

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS (PCO) EN UNA FUENTE DE AGUA SUBTERRÁNEA, CON LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GALERÍA FILTRANTE EN EL SECTOR LA PAMPA – CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA ALTA - CAJAMARCA 2019 - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Edwar Omar Casanova Mariñas

Edmir Simón Ordoñez Malaver

Asesor:

Ing. Mg. Jane Elizabeth Álvarez Llanos

Cajamarca - Perú

2020



## **DEDICATORIA**

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad, la presente Tesis está dedicada a mi familia, por el apoyo incondicional que hoy hacen posible este logro.

### **A mis padres**

Simón Ordoñez y Aida Malaver por ser los pilares fundamentales de mi formación como profesional, brindándome consejos y confianza, es un privilegio ser su hijo.

Salatiel Casanova y Domitila Mariñas por ser los pilares fundamentales de mi formación como profesional, brindándome confianza, consejos y confianza, es un privilegio ser su hijo.

### **A mis hermanos**

Katherine Ballardi y Jhanina Ordoñez, por creer en mí brindándome su apoyo en cada momento difícil.

Jhimy Casanova y Patricia Casanova, por creer en mí y apoyarme en cada momento difícil durante este largo camino.

### **A mis abuelos**

Octavio de la Cruz Ordoñez y Herminio Malaver, por enseñarme a ser grande.

Segundo Casanova Rodríguez, por enseñarme a ser grande.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A NUESTROS PADRES**

Agradecemos a nuestros padres, hermanos, abuelos y demás familiares por el apoyo que siempre nos han brindado, y a nuestros profesores de nuestra Alma Mater por los conocimientos impartidos y por todas esas experiencias de su vida profesional impartidas en las aulas de la universidad.

Por otro lado, agradezco a la UPN por incentivar y motivar siempre a la investigación, ya que los tiempos cambian y las innovaciones se dan a cada minuto en un mundo que avanza a pasos agigantados. Por lo que, es necesario estar a la vanguardia de la tecnología e innovaciones en esta apasionante profesión que es la Ingeniería Civil.

### **A NUESTROS DOCENTES**

Un agradecimiento a nuestra asesora Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos y al total de nuestros profesores que impartieron sus conocimientos en las diferentes materias de nuestra malla curricular, muchas gracias por compartir con nosotros sus vivencias y sus conocimientos, sus aportes fueron fundamentales para poder concluir con éxito esta hermosa carrera profesional, Gracias Totales.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
TABLA DE CONTENIDOS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	9
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	10
RESUMEN .....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema .....	19
1.3. Objetivos .....	19
1.4. Hipótesis.....	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	21
2.1. Tipo de investigación .....	21
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	21
2.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección y análisis de datos .....	21
2.4. Procedimiento.....	24
2.5. Proceso constructivo de la galería filtrante .....	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	46
3.1. Parámetros Seleccionados.....	46
3.2. Límites máximos permisibles (LMP).....	46

3.3.	Resultados de la fuente de agua subterránea sin la construcción de la galería filtrante .....	47
3.4.	Resultados de la fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante .....	47
3.5.	Resultados de la fuente de agua subterránea comparando con los Límites Máximos Permisibles (LMP). .....	50
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....		54
4.1.	Limitaciones. ....	54
4.2.	Discusión. ....	54
4.3.	Implicancias .....	55
4.4.	Conclusiones .....	55
REFERENCIAS .....		58
ANEXOS .....		61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.	24
Tabla 2: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d).	25
Tabla 3: Valores de conductividad hidráulica.	27
Tabla 4: Espesores de capas.	28
Tabla 5: Perdidas por el lecho filtrante.	30
Tabla 6: Criterios de estandarización de componentes hidráulicos.	32
Tabla 7: Conductividad hidráulica.	32
Tabla 8: Espesores de capas.	34
Tabla 9: Perdidas por el lecho filtrante.	37
Tabla 10: Parámetros seleccionados.	46
Tabla 11: Límites máximos permisibles de los parámetros.	46
Tabla 12: Resultados de la muestra N°01.	47
Tabla 13: Resultados de la muestra N°02.	48
Tabla 14: Resultados de la muestra N°03.	49
Tabla 15: Resultados de la muestra N°04.	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados parámetro coliformes totales _____	51
Gráfico 2: Resultados parámetro coliformes termo tolerantes _____	51
Gráfico 3: Resultados parámetro color _____	52
Gráfico 4: Resultados parámetro turbiedad _____	52
Gráfico 5: Resultados parámetro residual de desinfectante _____	53
Gráfico 6: Resultados parámetro grado de acides o alcalinidad (ph) _____	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Longitud del sistema de filtración.	27
Figura 2: Espesores de capas.	28
Figura 3: Número de anillos y orificios por ramal.	28
Figura 5: Longitud del sistema filtrante.	33
Figura 5: Espesor de las capas.	34
Figura 6: Longitud del ramal.	36
Figura 7: Excavación manual de la galería filtrante.	39
Figura 8: Eliminación de material.	39
Figura 9: Perforación de la tubería.	40
Figura 10: Colocación de la tubería.	40
Figura 11: Colocación de over 3" a 4"	41
Figura 12: Colocación de piedra de río 1" a 2"	41
Figura 13: Relleno con material propio.	42
Figura 14: Caja de registro.	42
Figura 15: Finalización del proceso constructivo.	43
Figura 16: Toma de muestras.	44
Figura 17: Obtención de caudal de las fuentes.	61
Figura 18: Excavación manual de la galería filtrante.	62
Figura 19: Eliminación de material.	62
Figura 20: Perforación de la tubería.	63
Figura 21: Colocación de la tubería.	63
Figura 22: Colocación de over 3" a 4".	64
Figura 23: Colocación de piedra de río 1" a 2".	64
Figura 24: Relleno con material propio.	65
Figura 25: Construcción de caja de registro.	65
Figura 26: Finalización de la construcción.	66
Figura 27: Toma de muestras.	66
Figura 28: Análisis PCO del agua.	68
Figura 29: Análisis PCO del agua	70
Figura 30: Análisis PCO del agua	72
Figura 31: Autorización de uso de terreno para estudio de tesis	73
Figura 32: Plano de ubicación y localización.	74
Figura 33: Gastos generados en la construcción de galería filtrante.	75



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación para la estimación de población futura o de diseño	25
Ecuación 2: Caudal promedio	26
Ecuación 3: Longitud de ramal	27
Ecuación 4: Dimensionamiento de los ramales	28
Ecuación 5: Número de anillos por ramal	29
Ecuación 6: Área por orificio	29
Ecuación 7: Área total de orificios	29
Ecuación 8: Velocidad del agua	29
Ecuación 9: Perdida por el lecho filtrante	29
Ecuación 10: Perdida en el conducto principal	30
Ecuación 11: Pérdida en el ramal	30
Ecuación 12: Pérdida total	30
Ecuación 13: Carga sobre la tubería de conducción	31

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>MDGL:</b>	Manuel de Diseño de Galerías Filtrantes.
<b>SEDAPAL:</b>	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.
<b>INRENA:</b>	Instituto Nacional de Recursos Naturales.
<b>MINSA:</b>	Ministerio de Salud.
<b>PCO:</b>	Parámetros de Control Obligatorio.
<b>LMP:</b>	Límites Máximos Permisibles.

## RESUMEN

La galería filtrante es una alternativa de mejora en la calidad del agua de una fuente subterránea; actualmente los proyectos no plantean esta técnica, que aprovecha la captación de agua en puntos de afloramiento no concentrado; por ello la investigación se centró en determinar y comparar la brecha que existe entre los límites máximos permisibles para proponer con bases científicas un tratamiento complementario. El objetivo principal fue evaluar los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – centro poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 - 2020. La metodología utilizada en la investigación es no experimental, longitudinal con la toma de muestras de agua antes y después de la construcción de la galería filtrante. Los medios utilizados en la investigación fueron de campo y laboratorio, permitiendo identificar y conocer la calidad del agua. Los resultados obtenidos indican una mejora del 98% promedio, con este resultado obtenido se puede concluir que la incorporación de la galería filtrante ha mejorado la calidad del agua de una manera notoria, sin embargo, aún no es apta para el consumo humano teniendo que complementar con la desinfección con lo cual se valida la hipótesis planteada.

**Palabras clave:** Galería filtrante, Parámetros (PCO) del agua.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad por acción antrópica del hombre (inadecuada disposición de desechos, construcción de pozos ciegos, contaminación de fuentes de agua por animales domésticos, letrinas, entre otros) se ha venido contaminando de forma descomedida e irresponsable las fuentes de agua entre ellas las subterráneas, las que podrían ser una fuente de suministro para consumo humano siempre y cuando se alcancen los límites máximos permisibles, siendo las fuentes de agua no concentradas una alternativas más de aprovechamiento para consumo humano y las galerías filtrantes una alternativa económica para alcanzar los parámetros de control obligatorio (PCO).

