenta con una buena filtración para purificar el agua subterránea y por el contenido de coliformes totales y fecales (E. coli) se da la iniciativa de investigar el método de purificación.

Mediante un plan piloto de filtros lentos para llegar a los estándares de calidad de agua dados por la OMS (organización mundial de la salud) sea apto para consumo de la población de Thunco.

3.3.2 Implementación del plan piloto (filtro lentos)

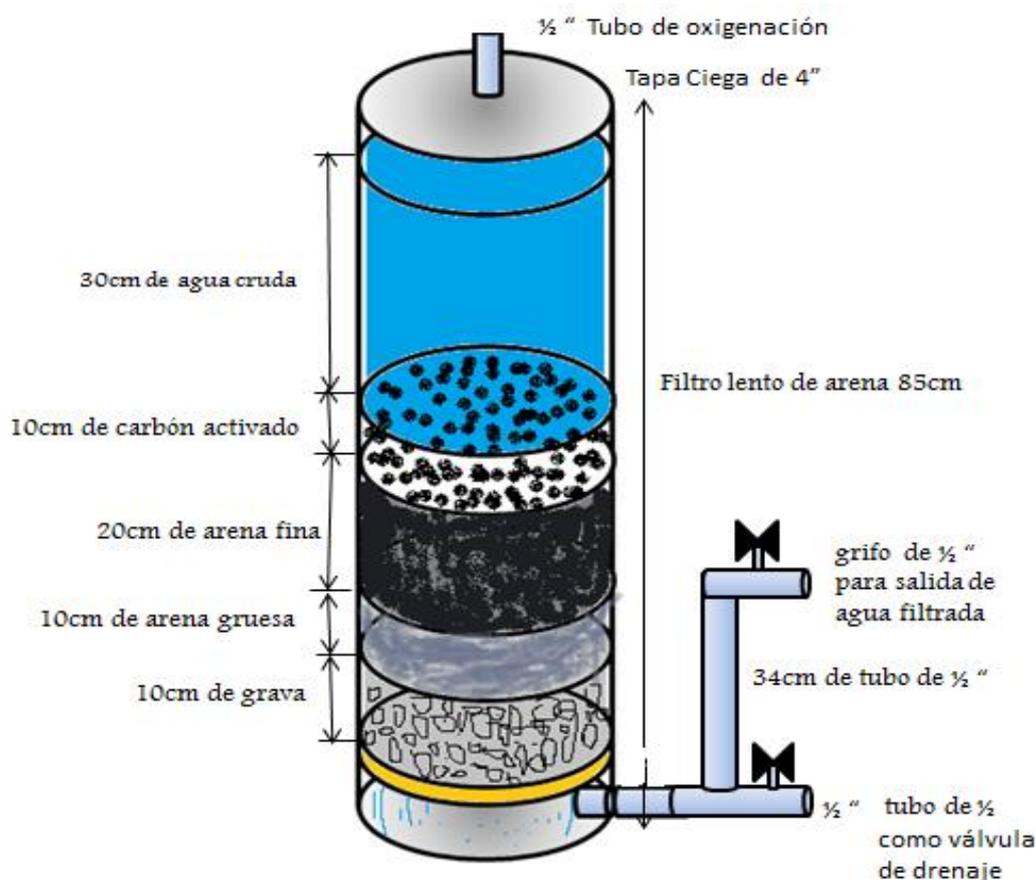


Figura 5 Imagen referencial de un filtro lento de arena

Fuente: (Elaboración propia) diseño del filtro

3.3.3 Instalación del filtro lento

Procedemos el armado de los filtros de arena con todos los accesorios que se muestran en la fotografía (1) según el diseño visto anteriormente para hacer efectivo el uso de la purificación del agua subterránea de la comunidad de Thunco, que es captado para potabilizar, que es dotado sin ningún tipo de tratamiento, lo cual buscamos resolver este problema, para evitar enfermedades gastrointestinales principalmente en niños y ancianos.

Seguidamente colocamos los tubos de cuatro pulgadas en un lugar bien nivelado, luego introducimos el material filtrante en este caso la arena, para ello estos deben estar libre de arcilla o impurezas vegetales donde se realiza un lavado general como se muestra a continuación.



Figura 6 Lavado de la arena.



Figura 7 Lavado de la grava

3.3.4 Ubicación del material filtrante (arena)

La grava se sitúa con una altura de 10 cm, en el fondo del tubo cilíndrico esto servirá como un drenaje de salida del agua, el tamaño es relativamente uniforme de un diámetro aproximado (1.25mm)

Seguidamente se puso una capa de arena gruesa de (1.18mm) con una altura de 10cm con el fin de retener la arena fina para que no fluya con el agua, el tamaño aproximado de la arena fina es de (0.6mm) de diámetro con una altura de 20 cm por encima de la arena gruesa por último se tiene carbón activado de un diámetro superior a los 0.25mm con una altura de 10cm.

Posterior se sitúa un difusor (malla) encima del material filtrante para que el agua que ingrese al filtro no remueva las partículas de arena y carbón activado, posterior a esto se abastecerá de agua subterránea al filtro.

3.3.5 Etapa de maduración

Según los antecedentes encontrado en otras investigaciones este tipo de filtros no se deben utilizar inmediatamente, sino que estos deben de madurar un cierto tiempo para su eficacia en la retención o eliminación de coliformes

bacterias de las aguas a tratar . En este caso de esta investigación se da un periodo de maduración de 5 días a partir del primer día de instalado. Sin que al filtro le falte agua, se debe hacer pasar el agua por lo menos unas veces por día.

3.3.6 Muestreo y análisis del agua tratada

Las muestras, se recogieron el 5to día del filtro, para luego hacer sus respectivos análisis físico-químico y bacteriológico. Los recipientes para el recojo del agua deben estar debidamente esterilizados y deben de ser transparentes esto con el fin de que no puedan producir alteraciones del agua, luego se conduce a los laboratorios correspondientes. Las muestras se recogieron el 7mo día los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 10 Resultados de la muestra del análisis físico químico de los filtros.

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD DE LA MUESTRA
Temperatura	20°C
Turbiedad	2
Ph	8.60
Dureza total como CaCO_3	395.96mg/l
Alcalinidad como CaCO_3	85.16mg/l
Cloruros como Cl^-	315mg/l
Sulfatos como SO_4^-	156mg/l
Nitratos como NO_3^-	Negativo
Calcio como Ca^{++}	66.49mg/l
Magnesio como Mg^{++}	15.98mg/l
Sólidos totales	765mg/l
Conductividad eléctrica	1530 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Fuente: (Elaboración propia) análisis de laboratorio.

Cuadro 11 Resultados del análisis microbiológico de los filtros

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
NMP de coliformes totales/100ml	2.2
NMP de coliformes termotolerantes/100ml	2.2

Fuente: (Elaboración propia) análisis de laboratorio.

El procesamiento de la información se realizó en gabinete, en relación de los resultados obtenidos de laboratorio que fueron recogidos de los posos , y de los filtros lentos de la investigación, del análisis físico-químico y bacteriológicos para que luego sean procesados en archivos digitales de tal manera llegar a los resultados esperados.

Para finalizar se interpretan los resultados de la calidad de agua mediante comparaciones con los estándares de calidad de agua dadas por la organización mundial de la salud (OMS) y el Ministerio de salud como límites permisibles apto para el consumo humano.

3.3.7 Volumen y Caudal del agua tratada

Volumen aproximado de agua a tratar

$$V_e = \pi \frac{D^2}{4} H_1$$

Donde:

V: volumen de agua a tratar

D: diámetro de la estructura circular

H_1 : altura del agua

Para este caso

$$V = \pi \frac{(10.16cm)^2}{4} 30cm = 2432cm^3 = 2.432l$$

Caudal

$$Q_e = \left(\pi \frac{D^2}{4} H \right) / t$$

$$Q_e = 2.432l/s$$

Donde t: tiempo

Volumen de agua trata

$$V_s = 625ml$$

Caudal de salida

$$Q_s = \left(\pi \frac{D^2}{4} H \right) / t$$

$$Q_s = 625ml/min$$

Cálculo para una familia de 5 miembros:

Cabe aclarar que el cálculo para las dimensiones del filtro domiciliario debe realizarse con el volumen de agua necesaria para cada persona o de ingesta diaria, y no así con el valor de dotación diaria.

Volumen de ingesta diaria = 15L/hab-día

Miembros de La familia = 5 hab.

El volumen diario requerido por familia es de:

8L/hab día *5 hab = 150L/día (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2011)

Tasa de filtración:

La tasa de filtración por hora es de $0.038 \frac{m^3}{h}$.

La tasa de filtración por día es de $0.038 \frac{m^3}{h} * 24h = 0.912m^3 = 912l/dia$.

Cuadro 12 Registro diario de datos obtenidos del análisis de muestras de agua de la comunidad Thunco-acora-puno

Fecha - N° Muestra	pH	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Dureza (CaCO ₃ mg/L)	Alcalinidad (CaCO ₃ mg/L)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
05/06/2016 – M 01	8.28	690.00	452.96	341.60	1386.00
06/06/2016 – M 02	8.19	700.00	348.00	250.55	1412.00
07/06/2016 – M 03	8.37	700.00	369.80	270.41	1406.00
08/06/2016 – M 04	8.31	690.00	390.40	286.90	1404.00
09/06/2016 – M 05	8.30	700.00	399.96	301.67	1410.00

Fuente: (Elaboración propia) análisis de laboratorio.

3.7 MATERIALES Y EQUIPOS PARA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS.

- Pipetas: sirven para medir el volumen de muestra
- Bureta: contiene el agente valorante y mide su consumo
- Matraces: sirven para preparar disoluciones de concentración conocida.
- Agitadores: facilitan la homogeneidad de la
- Reacción volumétrica

3.7.1 Equipos

- Medidor de Ph

- Conductímetro.
- Turbidímetro.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.
- Impresora
- Tintas para impresiones.

3.7.2 Material de escritorio

- 30 unid folder tipo manila
- 04 millares de papel bon A4
- 06 lapiceros
- 01 archivador

3.7.3 Insumos

- Viáticos
- Pasajes.

3.7.4 Materiales para el diseño del filtro lento de arena.

1. Teflón
2. Pegamento pvc
3. Mapla.
4. Esponja
5. Carbón activado.
6. Arena Fina.
7. Arena Gruesa.
8. Grava.

9. Tubería de drenaje.1/2
- 10.Tubería de abastecimiento. 1/2
- 11.Tubo de oxigenación.1/2
12. Caño.
- 13.Llave de paso 1/2.
14. 2 Tapas de 4”.
- 15.Malla de meta

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 DIAGNOSTICO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DE LOS POZOS DE LA COMUNIDAD THUNCO

Las aguas subterráneas se encuentran alteradas por la presencia de residuos sólidos, la zona agrícola contamina de alguna manera por el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas que son vertidos, todo este conjunto de actividades provocan un grado de contaminantes.

Los resultados físico-químicos se encuentra en un estado no normal lo que significa que no es apto para consumo humano, el nivel de turbiedad que se encuentra en 6,65 NTU, indica que es alto para los límites permisibles dados por la organización mundial de la salud (OMS) que es solo de 5NTU. No está en rango aceptable. En cuanto a los resultados microbiológicos se tiene alta presencia de coliformes totales 1100colif./100ml y coliformes termotolerantes (210 colif./100ml) lo cual no es aceptable para el consumo humano según los estándares de calidad de agua de la OMS y DIGESA estos de ser nulos, esto se debe a los excrementos de los animales que se encuentran en la zona. Por ello se realiza esta investigación.

4.2 IMPLEMENTACION DEL FILTRO LENTO DE ARENA

El uso de los filtros fue elemental en la restricción de partículas en suspensión, materia orgánica, organismo patógenos presentes en el agua subterránea del distrito de Thunco

Pero especialmente en la retención de coliformes totales y termotolerantes y el control de la turbidez a estándares normales para consumo Humano.

La granulometría utilizada para este fue fundamental en la obtención de buenos resultados en la filtración de las aguas, puesto que estos materiales estuvieron de arcillas y material orgánico, también debe existir una uniformidad de las partículas, como también un peso específico adecuado y un espesor y un espesor de la capa filtrante. Estos fueron los factores que llevaron a un buen funcionamiento del filtro de arena.

4.3 LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A LOS PARAMETROS PERMISIBLES CON FINES DE CONSUMO HUMANO.

Durante el periodo de la investigación se realizó muestreos de las aguas antes y después de las filtraciones para realizar comparaciones de los resultados físicos químicos y microbiológicos con los límites permisibles es dados por organización mundial de la salud OMS y el ministerio de salud atreves del reglamento de calidad del agua apta para consumo humano. Esto ayudara para determinar la eficiencia de los filtros lentos de arena piloto, si son o no eficientes en la reducción de la turbiedad, partículas en suspensión y coliformes totales.

Los datos que se obtuvieron en los análisis realizados en laboratorios tanto fisicoquímicos como microbiológicos.

Cuadro 13 Datos fisicoquímicos de las muestras de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco –puno

PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA DEL POZO DE LA COMUNIDAD DE THUNCO	FILTRO LENTO DE ARENA	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLE POR LA OMS Y DIGESA
Alcalinidad como CaCO_3	mg/l	220	85.16	150
Calcio como Ca^{++}	mg/l	177.98	66.49	30 - 150
Cloruros como Cl^-	mg/l	309.47	315	250
Conductividad eléctrica	us/cm	1879	1530	
Dureza total como CaCO_3	mg/l	281.24	395.96	500
Magnesio como Mg^{++}	mg/l	103.26	15.98	30 - 100
Nitratos como NO_3^-	mg/l	Negativo	Negativo	50
Ph		7.82	8.60	6.5 - 8.5

Solidos totales	mg/l	1310	765	1000
Sulfatos como SO ₄ ⁻	mg/l	1120	156	250
Temperatura	°C	20°C	20°C	
Turbiedad	NTU	6.26	2	5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14 Datos del análisis microbiológicos de las muestras de las aguas subterráneas de la comunidad de Thunco –Puno

PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA DEL POZO DE LA COMUNIDAD DE THUNCO	FILTRO LENTO DE ARENA	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES POR LA OMS Y DIGESA
Coliformes totales	NMP/100ml	1100	≤ 2.2	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	210	≤2.2	0

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Balance gráfico de los parámetros fisicoquímicos de turbiedad y solidos totales frente a las muestras de agua.