Las galerías filtrantes se conocieron con distintos nombres en diferentes partes del mundo: *kiraz, kэрiz, kariz*, en Afganistán y en Persia; *qanats o foggaras* en México; *sabrig* en Yemen; *kriga* en el sur de Túnez; *foggara* en el Sahara; *khattara* en el sur de Marruecos; *falaz* en Arabia; *picos* en Madrid; *viaje* o *viaje de agua* (una deformación del nombre latino *via aquae*) en el sureste de España. Actualmente en España y Francia, utilizan la terminología de galerías de drenaje, galerías de captación de agua por drenaje, y *madjirat* en regiones andaluzas. En distintas partes del Viejo Mundo también se conocen con el nombre de *fuqara, hattara, karez, rhattara, réthara, khattara, falaj, mambo, alcavor*, minas de agua, *galerie filtrante, infiltration gallery, chain well, chain of wells*, pozos horizontales, pozos encadena, *galería filtrón*, y *underground aqueduct chain well*. (Montes, Romero, Solís, Rivera, & Zamorano, 2011)

La tecnología de las galerías filtrantes se difundió primero a través del viejo mundo. Al oeste, se construyeron en Mesopotamia a orillas del Mediterráneo, así como en partes de Egipto; al este de la antigua Persia, y en parte del Sahara. Las galerías filtrantes también están presentes en Afganistán, en los arcaicos establecimientos de seda de los oasis de la

ruta del Asia Central, así como del Turkistán chino (El Turpan). Durante la era romana-bizantina (64 A.C.), se construyeron muchas galerías filtrantes en Siria y Jordania. De ahí la tecnología se difunde al norte y oeste en Europa; la expansión del islam inició otra difusión importante de la tecnología de las galerías filtrantes; las invasiones árabes tempranas lo llevaron al oeste a través de África del Norte y en Chipre, Sicilia, España y las Islas Canarias. En España, los árabes construyeron un sistema de galerías filtrantes en Crevillente, muy probablemente para el uso agrícola, y otros en Madrid y Córdoba para el abastecimiento urbano de agua (Jara, 2018).

Según los datos obtenidos de la organización mundial de la salud (OMS) para el año 2017 se tiene la siguiente información: 2,1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, además 340 000 niños menores de cinco años mueren cada año por enfermedades diarreicas, la escasez de agua ya afecta a cuatro de cada 10 personas, el 90% de los desastres naturales están relacionados con el agua, el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (OMS, 2017).

El sistema de captación de agua subterránea en nuestro país no ha sido ajeno a la cultura de nuestros antepasados, tal es el caso de la cultura Nazca, la cual poseía un alto conocimiento tecnológico en el desarrollo de la agricultura, entre los que se encuentran las galerías filtrantes, así como también los antiguos pobladores de Chicama buscaron la utilización del agua subterránea, disminuyendo los niveles topográficos para generar "arroceras", estas consisten en formar una especie de pantano donde se realizan las cosechas (Sanchez & Álvarez , 2016).

Las galerías filtrantes de Nazca, conforman un sistema de captación de aguas subterráneas que se ubican en la zona media-alta del valle del mismo nombre, aproximadamente entre los 1000 m.s.n.m. y los 500 m.s.n.m., ubicándose en zonas

aledañas a los cauces de los ríos principales Aja y Tierras Blancas. Las galerías filtrantes de Nazca estaban formadas esencialmente por tres partes, captación, conducción y almacenamiento. La captación involucra la filtración del agua subterránea del valle a un canal que puede ser a tajo abierto y/o cerrado. (Jara, 2018)

A continuación, se muestra una relación de algunas localidades en las cuales se han implementado galerías filtrantes, como captación de su sistema de abastecimiento de agua potable: En Lima, (SEDAPAL, 2010) extrae agua mediante un sistema de galerías filtrantes, localizados a lo largo del río Rimac, en el área de la Planta de la Atarjea, con una producción de 120 lt/s continuos. En Cañete, en las localidades de: San Vicente de Cañete, San Luis, Lunahuana -Imperial, Cerro Azul y Santa Cruz de Flores. En Huacho, en las localidades de: Végueta – Primavera. En Ica, en las localidades de: Ciudad de Nazca -Pueblo Nuevo, Palpa -Zona de Oca En Cusco, en las localidades de: Cochapampa - Pumahuanca, Urubamba -Jaillo Huayco, Huarcocondo. En Cajamarca, en la localidad de Jaén distrito de Pomahuaca.

En la ciudad de Jaén – Cajamarca se realizaron estudios que indican más viable la utilización de las galerías filtrantes, debido a que tiene un costo mucho más económico, y además es un proceso igual de eficiente para el tratamiento de agua potable. El tratamiento del agua potable con el uso de Galerías Filtrantes es más eficiente debido a que se garantiza una captación subsuperficial de agua libre de turbidez ya sea en épocas de lluvias o de sequía. (Jara, 2018)

En la ciudad de Cajamarca la mayoría de las poblaciones rurales obtienen su agua potable de las fuentes de agua superficiales y subterráneas; las primeras fuentes están representada por las quebradas, riachuelos y ríos que presentan sedimentos y residuos orgánicos para lo cual se plantea una captación, bocatomas, desarenadores, cámaras de filtros e instalaciones de sistema de cloración (Agüero, 2003), dicha alternativa representa

un costo muy elevado, por lo que se diseña una galería filtrante para mejorar la calidad del agua.

Estudios realizados por el (INRENA, 2013) en el departamento de Cajamarca cuenta con el 55.30 % de la población con acceso a agua potable y el 44.7% no cuentan con este servicio, por lo que se busca nuevos métodos para mejorar las propiedades de agua mediante incorporación de galerías filtrantes para el abastecimiento de dicha población.

Como lo muestra los informes emitidos por el Ministerio de Salud (MINSA), nuestro país posee índices elevados de pobladores afectados por infecciones diarreicas agudas. La región Cajamarca presentó casos de infecciones diarreicas reportadas durante el año 2017 con un total de 16872 casos y con una tasa de crecimiento del 11.0% del total de EDA 8189 casos pertenece a niños menores de 5 años con una tasa de crecimiento del 192.6% y 8683 casos pertenecientes a niños mayores de 5 años con una tasa de crecimiento del 6.2% (MINSA, 2017).

De las investigaciones realizadas según el ministerio de salud cuadro N° 08 anemia en gestantes que accedieron a los establecimientos de salud por niveles, según DIRESA, RED, MICRORED y Establecimiento de salud periodo enero – marzo 2017 evaluado en el centro de salud Huambocancha Baja – Cajamarca, informe del lugar de estudio; un número de 8 gestantes, las cuales 3 salieron con resultado positivo a anemia equivalente a un 37.5%. De los 3 casos positivos 2 pertenecen a anemia leve perteneciente al 25% y 1 anemia moderada perteneciente al 12.5%. La mayor parte de las infecciones fueron producto del consumo de agua no tratada, lo cual difiere con la poca preocupación del gobierno local en el ámbito de saneamiento y sistemas de agua potable (INS, 2017).

El agua captada a través de galerías filtrantes no requiere un tratamiento o proceso de clarificación sofisticado, sólo es necesario desinfectarla antes de su distribución; por

lo tanto, es una alternativa de captación más económica y viable para pequeñas localidades como es el caso de Végueta. (Bardales, 2012).

Referente al tema a la mejora de la calidad de agua subterránea se han encontrado las siguientes investigaciones que nos muestran una alternativa viable en la construcción de una galería filtrante, según:

Chulluncuy (2011), en su investigación “Tratamiento de agua para consumo humano” obtiene como conclusiones que los filtros tienen una eficiencia de remoción superior al 99% desde el punto bacteriológico, el tamaño de las partículas que quedan retenidas en mayor o menor proporción, en las capas del lecho filtrante varía desde flóculos de 1mm hasta coloides, bacterias y virus inferiores a  $10^{-3}$  mm, los beneficios de los filtros de agua es retener los virus, parásitos y bacterias; sin necesidad de utilizar cloro que también puede ser perjudicial para la salud.

Bardales (2012), en su tesis titulada: “Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable para Végueta: diseño y proceso constructivo de las galerías filtrantes”, quien concluyó que el agua captada a través de galerías filtrantes no requiere un tratamiento o proceso de clarificación sofisticado, sólo es necesario desinfectarla antes de su distribución.

### **1.1.1. Marco conceptual.**

A) Galería filtrante: Son tuberías perforadas que permiten recolectar el agua subterránea y conducir hacia un punto de extracción o almacenamiento. El propósito de estas obras es interceptar el flujo natural del agua subsuperficial, para que ingrese por gravedad, al interior de la zanja o tubería y sea conducida hacia una cámara recolectora según indica la “Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural” (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento., 2018)



B) Construcción de una galería filtrante: Una galería de filtración se localiza en los márgenes de una corriente o en un acuífero que captan agua filtrada en forma natural, con escurrimiento propio, funcionando como pozos horizontales. La excavación se puede realizar con equipo mecánico o manualmente; estos acuíferos están constituidos por material no consolidado por lo que se puede usar entibados para evitar el derrumbe de las paredes de las trincheras o zanjas. Estas estructuras subsuperficiales a lo largo de su recorrido resultan ventajosas tanto por su cantidad como en calidad. (Organización Mundial de la Salud et al., 2002). La Organización Mundial de la Salud (OMS), el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, la División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, la Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud elaboraron el “Manual de diseño de galerías filtrantes”, la que sirvió como guía para la presente investigación.

C) Según el reglamento del agua, toda agua destinada para el consumo humano no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánica y orgánicos señalados en el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano” (Ministerio de salud, 2011); los parámetros de control obligatorio [PCO] son los siguientes:

- Coliformes totales: Son bacterias negativas con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares, la identificación de Coliformes totales es más difícil ya que estos pueden provenir de suelo, y de superficies de agua dulce por lo que no siempre son intestinales.

- Coliformes termo tolerantes: Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas, se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente.
- Color: La medición del color es importante para conocer el nivel de materia orgánica natural que hay en el agua, ya que su presencia es un factor de riesgo de generación de subproductos nocivos de la desinfección del agua.
- Turbiedad: Es originada por las partículas en suspensión o coloides. Es decir, causada por las partículas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.
- Residual de desinfectante: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.
- PH: El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

### **1.1.2. Justificación.**

Luego del análisis de la información antes descrita, la galería filtrante es una alternativa de mejora en la calidad de agua de una fuente subterránea, ya que actualmente los proyectos no plantean esta técnica antigua poco estudiada y aplicada, que aprovecha la captación de agua en puntos de afloramiento no concentrado, nos otorga menores costos en la construcción contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población; al cual adicionándose el tratamiento biológico se puede alcanzar los parámetros PCO establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para

consumo humano” (Ministerio de salud, 2011); por ello la razón de la investigación se centra en determinar y comparar la brecha que existe entre los resultados y los LMP para proponer con bases científicas un tratamiento complementario.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo varían los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 - 2020?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 -2020.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 - 2020.
- Evaluar los parámetros (PCO) de una fuente de agua subterránea sin la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 - 2020.
- Evaluar los parámetros (PCO) de una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 -2020.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

- Mediante la construcción de una galería filtrante se mejorará en más del 80% los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea, en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 - 2020.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- El periodo de construcción de la galería filtrante es menor a 10 días calendarios con una cuadrilla de 01 operario + 05 peones, considerando la “Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural”.
- Los parámetros (PCO) de una fuente de agua subterránea sin la construcción de una galería filtrante no cumplen los límites permisibles en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta - Cajamarca.
- Existirá mejoras de los parámetros físicos en 80% y biológicos en 60% (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta - Cajamarca.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Por su propósito la investigación es aplicada, porque está enfocada a la construcción de galerías filtrantes. Por su profundidad es correlacional ya que analizamos los resultados en función del tiempo y de parámetros validados y estandarizados. Por la naturaleza de los datos es cuantitativa al evaluar los indicadores PCO. Por la manipulación de las variables es no experimental, longitudinal con la toma de muestras de agua antes y después de la construcción de la galería filtrante. Los medios utilizados en la investigación fueron de campo y laboratorio; permitiendo identificar y conocer la calidad del agua en el sector la Pampa – C.P Huambocancha Alta - Cajamarca.

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Los materiales a usar e instrumentos que ayudarán a tener un mejor procesamiento de datos serán según el “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales” (Ministerio de Salud, 2007).

#### 2.2.1. Material.

##### A. Unidad de estudio.

La unidad de estudio es una fuente de agua subterránea cuya ubicación se detalla en el anexo N°01 con coordenadas UTM y en el sistema WGS-84 ubicado por el este 771097.13 y por el norte 9213663.51, que cuenta con un caudal de 0.039 lt/s. Para la evaluación de los parámetros (PCO) durante la época de estiaje y lluvioso, en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta - Cajamarca.

### 2.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección y análisis de datos

#### 2.3.1. Técnicas:

**Muestreo**, ayudará a obtener los resultados emitidos por el laboratorio regional del agua quien analizó los PCO como:

- Coliformes totales.
- Coliformes termo tolerantes.
- Color.
- Turbiedad.
- Residual de desinfectante.
- PH.

**Observación directa,** esta técnica nos permitirá guiarnos para seguir las consideraciones de la “Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural” (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento., 2018)

### 2.3.2. Instrumentos:

**Etiqueta de muestra:** Esta etiqueta sirven para registrar el código del punto de muestreo, origen de la fuente, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, formato establecido por el Laboratorio regional del agua según anexo N°11.

**Envases de recolección de muestras:** Para los parámetros físicos se utilizó frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios y de 1 litro de capacidad; para los parámetros biológicos se utilizó frascos de vidrio y esterilizados de capacidad de 400 ml a temperatura de 4° C indicados en “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”.

**Guantes de látex:** Se utilizó para la toma de muestra y poder evitar la contaminación de las muestras.

**Preservación, conservación y envío de las muestras al laboratorio:** La muestra de agua se conservará en cajas térmicas (coolers) a temperatura 4° C y deberá entregarse al laboratorio en el menor tiempo posible, preferencialmente dentro de las 24 horas

de realizado la muestra indicados en “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”.

### **2.3.3. Procedimiento para la recolección de datos:**

- 1. Identificación de la fuente de agua:** El punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita conocer su ubicación exacta en muestreos futuros. De preferencia, en la determinación de la ubicación se utilizará el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) el mismo que se registrará en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.
- 2. Identificación de la galería filtrante:** Se determina la ubicación, dirección de la galería, profundidad mínima, el caudal específico o de diseño y la longitud de la galería y se procede según “Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural”.
- 3. Muestras recolectadas de la fuente de agua subterránea,** se realiza la toma de muestras según “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”, con un periodo progresivo por un lapso de 6 mes, cada muestra será enviada al Laboratorio regional del agua – Cajamarca para poder conocer los resultados de la fuente de agua subterránea con proyecto y sin proyecto.
- 4. Análisis de los parámetros PCO,** Según el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, se analiza los siguientes parámetros PCO (Parámetros de control obligatorio de consumo humano) de las muestras:
  - Coliformes totales.
  - Coliformes termo tolerantes.
  - Color.
  - Turbiedad.
  - Residual de desinfectante.
  - PH.

## 2.4. Procedimiento

### DETERMINACION DEL CAUDAL DE DISEÑO (Qmd)

#### A. Período de diseño

El período de diseño se determina considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala

Como año cero del proyecto se considera la fecha de inicio de la recolección de información e inicio del proyecto, los períodos de diseño máximos para los sistemas de saneamiento deben ser los siguientes:

Tabla 1

*Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.*

<b>Estructura</b>	<b>Periodo de diseño</b>
<b>Fuente de abastecimiento</b>	20 años
<b>Obra de captación</b>	20 años
<b>Pozos</b>	20 años
<b>Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)</b>	20 años
<b>Reservorio</b>	20 años
<b>Línea de conducción, aducción, impulsión y distribución</b>	20 años
<b>Estación de bomberos</b>	20 años
<b>Equipos de bomberos</b>	20 años
<b>Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)</b>	20 años
<b>Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)</b>	20 años

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

#### B. Población de diseño

Para estimar la población futura o de diseño, se debe aplicar el método aritmético, según la siguiente formula:



## Ecuación 1

*Ecuación para la estimación de población futura o de diseño.*

$$Pd = Pi * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

Pi: Población inicial (habitantes)

Pd: Población futura o de diseño (habitantes)

r: Tasa de crecimiento anual (%)

t: Período de diseño (años)

## C. Dotación

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, su selección depende del tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas sea seleccionada y aprobada bajo los criterios establecidos en el Capítulo IV del presente documento, las dotaciones de agua según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implemente son:

Tabla 2

*Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d).*

Región	Dotación según tipo de opción tecnológico (l/hap/d)	
	Sin arrastre hidráulico (compostera y hoyo seco ventilado)	Con arrastre hidráulico (tanque séptico mejorado)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

#### D. Variaciones de consumo

##### d.1. Consumo máximo diario (Qmd)

Se debe considerar un valor de 1,3 del consumo promedio diario anual, Qp de este modo:

Ecuación 2

*Caudal promedio.*

$$Q_p = \frac{\text{Dot} * P_d}{86400}$$

$$Q_{md} = 1.3 * Q_p$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

Qp: Caudal promedio diario anual en l/s

Qmd: Caudal máximo diario en l/s

Dot: Dotación en l/hab.d

Pd: Población de diseño en habitantes (hab)

#### DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GALERIA FILTRANTE:

Para realizar el diseño de la galería filtrante seguimos paso a paso como nos indica el MDGF (Organización Mundial de la Salud et al., 2002) primeramente, tenemos establecer la ubicación, dirección de la galería, profundidad mínima, el caudal específico o de diseño y la longitud de la galería; se procede al diseño de los elementos que la componen, según lo que se describe a continuación.

##### A. Dimensionamiento del sistema de filtración

Se presentan valores promedio de conductividad hidráulica para diferentes tipos de materiales.