Los balances graficas muestran el grado de comportamiento de las diferentes muestras físico químicos. Estos muestran la eficiencia del filtro lento de arena con respecto a la turbiedad y solidos totales son favorables.

4.3.1.1 Turbiedad

La concentración más alta de turbiedad se registró en la muestra cruda de agua subterránea con 6.26 NTU. Lo que según las normas del reglamento de calidad de agua para consumo humano y la OMS su límite máximo permisible es de 5 NTU. Esto no sería aceptable para consumo humano, sin embargo la muestra tratada con el filtro lento de arena se obtiene un valor de 2 NTU el cual si es aceptable.

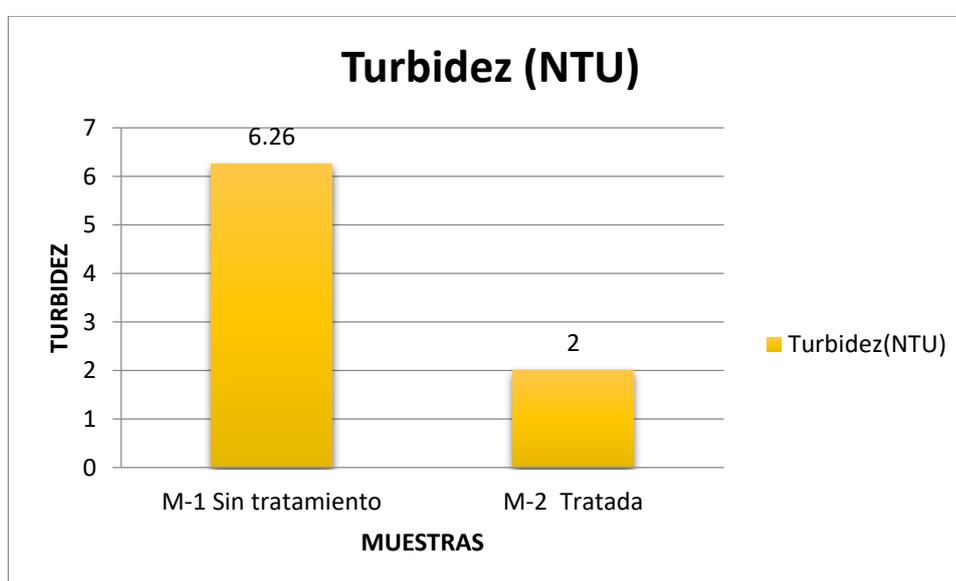


Figura 8 Turbiedad

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Solidos totales

De los valores obtenidos, la M-1 sin tratamiento es de 1310 mg/l el cual no se encuentra dentro del máximo permisible de la OMS y el reglamento de la calidad de agua que es de 1000mg/l, en cambio la muestra M-2 que es 765 mg/l está dentro del máximo permisible que es 1000mg/l de la OMS y reglamento de la calidad del agua y es aceptable para consumo humano el

cual muestra una retención de solidos totales frente a la M-1 que es la muestra sin tratamiento.

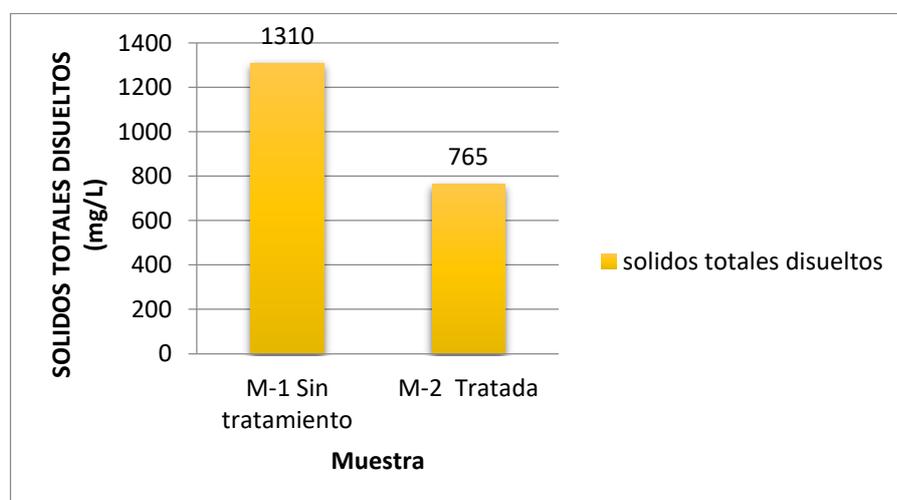


Figura 9 Solidos totales.

4.3.2 Evaluación grafica de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y coliformes termotolerantes, frente a las muestras de agua.

Las gráficas muestran el grado desigualdad de las muestras de agua obtenidas, esto permite identificar cuál de las muestras tienen coliformes totales y termotolerantes. Esta investigación desea conocer cuál es el comportamiento del filtro lento de arena frente al análisis microbiológico.

4.3.3 Coliformes totales

La organización mundial de la salud y el ministerio de salud indican que para que un agua sea apta para consumo humano estos deben ser libres de coliformes totales/100ml de agua. Los resultados del agua subterránea de la comunidad de Thunco la M-1 sin tratamiento registran 1100Colif. /100ml dictamen consumo humano no apto, la muestra M-2 tratada con el filtro lento de arena registra 2.2Colif/1000ml que es menor con respecto al agua subterránea

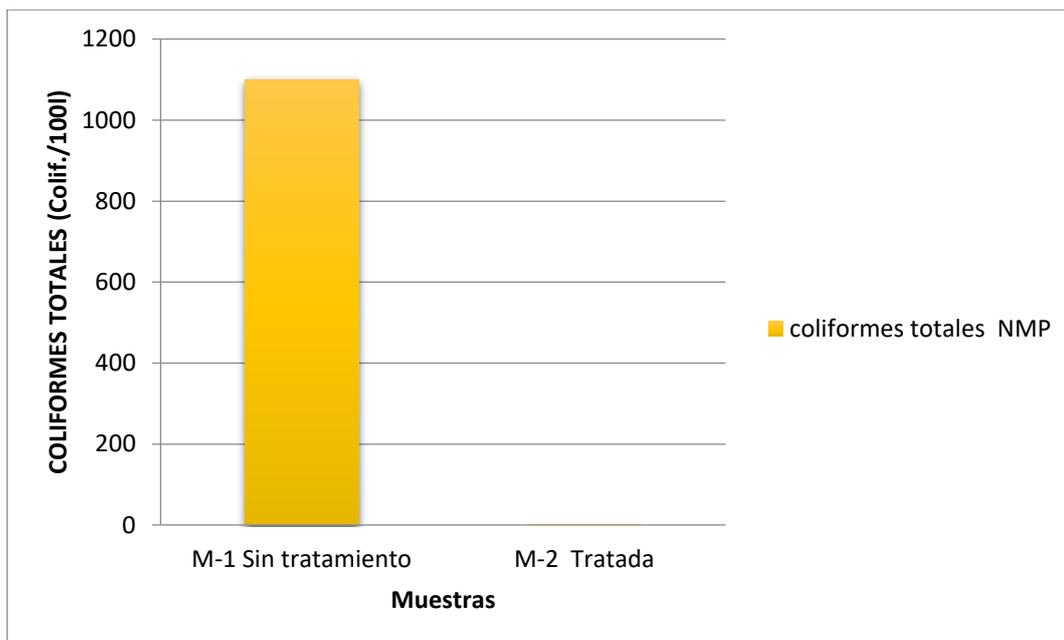


Figura 10 Coliformes totales NMP

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Coliformes termotolerantes

Para que un agua sea apta para consumo humano según los límites máximos permisibles dados por la organización mundial de la OMS y el ministerio de salud estos deben estar libres de coliformes termotolerantes.