Tabla 3

*Valores de conductividad hidráulica.*

Permeabilidad (m/d)	$10^{-6}$ a $10^{-4}$	$10^{-4}$ a $10^{-2}$	$10^{-2}$ a 1	1 a $10^{2.5}$	$10^{2.5}$ a $10^5$
<b>Calificación</b>	Impermeable	Poco permeable	Poco permeable	Permeable	Muy permeable
<b>Calificación del acuífero</b>	Acuífudo	Acuitardo	Acuífero pobre	Acuífero de regular a bueno	Acuífero excelente
<b>Tipo de material</b>	Arcilla compactada Pizarra Granito	Limo arenoso Lima Arcilla limosa	Arena fina Arena limosa Caliza fracturada	Arena limpia Grava y arena Arena fina	Grava limpia

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Cálculo de la longitud de la zona de filtración (Longitud del Ramal)

Ecuación 3

*Longitud de ramal.*

$$A = \frac{Q}{I} \quad , \quad b = \frac{A}{a}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

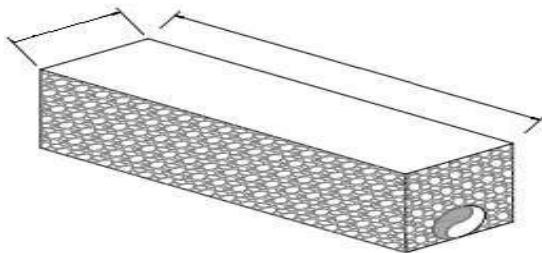


Figura 1: Longitud del sistema de filtración.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

B. Determinación de la lámina de agua

h: altura desde el nivel freático hasta la cresta de la tubería (m)

e: espesor del forro filtrante

Tabla 4

*Espesores de capas.*

Capa N <sup>o</sup>	Espesor m
1	0.10
2	0.10
3	0.20

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

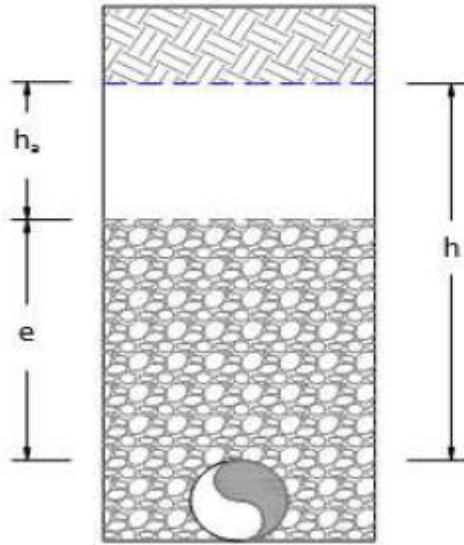


Figura 2: Espesores de capas.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Dimensionamiento de los ramales.

Ecuación 4

*Dimensionamiento de los ramales.*

$$q = 0.17 \frac{Q}{N}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Determinación del número de anillos y orificios por ramal.

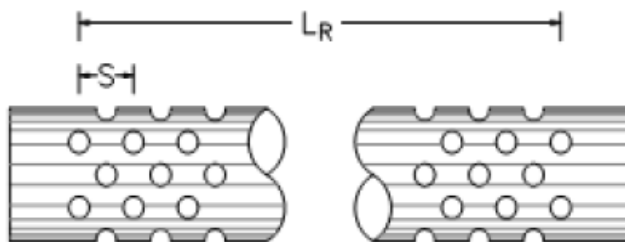


Figura 3: Número de anillos y orificios por ramal.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Número de anillos por ramal

Ecuación 5

*Número de anillos por ramal.*

$$N_A = \frac{L_R}{S}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Determinación del área abierta por ramal área por orificio

Ecuación 6

*Área por orificio.*

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

Do: diámetro de los orificios (mm)

➤ Cálculo del área total de los orificios

Ecuación 7

*Área total de orificios.*

$$A_{TO} = N_o \cdot A_o$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Verificación de la velocidad del agua a través de las aberturas (valor entre 2.50cm/s -10.00cm/s).

Ecuación 8

*Velocidad del agua.*

$$V_e = \frac{q}{C \cdot A_{TO}}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Determinación de las pérdidas por lecho filtrante.

Ecuación 9:

*Perdida por el lecho filtrante.*

$$h_f = \frac{0.00608 \cdot l \cdot e}{\phi^2}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Tabla 5

*Perdidas por el lecho filtrante*

$\varnothing$ del material (pulg)	$\varnothing$ del material (mm)	Espesor de la capa (m)	Perdidas hf (m)
1/8	3.18	0.1	0.0689
3/8	9.53	0.1	0.0078
1	25.4	0.2	0.0022
			0.0797

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Determinación de las pérdidas en el conducto principal.

Ecuación 10

*Pérdida en el conducto principal.*

$$h_p = \frac{L_p \cdot S_p}{3}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

L<sub>p</sub>: longitud del conductor principal (m)

S<sub>p</sub>: pendiente del conductor principal (m)

➤ Determinación de las pérdidas en el ramal.

Ecuación 11:

*Pérdida en el ramal.*

$$h_r = \frac{L_r \cdot S_r}{3}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

L<sub>r</sub>: longitud del ramal (m)

S<sub>r</sub>: pendiente del ramal (m)

➤ Determinación de la pérdida total.

Ecuación 12:

*Pérdida total.*

$$H = h_f + h_p + h_r$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

➤ Carga sobre la tubería de conducción.

Ecuación 13:

*Carga sobre la tubería de conducción.*

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$h = \left(\frac{Q}{C \cdot A}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g}$$

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Donde:

D: diámetro de la tubería de rebose (pulg)

Q: caudal de diseño (l/s)

C: coeficiente de descarga.

## 2.5. Proceso constructivo de la galería filtrante

Los estudios realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte fueron tomados de la mejor forma siguiendo los formatos establecidos para tener un diseño óptimo para la elaboración y fabricación de las galerías de infiltración; y así poder tomar nuestras muestras para analizar los parámetros (PCO) del agua con y sin la galería de infiltración y así poder determinar las mejoraron del agua para consumo humano.

### 2.6.1. Diseño de la Galería Filtrante:

A. Determinar el caudal de Diseño (Qmd):

Periodo de diseño	= 20 años
Tasa de crecimiento anual	= 1.63 % para Cajamarca
Número de familias	= 8
Número de personas por familia	= 5

Población actual	= 40 habitantes
Población futura	= 53 habitantes
Dotación	= 50 l/p/d
Coefficiente de variación diaria (K1)	= 1.3
Caudal medio (o promedio)	= 0.031 l/s
Caudal máximo diario	= 0.040 l/s

Tabla 6

*Criterios de estandarización de componentes hidráulicos*

Item	Componente hidráulico	Criterio principal	Criterio secundario	Descripción
1	Barraje fijo son canal de derivación			Para un caudal máximo diario
2	Barraje fijo con canal de derivación			"Qmd" menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un
3	Balsa flotante	Qmd(l/s) = (menor a 0.50) o (>0.50 - 1.00) o (>1.00 - 1.50)	Población final y dotación	"Qmd" mayor a 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
4	Caisson			
5	Manantial de ladera			
6	Manantial de fondo			
7	Galería filtrante			

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Caudal máximo diario = **0.50 l/s**

B. Determinar el sistema de filtración:

Tabla 7

*Conductividad hidráulica*

Permeabilidad (m/d)	$10^{-6}$ a $10^{-4}$	$10^{-4}$ a $10^{-2}$	$10^{-2}$ a 1	1 a $10^{2.5}$	$10^{2.5}$ a $10^5$
<b>Calificación</b>	Impermeable	Poco permeable	Poco permeable	Permeable	Muy permeable
<b>Calificación del Acuífero</b>	Acuífudo	Acuitardo	Acuífero pobre	Acuífero de regular a bueno	Acuífero excelente
<b>Tipo de Material</b>	Arcilla compactada Pizarra Granito	Limo arenoso Lima Arcilla limosa	Arena fina Arena limosa Caliza fracturada	Arena limpia Grava y arena Arena fina	Grava limpia

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Transmisibilidad T Rango <5,40> m<sup>3</sup>/día/m Dato que se obtiene

de campo a través de perforaciones de pozos para nuestro caso se considera: 10 m<sup>3</sup>/día/m

$$T = 0.05787 \text{ l/s/m}$$

Pendiente del Acuífero (S) S = 3% Rango por ciento <1,5>

Longitud de la galería filtrante (L) Qmd/T



Longitud de la zona de filtración (Longitud Principal)

$$L_p = 8.64 \text{ m}$$

$$L_p = 2.5 \text{ m} \quad \text{Se considera}$$

Conductividad hidráulica:

$$I = 0.001 \text{ m/s}$$

Longitud de la zona de filtración (Longitud del ramal)

$$L_R = 2.00 \text{ m}$$

$$A = \frac{Q}{I}$$

$$A = 0.43 \text{ m}^2$$

$$b = \frac{A}{a}$$

$$b = 0.22 \text{ m}$$

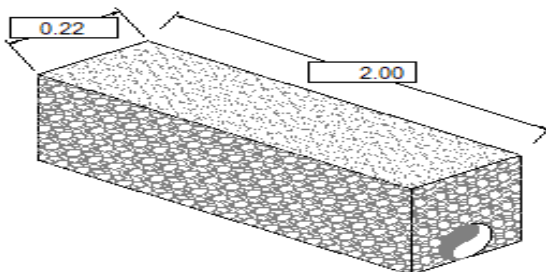


Figura 4: Longitud del sistema filtrante.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

### C. Determinación de la lámina de agua:

Altura desde el nivel freático hasta la cresta de la tubería

$$h = 0.90 \text{ m}$$

Espesor del forro filtrante

$$e = 0.40 \text{ m}$$

Tabla 8

*Espesores de capas.*

Capa N°	Espesor m
1	0.10
2	0.10
3	0.20

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

$$h_a = h - e$$

$$h_a = 0.50 \text{ m}$$

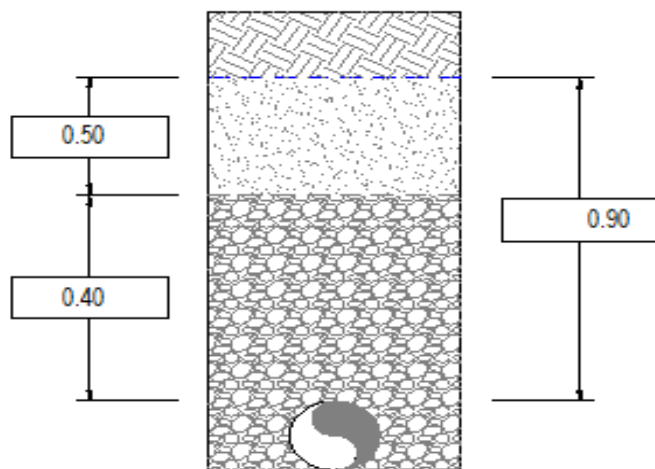


Figura 5: Espesor de las capas.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

#### D. Dimensionamiento del conducto principal:

Diámetro del conducto múltiple recolector

$$D_p = 101.60 \text{ mm} \quad (\text{Recomendado como mínimo})$$

Pendiente

$$S_p = 3.00 \%$$

Rugosidad

$$n = 0.010 \quad (\text{Tubería de PVC})$$

**Utilizando “H – Canales”**

Velocidad de escurrimiento (entre 0.60 m/s – 0.90 m/s)

$$V_p = 0.74 \text{ m/s}$$

Tirante (menor a 50%)

$$Y_p = 0.014 \text{ m}$$

$$Y_p / D_p = 13.88 \% \quad \text{OK}$$

E. Dimensiones de los ramales:

Diámetro de los conductores secundarios

$$DR = 101.60 \text{ mm}$$

Pendiente

$$SR = 3.00 \%$$

Rugosidad

$$n = 0.010$$

Número de ramales

$$N = 1 \text{ und}$$

Caudal por cada ramal

$$q = 0.17 \frac{Q}{N}$$

$$q = 0.042 \text{ lps}$$

**Utilizando “H – Canales”**

Velocidad de escurrimiento (entre 0.60 m/s – 0.90 m/s)

$$V_p = 0.74 \text{ m/s}$$

Tirante (menor a 50%)

$$Y_p = 0.014 \text{ m}$$

$$Y_p / D_p = 13.88 \% \quad \text{OK}$$

F. Determinación del número de los anillos y orificios por ramal

Longitud de los ramales

$$LR = 2.00 \text{ m}$$

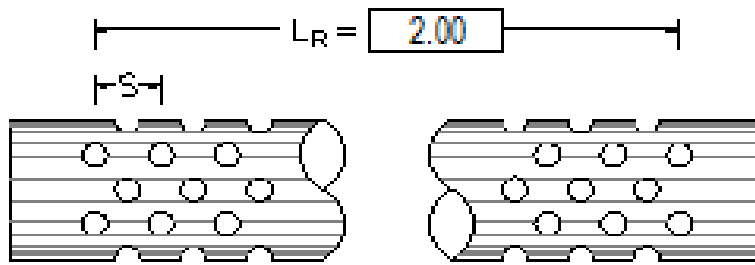


Figura 6: Longitud del ramal.

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

Separación entre anillos

$$S = 15.00 \text{ mm (Recomendado)}$$

Número de orificios por anillos

$$N_{OA} = 2.00 \text{ und}$$

Número de anillos por ramal

$$N_A = \frac{L_R}{S}$$

$$N_A = 133.00 \text{ und}$$

Número de orificios por ramal

$$N_o = N^{\circ} \text{anillos} \cdot N^{\circ} \text{orificios por anillo}$$

$$N_o = 133 \times 2$$

$$N_o = 266.00 \text{ und}$$

G. Determinación del área abierta por ramal

Diámetro de los orificios

$$D_o = 5.00 \text{ mm}$$

Área por orificio

$$A_o = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

$$A_o = 0.00002 \text{ und}$$

Área total de los orificios

$$A_{TO} = N_o \cdot A_o$$

$$A_{TO} = 0.00262 \text{ m}^2$$

Verificación de la velocidad del agua a través de la abertura (valor entre 2.50cm/s - 10.00cm/s)

Caudal por cada ramal

$$q = 0.09 \text{ lps}$$

Coefficiente de contracción

$$C = 0.55$$

$$V_e = \frac{q}{C \cdot A_{TO}}$$

$$V_e = 2.95 \text{ cm/s OK}$$

#### H. Determinación de las pérdidas por lecho filtrante

Tabla 9

*Perdidas por el lecho filtrante*

$\varnothing$ del material (pulg)	$\varnothing$ del material (mm)	Espesor de la capa (m)	Perdidas hf (m)
1/8	3.18	0.1	0.0689
3/8	9.53	0.1	0.0078
1	25.4	0.2	0.0022
			0.0797

Fuente: Norma técnica de diseño opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

#### I. Determinación de las pérdidas en el conducto principal

Longitud del conducto principal

$$L_p = 2.50 \text{ m}$$

Pendiente del conducto principal

$$S_p = 3.00 \%$$

$$h_p = \frac{L_p \cdot S_p}{3}$$

$$h_p = 0.08 \text{ m}$$

J. Determinación de las pérdidas en el ramal

Longitud de ramal

$$L_R = 2.00 \text{ m}$$

Pendiente del conducto principal

$$S_R = 3.00 \%$$

$$h_r = \frac{L_r \cdot S_r}{3}$$

$$h_r = 0.02 \text{ m}$$

K. Determinación de la pérdida total

$$H = h_f + h_p + h_r$$

$$H = 0.1747 \text{ m}$$

L. Carga sobre la tubería de conducción

Caudal de diseño

$$Q = 0.50 \text{ lps}$$

Diámetro de la tubería de salida

$$D = 2 \text{ plg}$$

Coefficiente de descarga

$$C = 0.61$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = 0.2467 \text{ m/s}$$

$$h = \left(\frac{Q}{C \cdot A}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g} = 0.01 \text{ m}$$

## 2.6.2. Construcción de la Galería Filtrante:

### A. Excavación manual:

Se refiere al corte y extracción del material existen, en forma manual en la zona de trabajo donde se encuentra el acuífero. El nivel de excavación a realizarse será de 1.20 m de profundidad.



*Figura 7:* Excavación manual de la galería filtrante.

### B. Eliminación de material excedente manual:

Se refiere al retiro del corte del material existente de las diferentes etapas de la construcción, retiro del material excedente de corte y material de desmonte generado por otros conceptos, cargado de forma manual debido a espacios reducidos u otros factores



*Figura 8:* Eliminación de material.



C. Perforación de Tubería PVC diámetro de 4”:

Se realizó la perforación de la tubería pvc de diámetro de 4” a una distancia equitativa de 15mm con un diámetro de orificio de 5 mm.



*Figura 9:*Perforación de la tubería.

D. Colocación de la Tubería:

Se refiere a la instalación y colocación adecuada de los ramales estratégicamente para mayor captación del acuífero.



*Figura 10:*Colocación de la tubería.



E. Colocación con over 3" a 4":

Se refiere a la colocación de over cuidadosamente alrededor de la tubería de 4" en un espesor  $e = 0.20$  cm evitando abolladuras y roturas de dicha tubería, las piedras de río de 4" se colocarán de forma cuidadosa evitando cubrir los orificios de 5mm de la tubería.



Figura 11: Colocación de over 3" a 4"

F. Colocación piedra de río de 1" a 2":

Se refiere a la colocación de piedra de río de 1" a 2" de un espesor  $e = 20$  cuidadosamente dándole un desnivel de 3% y ubicándolas de tal forma nivelada y continua.



Figura 12: Colocación de piedra de río 1" a 2"



G. Protección del filtro con el material propio:

Se refiere a la colocación y al relleno con material propio, en primera instancia se coloca un plástico para la protección del filtro.



*Figura 13:* Relleno con material propio.

H. Construcción de caja de registro:

Se realizó la construcción de la caja de registro para la toma de muestras.



*Figura 14:* Caja de registro.

I. Finalización de la construcción de la galería filtrante:

Se terminó el proceso constructivo.



Figura 15: Finalización del proceso constructivo.

J. Toma de muestras en la caja de registro:

Se realizó la toma de muestras según las siguientes consideraciones generales mencionadas en el “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales”, (Ministerio de Salud, 2007) las cuales se mencionan a continuación:

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.



- Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identifique cada frasco (etiquetado).
- La indumentaria de protección del personal que realizará el muestreo deberá estar constituido por chaleco, pantalón, gorra, casaca (zona sierra), guantes de jebe y quirúrgico.

Los protocolos mencionados se siguieron en la toma de muestras antes de la construcción y finalizado la construcción.



Figura 16: Toma de muestras.