Las muestras del filtro lento de arena, redujeron considerablemente esta bacteria. El agua cruda de las aguas subterráneas contenía 255 NMP de termotolerantes Colf/100ml, este valor se compara con la filtración con arena fina dando como resultado 2.2 Colif/100ml. El cual afirma que la filtración con arena fina es eficiente.

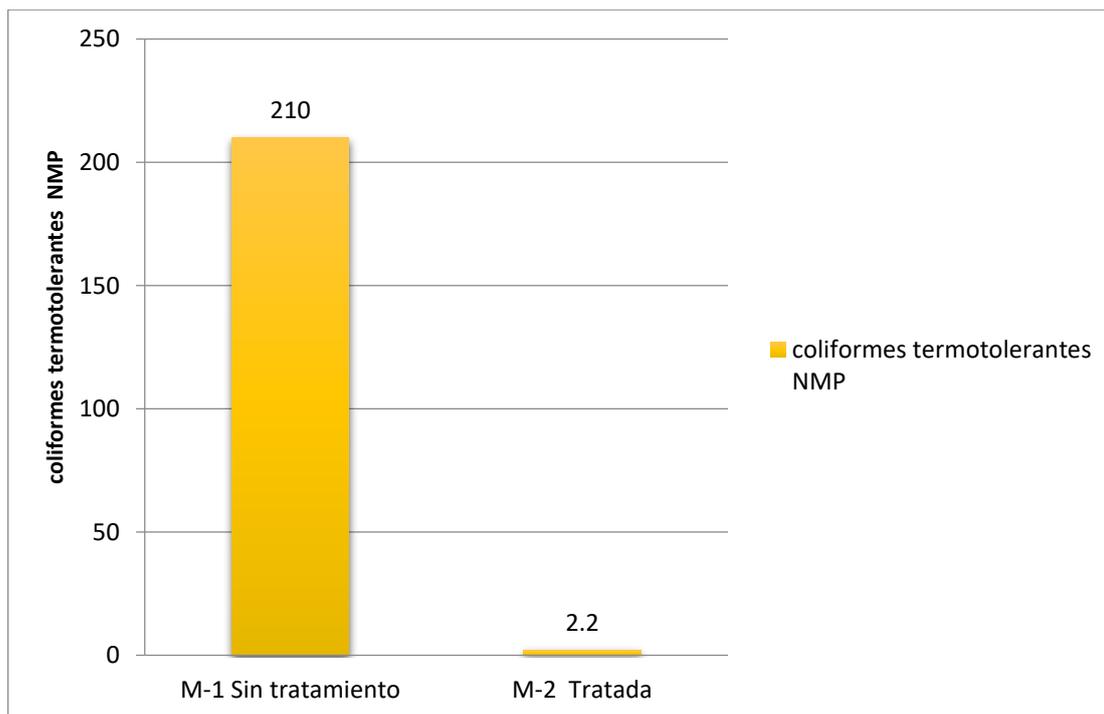


Figura 11 Coliformes termotolerantes NMP

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Relación entre el análisis microbiológico y el filtro lento de arena en la purificación del agua subterránea de la comunidad de Thunco

La línea de tendencia una correlación negativa significativa de un 94.39% en función de coliformes totales con respecto a la muestra del filtro lento de arena. Es decir que tiene una eficacia de importancia.

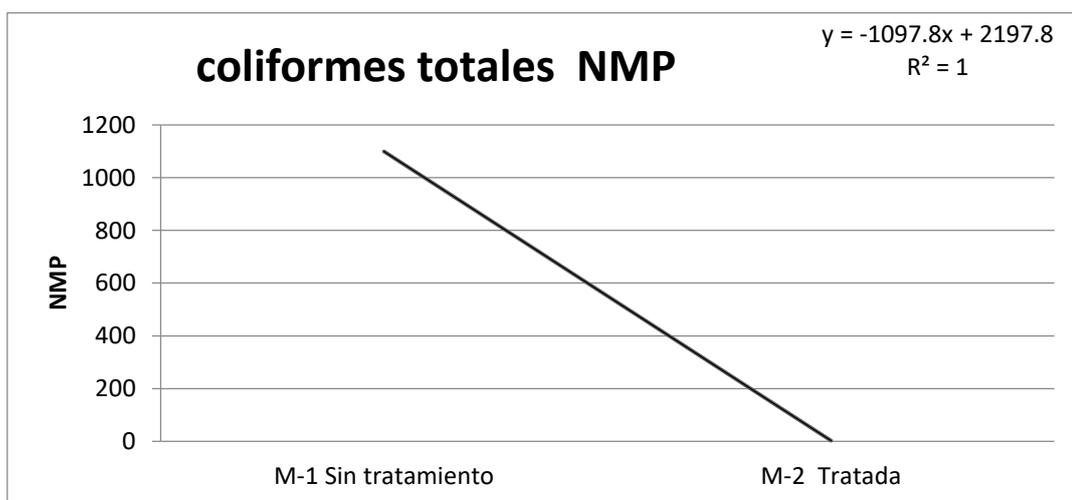


Figura 12 Línea de tendencia de coliformes totales entre filtro de arena

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Coliformes termotolerantes con filtro lento de arena

Existe una correlación negativa significativa de un 98.96 % con respecto al filtro lento y coliformes termotolerantes. Esto nos indica que la aplicación del filtro es adecuado para contrarrestar los coliformes termotolerantes.

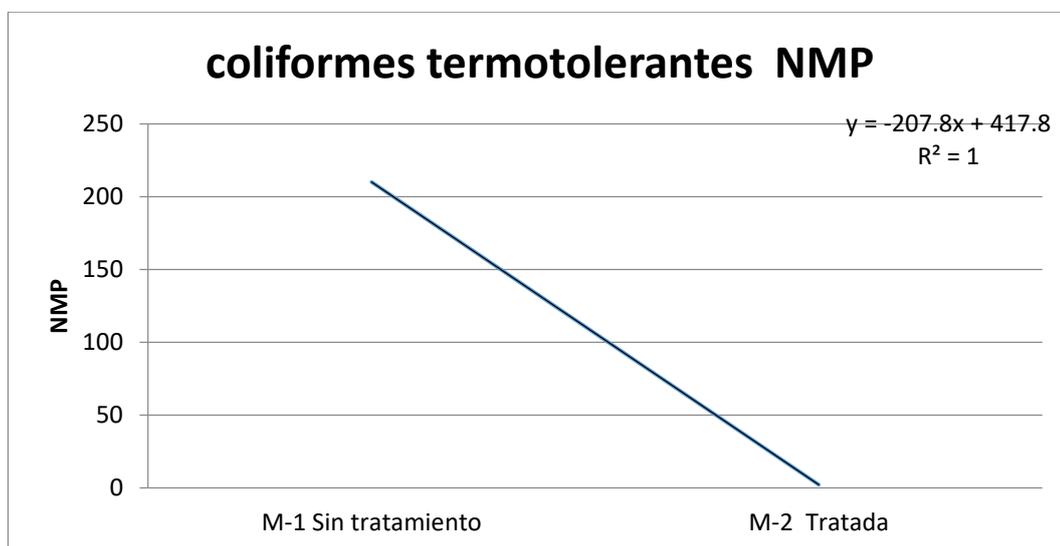


Figura 13 Línea de tendencia de coliformes termotolerantes entre el filtro lento de arena

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Efectos de los parámetros mejorados con las pruebas de filtración lenta de arena.

En esta investigación se tienen como objetivo La purificación del agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas de la comunidad de Thunco, en los parámetros de turbiedad. Coliformes totales y coliformes termotolerantes. Donde se obtuvo datos laboratorio de los respectivos análisis físico químicos y microbiológicos el cual fueron distinguidos y dando como resultado.

Cuadro 15 Porcentaje de eficacia de los filtros.

		AGUA CAPTADA DE LOS POZOS		FILTRO LENTO DE ARENA	
--	--	----------------------------------	--	------------------------------	--

PARÁMETROS	UNIDAD	DE THUNCO	%		%
Turbiedad	UTN	6.26	31.95	2	68.05
Sólidos totales	Mg/l	1310	41.60	765	58.40
Coliformes totales	NMP/100ML	1100	0.2	2.2	99.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	210	1.05	2.2	98.95

Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Nivel de eficacia

La eficacia es patente, el filtro lento de arena que tiene los porcentajes altos en la moderación de la turbiedad, los sólidos totales y especialmente en la retención de coliformes totales y de coliformes termotolerantes.

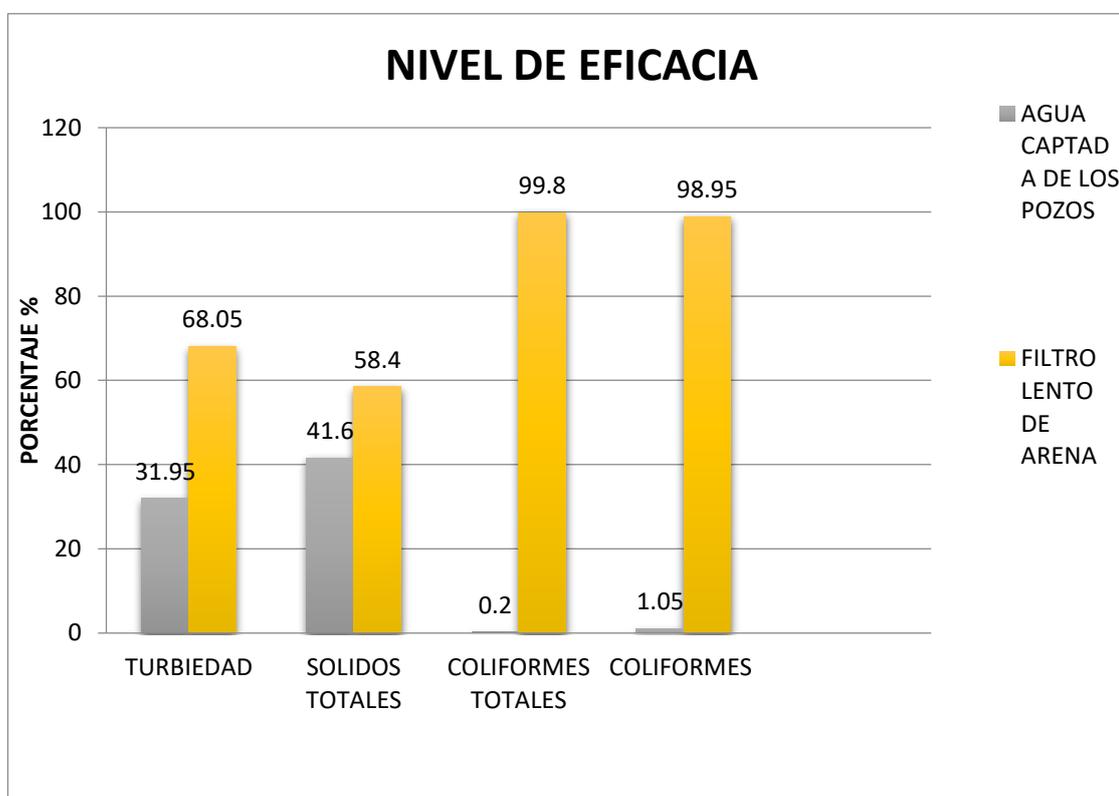


Figura 14 Comparación de eficacia del filtro lento de arena.

4.3.9 Variación temporal del análisis Físico químico y los límites máximos permisibles.

La variación temporal del análisis físico químico mostro los siguientes resultados en relación al agua problema encontrada en la comunidad de Thunco (Acora) Para verificar lo anterior, fue necesario determinar la eficiencia del filtro a partir de un monitoreo apoyado en la normatividad ambiental vigente, por tal motivo se analizaron 5 parámetros de calidad, los cuales fueron realizados con base en el protocolo y orientación designa designada para la recolección de muestras de agua y el apoyo del laboratorio de control de calidad de agua de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Este monitoreo tuvo 5 análisis en un periodo de duración de 5 días, en donde se tomaron las muestras in situ y el promedio de sus resultados se comparó con el agua problema y los límites máximos permisibles. Dichos resultados se muestran en el grafico 13.

En relación al comportamiento del sistema de filtración en la descontaminación del agua problema y teniendo en cuenta los 5 muestreos, se pudo establecer en promedio lo siguiente:

- En relación al pH mantuvo un promedio de 8.29 neutro y alcalino se mostró un aumento en 13.3%.
- En la conductividad mantuvo un promedio de 1403.6 microsiemens/cm
- En la alcalinidad se evidenció un aumento del 31.92 % de CaCO_3 .
- En Solidos Totales mantuvo un promedio de 696 mg/l se mostró una disminución 53.1%
- En cuanto a la dureza total se presentó un promedio de 392.2 CaCO_3 .