### 2.6.3. Aspectos Éticos: mencionar los anexos - permisos – resultados del laboratorio.

- Respecto a los aspectos éticos, debemos salvaguarda en primer lugar, la propiedad intelectual de los autores, respecto a las teorías y conocimientos diversos; citándolos apropiadamente y precisando las fuentes bibliográficas.
- En segundo lugar, se hace referencia a que se cuenta con la autorización para el uso del terreno en el cual se desarrolló la investigación, siendo esta aceptada y firmada en términos consciente y voluntario por parte del dueño de la propiedad.

La autorización mencionada se encuentra en el ANEXO N° 15 Autorización de uso de terreno para estudio de tesis.

- En tercer lugar, se hace referencia a que los análisis de las muestras fueron realizados por en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, la cual es una entidad acredita y certificada para realizar este tipo de trabajos. Lo estipulado anteriormente se encuentra en los ANEXOS N° 12, 13 y 14 denominado Resultados del laboratorio regional del agua.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Parámetros Seleccionados.

Para poder evaluar los resultados obtenidos en campo se procede a comparar los LMP (Límites Máximo Permisible) establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, con los resultados de la fuente de agua subterránea sin la galería filtrante y con la galería filtrante. Para poder realizar estos estudios se seleccionarán los siguientes parámetros.

Tabla 10

*Parámetros seleccionados.*

Parámetros	Unidad de medida	Tipo de parámetro
<b>Coliformes totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	Bacteriológico
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	Bacteriológico
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	Físico
<b>Turbiedad</b>	UNT	Físico
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	Químico
<b>Ph</b>	Valor PH	Químico

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

### 3.2. Límites máximos permisibles (LMP)

Los resultados de la muestra de agua se pueden comparar con los LMP (Límites Máximo Permisible) para agua apta para consumo humano.

Tabla 11

*Límites máximos permisibles de los parámetros*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible (LMP)
<b>Coliformes totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	0 (*)
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	0 (*)
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	15
<b>Turbiedad</b>	UNT	5
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	250
<b>Ph</b>	Valor PH	6.5 - 8.5

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

### 3.3. Resultados de la fuente de agua subterránea sin la construcción de la galería

#### filtrante

Según el anexo N° 12 que respalda la toma de la muestra N° 01 de la fuente de agua subterránea sin la construcción de la galería filtrante y los resultados obtenidos fueron tomados el 05 de diciembre del 2019 y son los siguientes:

Tabla 12

*Resultados de la muestra N°01.*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados obtenidos	(LMP)
<b>Coliformes totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	16x10 <sup>3</sup>	0
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	350	0
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	12.3	15
<b>Turbiedad</b>	UNT	17.08	5
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	0	250
<b>Ph</b>	Valor PH	7.38	6.5 a 8.5

Fuente: Anexo N°12 Resultados del laboratorio regional del agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la toma de muestra de la fuente de agua subterránea en la muestra N° 01 sin la construcción de la galería filtrante se realiza la comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, se puede observar que los coliformes totales y coliformes termo tolerantes son muy elevados con respecto a los LMP; por lo que, se tiene que realizar desinfección del agua, además se observa que la turbiedad es 3.4 veces de lo permitido, los demás parámetros se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.

### 3.4. Resultados de la fuente de agua subterránea con la construcción de una galería

#### filtrante

Se realizó el análisis de los parámetros de control obligatorio para el consumo humano de una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante.

### 3.4.1. Resultados de la muestra N° 02:

Según el anexo N° 12 que respalda la toma de la muestra N° 02 de la fuente de agua subterránea con la construcción de la galería filtrante y los resultados obtenidos fueron tomados el 13 de diciembre del 2019 y son los siguientes:

Tabla 13

*Resultados de la muestra N°02.*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados obtenidos	(LMP)
<b>Coliformes totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	17X10 <sup>2</sup>	0
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	920	0
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	7.4	15
<b>Turbiedad</b>	UNT	14.18	5
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	<LCM	250
<b>Ph</b>	Valor PH	7.57	6.5 a 8.5

Fuente: Anexo N°12 Resultados del laboratorio regional del agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la toma de muestra N° 02 a 2 días de poner en marcha la galería filtrante, se realiza la comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, se puede observar que los coliformes totales han disminuido en un 89.4% y los coliformes termo tolerantes han incrementado en un 2.6% con la incorporación de la galería pero sin cumplir al 100% los LPM ; por lo que, se tiene que realizar desinfección del agua, además se observa que la turbiedad es 2.8 veces más de lo permitido pero ha disminuido considerablemente con la incorporación de la galería, entonces se puede decir que el agua no es apta para el consumo humano y que se tiene que realizar una desinfección. Los demás parámetros se encuentran dentro de los Límites Máximos.



### 3.4.2. Resultados de la muestra N° 03:

Según el anexo N° 13 que respalda la toma de la muestra N° 03 de la fuente de agua subterránea con la construcción de la galería filtrante y los resultados fueron tomados el 06 de enero del 2020 y son los siguientes:

Tabla 14

*Resultados de la muestra N°03.*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados obtenidos	(LMP)
<b>Coliformes totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	20	0
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	<1.8	0
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	<LCM	15
<b>Turbiedad</b>	UNT	0.64	5
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	<LCM	250
<b>Ph</b>	Valor PH	7.48	6.5 a 8.5

Fuente: Anexo N°13 Resultados del laboratorio regional del agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la toma de muestra N° 03 a 26 días de poner en marcha la galería filtrante, se realiza la comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, se puede observar que los coliformes totales han disminuido en un 99.8%, entonces se puede decir que el agua no es aún apta para el consumo humano y que se tiene que realizar una desinfección. Los demás parámetros se encuentran dentro de los Límites Máximos.

### 3.4.3. Resultados de la muestra N° 04:

Según el anexo N° 14 que respalda la muestra N° 04 de la fuente de agua subterránea con la construcción de la galería filtrante y los resultados fueron tomados el 06 de julio del 2020 y son los siguientes:

Tabla 15

*Resultados de la muestra N°04.*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados obtenidos	(Imp)
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/100 MI a 35°C	350	0
<b>Coliformes termo tolerantes</b>	UFC/100 MI a 44.5°C	6.8	0
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	<LCM	15
<b>Turbiedad</b>	UNT	0.37	5
<b>Residual de desinfectante</b>	Mg Cl L-1	<LCM	250
<b>PH</b>	Valor PH	7.43	6.5 a 8.5

Fuente: Anexo N°14 Resultados del laboratorio regional del agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la toma de muestra N° 04 a 208 días de poner en marcha la galería filtrante, se realiza la comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, se puede observar que los coliformes totales han disminuido en un 97.8% y los coliformes termo tolerantes han disminuido 98% con la incorporación de la galería pero sin cumplir al 100% los LPM, entonces se puede decir que el agua no es apta para el consumo humano y que se tiene que realizar una desinfección. Los demás parámetros se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.

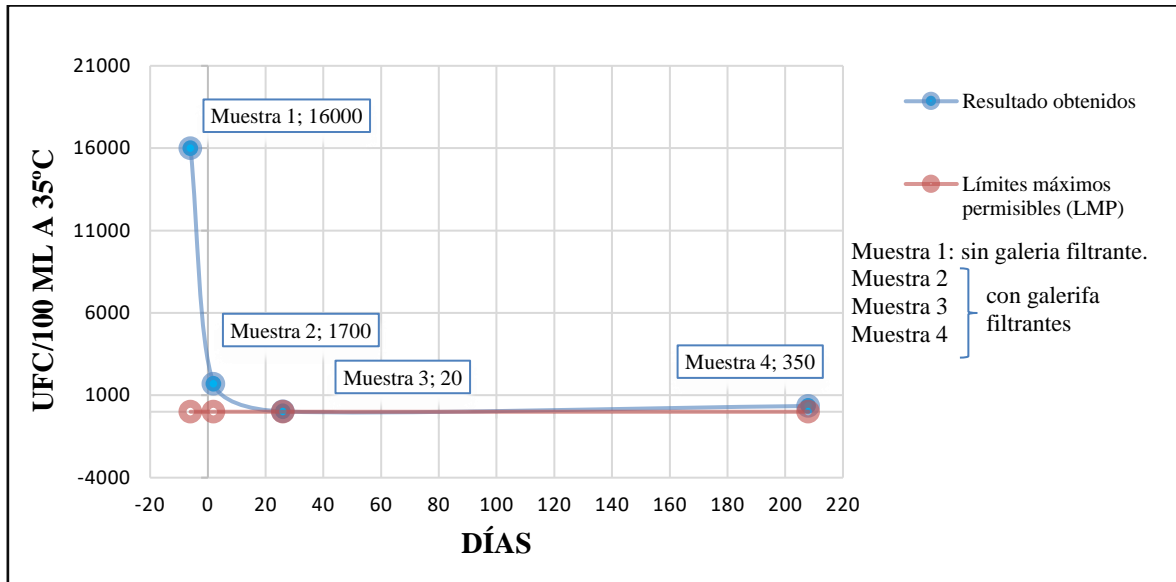
### **3.5. Resultados de la fuente de agua subterránea comparando con los Límites Máximos Permisibles (LMP).**

Para evaluar y comprar los resultados obtenidos en campo de la fuente de agua subterránea se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el “Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano” con los LMP.