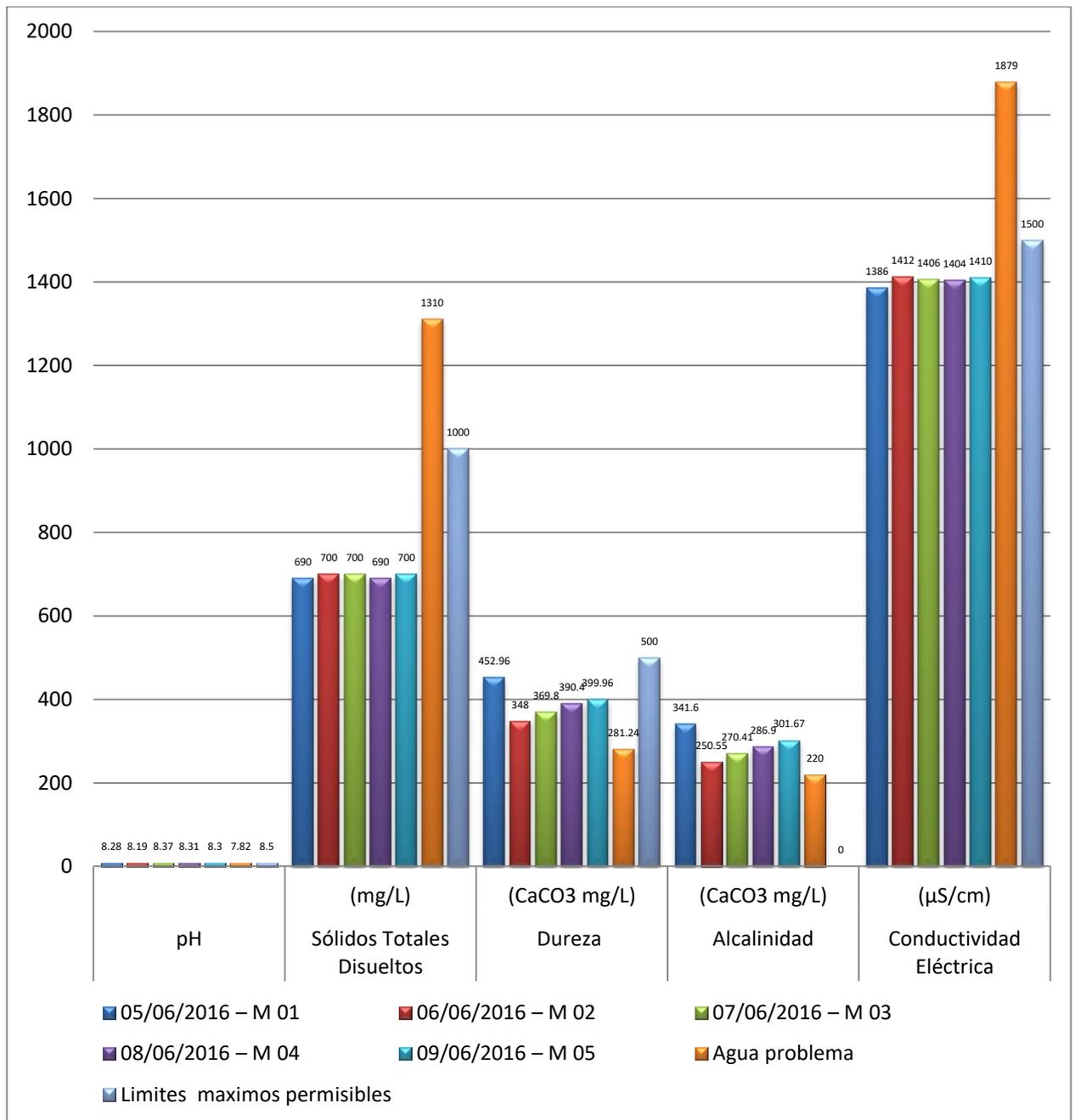


Figura 15 Variación temporal del análisis físico químico de las muestras de agua de la comunidad Thunco.

CONCLUSIONES

- El uso de filtros lentos de arena, en la Purificación el agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas de la comunidad de Thunco – Puno, tuvo un comportamiento positivo sin sobre pasar los límites permisibles aptas para el consumo humano dados por la OMS y DIGESA, ya que las aguas subterráneas naturales no llegaban a los estándares de aptos.
- El diagnóstico del agua de los pozos de aguas subterráneas de la comunidad de Thunco, por medio de análisis microbiológico y físico- químico, se observó un alto contenido de coliformes totales y termotolerantes, además de una turbidez de 6.25 NTU. Esto se debe a la presencia de animales domésticos como vacunos, ovinos, y uso de fertilizantes en la agricultura.
- El volumen de agua para un módulo familiar de 5 miembros es de 40 litros/día, el filtro tiene un caudal de salida 912 litros/día y 38 litros/hora lo cual es suficiente para poderles abastecer.
- La variación temporal del análisis físico químico no varía significativamente, los valores de Ph, alcalinidad, dureza total, solidos totales disueltos y conductividad eléctrica son menores a los límites máximos permisibles dados por la OMS esto nos dice que el filtro está trabajando eficientemente.

- La implementación de los filtros lentos de arena, para purificar la calidad del agua contaminada de los pozos de aguas subterráneas de la comunidad de Thunco – Puno es confiable, esto se debe a que se ha comprobado mediante un análisis microbiológico en laboratorio, que los niveles contaminantes se redujeron en un porcentaje considerable. Siendo el filtro lento de arena eficaz con la retención de coliformes totales en un 94.39% y coliformes termotolerantes en un 98.96 %. Además de mejorar la claridad del agua debido a la turbiedad en 68.05%

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la Municipalidad Distrital de Thunco - Puno que tome en cuenta proyectos de implementación de filtros lentos de arena, por lo que se demostró en la investigación que son eficaces, para la purificación del agua subterráneas de pozos que actualmente se encuentran contaminadas por la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en grado significativo.
- A las autoridades del agua para que den capacitaciones de sensibilización en la importancia y el manejo los pozos de aguas subterráneas, porque cada vez están más contaminados.
- Realizar un monitoreo después de tres mes de su implementación, ya que mientras el flujo de agua sea constante y con periodos de descanso en el filtro lento de arena, la capa biológica puede trabajar, esto incrementa los beneficios para la recuperación de aguas de los pozos, y disminuye la cantidad de virus y bacterias presentes.
- Se recomienda usar este tipo de filtros lentos de arena. A los pobladores que consumen agua de los pozos, ríos, acequias, etc. En un tubo de 6 o 4 pul de pc.

Ya que no son muy costosos ni difícil de instalar, de esta forma estarían consumiendo agua de calidad.

- Se recomienda impulsar nuevas investigaciones y divulgar trabajos ya realizados para que se popularice y se pueda adquirir los beneficios que se han descrita