### 3.5.1. Parámetro Coliformes totales:

Gráfico 1:

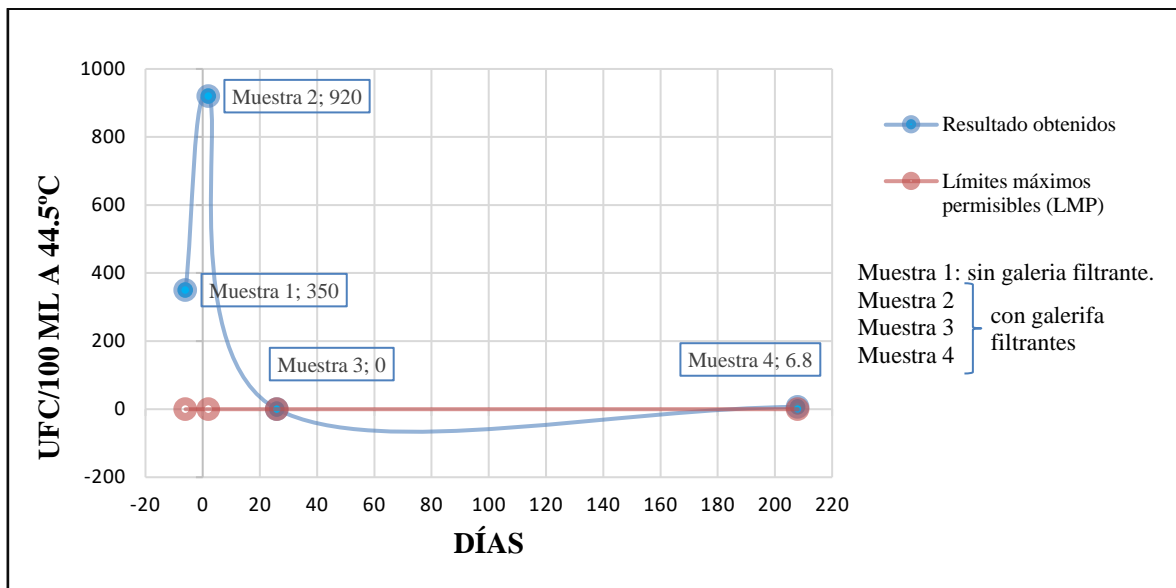
Resultados parámetro coliformes totales.



### 3.5.2. Parámetro Coliformes termo tolerantes:

Gráfico 2:

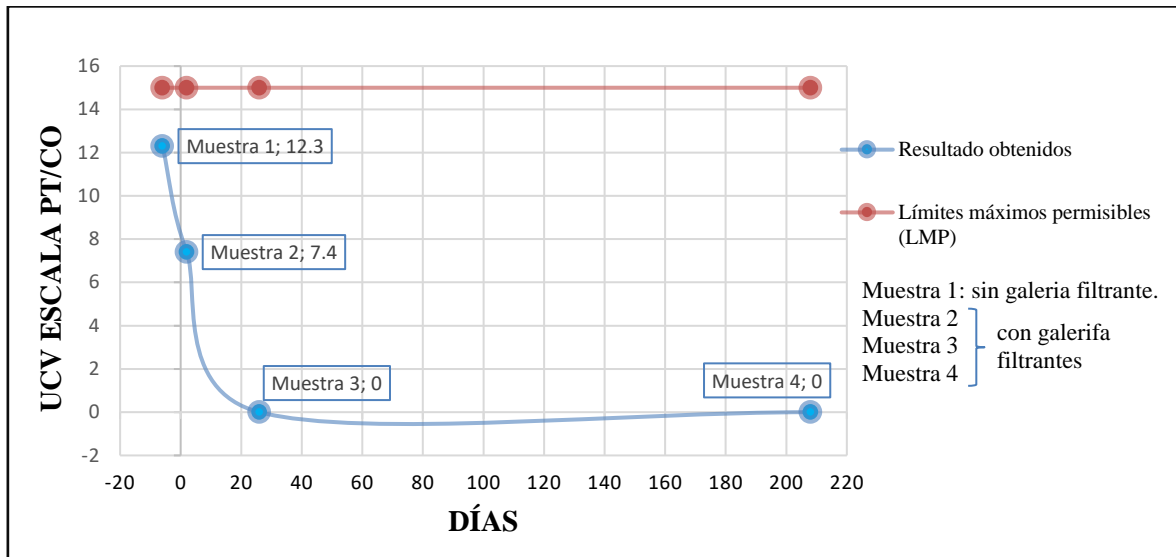
Resultados parámetro coliformes termo tolerantes.



### 3.5.3. Parámetro Color:

Gráfico 3:

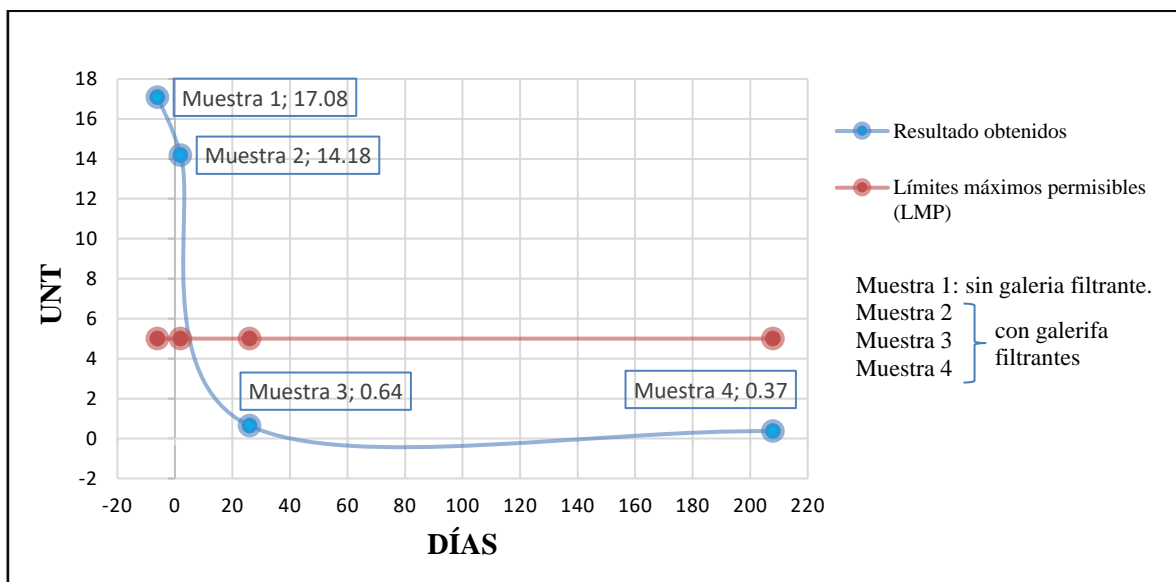
Resultados parámetro color.



### 3.5.4. Parámetro Turbiedad:

Gráfico 4:

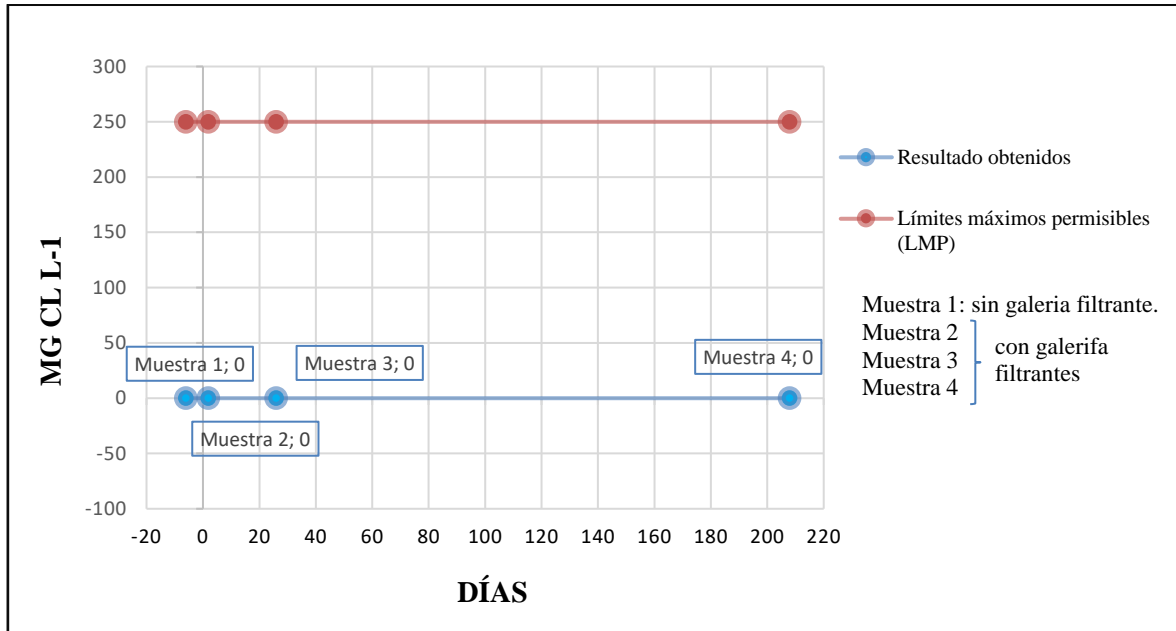
Resultados parámetro turbiedad.