BIBLIOGRAFÍA

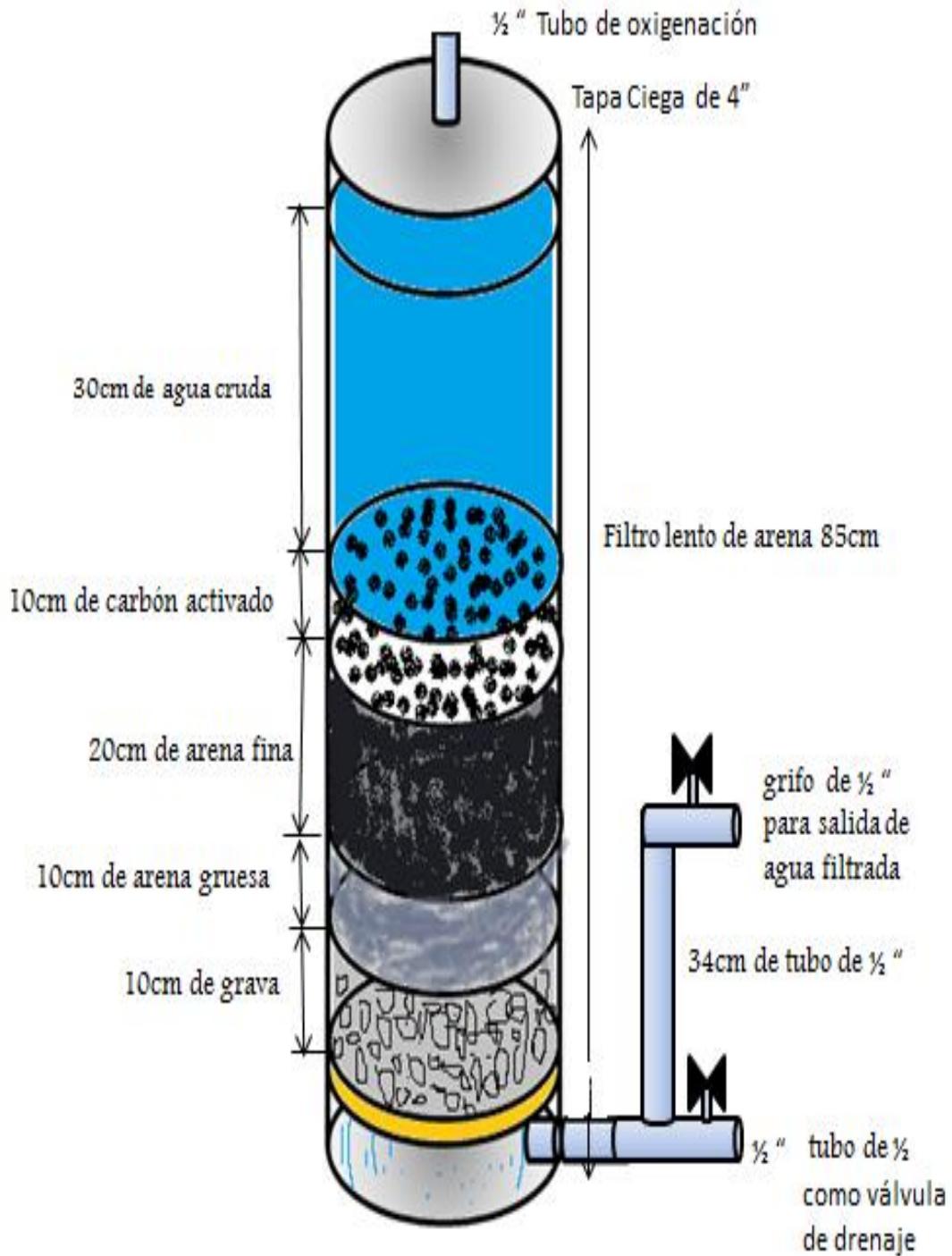
- Arano , C. (2002). *El ABC de hidroponia*. Argentina: Limusa S.A.
- Arellano, J. (2002). *Introducción a la Ingeniería Ambiental*. Mexico.: Grupo Editores Alfa Omega S.A.
- Avendaño. (2011). *Características de operación del sistema de filtración en múltiples etapas fime hacienda majavita. El Centauro No. 5. Año 3., 1-10.*
- Barrientos. (2010). En *Guía de purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad Kuychiro-Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Departamento académico de Física-Laboratorio de calorimetría y medio ambiente. Cusco-Peru.*
- Digesa. (2011). *Dirección General De Saneamiento Ambiental*. Lima-Peru.
- Durando, H. (2014). Evaluación un filtro lenta de arena de tipo descendente-ascendente para el tratamiento de efluentes ganaderos contaminados con cipermetrina. *Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental*, 183 - 193.
- Hernandez, A. (1994). *Depuración de aguas residuales*. Madrid - España: colegio de ingenieros de camino, canales y puertos 3° Edición.
- Hilleboe, H. (2011). *Manual de Tratamientos de Agua* . En *Manual de Tratamientos de Agua* . Departamento de Sanidad del Estado De Nueva York,: limusa - mexico.
- Huisman. (1974). El método de desinfección por medio de la filtración Lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. .
- Jimenes, E. (2001). *la filtración lenta en arena es de las mecánicas de tratamiento más antiguas.*
- Jimeno, E. (1998). En *análisis de aguas y desagües UNI*. Lima - Peru: oficina de bienestar universitario.

- Lampoglia, T. (2011). orientaciones sobre saneamiento para zonas rurales” . En *orientaciones sobre saneamiento para zonas rurales”* . (págs. Lampoglia,T.). area de desarrollo sostenible y salud ambiental OPS/CEPIS.
- Lee, L. y. (2013). filtros lentos de arena reducir efectivamente Phytophthora después de un cambio de patógenos de Fusarium y un fallo de la bomba simulada de Investigación del Agua. 5.121 a 5129.
- Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (2011). NORMALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA URBANA. *Sistema Nacional de Estándares de Urbanismo*, 110 - 214.
- Pérez, V. (2014). Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano. *Ingenium*, 11-20.
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y contrl de la calidad agua para consumo humano*. Lima: OPS/CEPIS.
- Romero, J. (2000). *Tratamientos de aguas residuales,teoria y principios de diseño*. Colombia: escuela colombiana de ingenieria .
- Sarah, J. (2014). Replicar la comunidad microbiana y rendimiento de calidad de agua de los filtros de arena lenta gran escala en escala de laboratorio. *filters Water Research*, 141-151.
- Solsona, F. (2002). *Guias para elaborar normas de calidad de aguas de bebida en los países en desarrollo*. Lima – Perú: CEPIS/OPS.
- Weber, w. (1979). Control de la calidad del agua. En *Control de la calidad del agua* (pág. 170). España: 2da Edición, Editorial Reverte.



ANEXOS

ANEXO 1. FILTRO LENTO DE ARENA



**ANEXO 2 POBLADORA DE LA COMUNIDAD DE THUNCO CON SU
CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**



ANEXO 3 HABITANTES DE LA COMUNIDAD DE THUNCO.



ANEXO 4 ENTRADA A COMUNIDAD DE THUNCO



ANEXO 5 RECOGIENDO MUESTRA DE AGUA



ANEXO 6 PRIMERA PARTE DE LA CONFECCION DEL FILTRO LENTO



ANEXO 7 TAPAS, UNIONES Y BORNES PARA EL FILTRO LENTO



ANEXO 8 SEGUNDA PARTE DEL ARMADO DEL FILTRO LENTO



ANEXO 9 CONSTRUCCIÓN FINAL DEL FILTRO LENTO



ANEXO 10 CONDUCTIMETRO



ANEXO 11 MEDIDOR DEL PH DIGITAL



ANEXO 12 GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **AGUA CRUDA:** Agua no sometida al proceso de tratamiento.
- **AFLUENTE:** Líquido que ingresa a un componente.
- **BACTERIAS:** Son microorganismos procariotas que presentan un tamaño de unos pocos micrómetros (por lo general entre 0,5 y 5 μm de longitud).
- **COLIFORMES TOTALES:** Microorganismos en tracto intestinal del hombre y los animales.
- **COLIFORMES FECALES:** Parte del grupo Coliformes. Son definidas como bacilos gran-negativas.
- **COLIFORMES TERMOTOLERANTES:** Son bacterias del grupo de coliformes totales.
- **DESINFECCION:** Proceso que consiste en eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua.
- **EFLUENTE:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.
- **MADURACIÓN DEL FILTRO:** Edad del desarrollo microbiológico de la biomenbrana y del medio filtrante.
- **MICROORGANISMOS:** Especies vivientes de tamaño microscópico.
- **SOLIDOS TOTALES:** Materia que pertenece como residuo después de evaporación y secado 103°C.
- **TURBIEDAD:** Falta de claridad de un líquido.
- **ABREVIATURAS**
- **ECA:** Estándar de calidad ambiental.
- **EDA:** Enfermedades diarreicas aguda.
- **FLA:** Filtro lento de arena.

- **LMP:** Límite máximo permisible.
- **NCAB:** Norma de calidad de agua de bebida.
- **NMP:** Numero más probable.
- **OMS:** Organización mundial de la salud.
- **UNT:** Unidad nefelometrica de turbidez

ANEXO 13 CERTIFICADO DE ANÁLISIS N°0770



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



10-2016

N°077

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: POZO
PROCEDENCIA : Distrito de Thunco, Provincia de Puno - Puno
PROYECTO : "Purificación de agua subterránea por medio de filtro lento de arena"
INTERESADO : Carlos Carcausto Quispe
MOTIVO : Control de calidad - Ejecución de tesis
MUESTREO : 05/06/2016, por el interesado
ANÁLISIS : 05/06/2016
COD. MUESTRA : B - 1962/01

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Parámetro	Unid.	Resultados	LMP (Categoría 1)
Potencial de Hidrógeno	pH	8.50	6.5 - 8.5
Dureza Total como CaCO ₃	mg/L	393.96	500
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/L	85.16	---
Cloruros como Cl ⁻	mg/L	315.03	250
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	mg/L	156.00	250
Nitratos como NO ₃ ⁻	mg/L	Negativo	10
Calcio como Ca ²⁺	mg/L	55.49	---
Magnesio como Mg ²⁺	mg/L	15.98	---
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	768.00	1000
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1530.00	1500
Turbidez	NTU	2	5

INTERPRETACIÓN

- Las características físico-químicas son normales para agua de pozo subterráneo.
- La categoría 1, corresponde al tipo de agua Potable y Recreacional según FCA D.S. 002-2008 MINAN-PERU.

Puno, C.U. 05 de Julio de 2016
 yºpº



[Firma]
 Sr. Esteban Tello Palma
 DECANO F.Q.



[Firma]
 Ing. M. St. Yana Rosalind Mao
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral sin Facultad de Ing. Química - Pabellón 84 - Telefax (051)368142 -352892.

ANEXO 14 CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 0862



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



10-2016

N° 0862

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA de: POZO
PROCEDENCIA : Comunidad de Thunco, Distrito de Acora, Provincia de Puno - Puno
INTERESADO : Carlos Carcausto Quispe
MOTIVO : Control de calidad - Ejecución de tesis
MUESTREO : 05/06/2016, por el interesado
ANÁLISIS : 05/06/2016
COD. MUESTRA: B - 2044/01

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
CO_OR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Parámetro	Unid.	Resultados	LMP (Categoría 1)
Potencial de Hidrógeno	pH	7.82	6.5 - 8.5
Dureza Total como CaCO ₃	mg/L	281.24	500
Alcalinidad como CaCO ₃	mg/L	220.00	---
Cloruros como Cl ⁻	mg/L	309.47	250
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	mg/L	1120.00	250
Nitritos como NO ₂ ⁻	mg/L	Negativo	10
Calcio como Ca ⁺⁺	mg/L	177.98	---
Magnesio como Mg ⁺⁺	mg/L	103.26	---
Sólidos Totales	mg/L	1310.00	1000
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1879.00	1500
Turbidez	NTU	6.26	5

OBSERVACIONES

1.- Temperatura promedio de análisis 20 °C

Puno, C.U. 20 de Diciembre de 2016.
 yug°



Ing. M. Sc. Esteban Tello Palma
 DECANO F.I.Q.

ANEXO 15 CERTIFICADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**CERTIFICADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

MUESTRA : Agua de pozo
 PROCEDENCIA : Thunco.
 SOLICITANTE : Carlos Carcausto Quispe.
 MOTIVO : Determinación de Calidad Higiénica.
 ANÁLISIS SOLICITADO : Análisis Bacteriológico.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 05-07-2016

RESULTADOS

MUESTRA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	COLIFORMES TOTALES	DICTAMEN CONSU MO HUMANO
M-1 Sin tratamiento	210 Colif./100 mL	≥1100 Colif./100 mL	NO APTO
M-2 Tratada	≤2.2 Colif./100 mL	≤2.2 Colif./100 mL	APTO

CONCLUSIÓN: La muestra de agua se procesó por el método de Número Más Probable de Coliformes (NMP), (Thatcher J. y Clark D.) Y -CODEX ALIMENTARIUS.

Las muestras se interpretaron considerando los límites máximos permisibles, determinado por el MINSA, "Criterios Microbiológicos De Calidad Sanitaria e Inocuidad Para Los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, Resolución Ministerial Nro. 591-2008-MINSA.

OBSERVACIONES.- Los resultados determinados en el presente certificado de análisis, es a partir de la muestra recepcionada en el laboratorio.

Puno, 08 Julio del 2016


 MVZ Oscar David Oros Buitan
 C.M.V. 3826
 e.c. Especialidad
 Laboratorio de Análisis Biológicos

ANEXO 16 REGISTRO DIARIO DE DATOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA COMUNIDAD DE THUNCO – ACORA – PUNO.

REGISTRO DIARIO DE DATOS OBTENIDOS DEL ANALISIS DE MUESTRA DE AGUA DE LA COMUNIDAD THUNCO-ACORA-PUNO

PROCEDENCIA : Comunidad Thunco - Acora -Puno
 PROYECTO : Purificación de agua subterránea por medio de filtro lento de arena
 INTERESADO : Carlos Carcausto Quispe
 MUESTREO : 05/06/2016
 ANALISIS : 05/06/2016
 COD. MUESTRA: Resultados correspondiente al certificado de código: B - 244/01

Fecha - N° Muestra	pH	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Dureza (CaCO ₃ mg/L)	Alcalinidad (CaCO ₃ mg/L)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
05/06/2016 – M 01	8.28	690.00	452.96	341.60	1386.00
06/06/2016 – M 02	8.19	700.00	348.00	250.55	1412.00
07/06/2016 – M 03	8.37	700.00	369.80	270.41	1406.00
08/06/2016 – M 04	8.31	690.00	390.40	286.90	1404.00
09/06/2016 – M 05	8.30	700.00	399.96	301.67	1410.00

METODO ANALITICO/PARAMETROS

Electrométrico / pH, S.T.D, C.E.
 Volumétrico - EDTA / Dureza
 Volumétrico - Heliantina / Alcalinidad
 Temperatura promedio de análisis: 13 °C
 Puno, C.U. 20 de Diciembre de 2016.
 VºBº

INGENIERO QUIMICO
 ANALISTA DE LABORATORIO