### 3.5.5. Parámetro Residual de Desinfectante:

Gráfico 5:

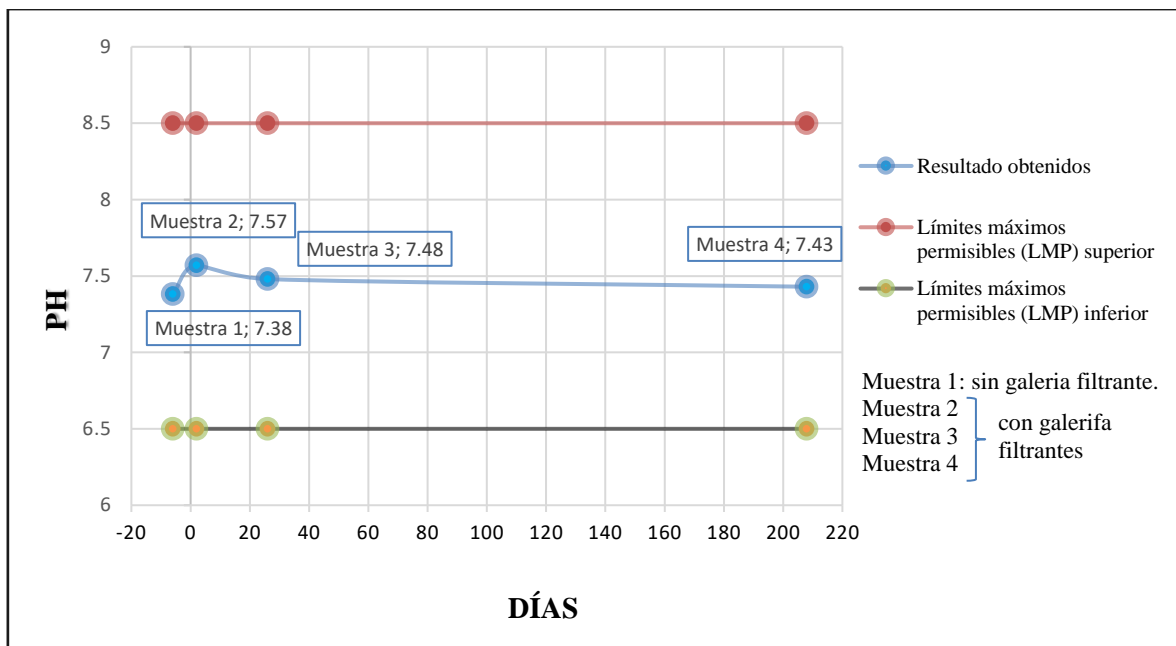
*Resultados parámetro residual de desinfectante.*



### 3.5.6. Parámetro de Grado de Acides o Alcalinidad:

Gráfico 6:

*Resultados parámetro de acides o alcalinidad (ph).*



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Limitaciones.

- Dentro de las limitaciones en la investigación se ha tenido: desde el aspecto económico el costo elevado de análisis de las muestras de agua en un laboratorio certificado; escaso personal calificado o con experiencia para la construcción de la galería filtrante; finalmente en la toma de muestras fue la contaminación que podría surgir por la falta de protección a la fuente de agua (no contemplado en la guía).

### 4.2. Discusión.

- Según Chulluncuy (2011) en su investigación titulada: “Tratamiento de agua para consumo humano”, quien concluyo que los filtros tienen una eficiencia de remoción superior al 99%; y al evaluar los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 -2020, los resultados obtenidos en las tablas N° 13, 14 y 15 sobre la efectividad de la galería filtrante mejorando 89.4%, 99.8% y 97.8% respectivamente la calidad del agua, datos que al ser comparados con estos resultados se afirma que la construcción de la galería filtrante mejora la calidad del agua en un 98% promedio, observándose que los resultados son similares en la mejora de la calidad del agua.
- Bardales (2012) en su tesis titulada: “Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable para Végueta: diseño y proceso constructivo de las galerías filtrantes”, quien concluyo que el agua captada a través de galerías filtrantes no requiere un tratamiento o proceso de clarificación sofisticado, sólo es necesario desinfectarla antes de su distribución, luego de analizar los

parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 -2020, los resultados de la tabla N°14 y 15 nos demuestran que la galería filtrante mejora la calidad de agua en un 98% pero sin cumplir al 100% los LMP, entonces se puede decir que el agua no es apta para el consumo humano, esto implicaría realizar una desinfección o cloración adicional afirmando los resultados obtenidos por Bardales.

### **4.3. Implicancias**

- En las implicancias de la investigación encontramos a la construcción de la galería filtrante como una técnica viable, económica y accesible para mejorar la calidad del agua con la implementando del tratamiento biológico (cloración o desinfección), la cual debe contemplar la construcción de un cerco perimétrico para evitar la contaminación de la fuente de agua y la conservación de la galería filtrante. Queda en las manos de otros investigadores complementar el tratamiento biológico con otras propuestas innovadoras.

### **4.4. Conclusiones**

- Al evaluar los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 -2020) se mejoró un 98% en promedio; teniendo una tendencia a incrementarse con respecto al tiempo, con este resultado obtenido se puede concluir que la incorporación de la galería filtrante ha mejorado la calidad del agua de una manera notoria, sin embargo aún no es apta para el consumo humano y que se tiene que realizar una desinfección.
- Se realizó la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca 2019 – 2020 siguiendo el

procedimiento de construcción que indica la “Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural” (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento., 2018) en un periodo de 06 días calendario, donde se utilizó una cuadrilla de 01 operario + 05 peones.

- Al evaluar los parámetros (PCO) de una fuente de agua subterránea sin la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca los resultados obtenidos son (Turbiedad = 17.08 NTU, PH = 7.38 pH, Color verdadero = 12.3 UC, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales =  $16 \times 10^3$  NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = 350 NMP/ 100ml) se puede observar que los coliformes totales y coliformes termo tolerantes son muy elevados con respecto a los LMP; por lo que, se tiene que realizar desinfección del agua, además se observa que la turbiedad es 3.4 veces de lo permitido, entonces se puede concluir que el agua no es apta para el consumo humano y que se tiene que realizar una filtración y desinfección.
- Al evaluar los parámetros (PCO) de una fuente de agua subterránea con la construcción de una galería filtrante en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca se obtuvo los siguientes resultados:
  - a) La primera prueba extraído a los 2 días de haber puesto en marcha la galería filtrante se obtuvo (Turbiedad = 14.18 NTU, PH = 7.57 pH, Color verdadero = 7.4 UC, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales =  $17 \times 10^2$  NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = 920 NMP/ 100ml). Se puede concluir que a los 2 días de funcionamiento ha disminuido en un 10% las propiedades físicas y biológicas de la fuente, que al ser comparados con los LMP (Turbiedad = -2.90 NTU, PH = +0.19 pH, Color verdadero = -4.9 UC, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales = -14.3 x 10<sup>2</sup> NMP/ 100ml, Coliformes



- termo tolerantes = +570 NMP/ 100ml), obteniéndola en un mínimo para el consumo humano, pero con tratamiento de desinfección menor del agua.
- b) La segunda prueba extraído a los 26 días de haber puesto en marca la galería filtrante se obtuvo (Turbiedad = 0.64 NTU, PH = 7.48 pH, Color verdadero = <LCM, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales = 20 NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = <1.8 NMP/ 100ml). Se puede concluir que a los 26 días de funcionamiento ha disminuido en un 98% las propiedades físicas y biológicas de la fuente, que al ser comparados con los LMP (Turbiedad = -16.44 NTU, PH = +0.10 pH, Color verdadero = -12.3 UC, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales = -15.98 x 10<sup>3</sup> NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = -350 NMP/ 100ml), obteniéndola esta prueba más apta para el consumo humano, pero con tratamiento de desinfección para poder llegar a un 100 %.
- c) La tercera prueba extraído a los 208 días de haber puesto en marca la galería filtrante se obtuvo (Turbiedad <LCM NTU, PH = 7.4 pH, Color verdadero = <LCM, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales = 350 NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = <6.8 NMP/ 100ml). Se puede concluir que a los 208 días de funcionamiento ha disminuido en un 97% las propiedades físicas y biológicas de la fuente, que al ser comparados con los LMP (Turbiedad = -17.08 NTU, PH = +0.02 pH, Color verdadero = -12.3 UC, Cloro residual = <LCM, Coliformes totales = -15.65 x 10<sup>3</sup> NMP/ 100ml, Coliformes termo tolerantes = -343.2 NMP/ 100ml), disminuyó el porcentaje ya que no se cuenta con un cerco perimétrico y se observó ganado vacuno en la zona aledaña del estudio lo que podría provocar una posible contaminación.

## REFERENCIAS

- Agüero, R. (2003). *Agua potable para poblaciones rurales*. (Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento Lima- Perú) Recuperado de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>.
- Bardales, W. O. (2012). *Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable para Végueta: Diseño y proceso constructivo de las galerías filtrantes* (Tesis de la Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Civil - Lima) Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/15395>.
- Chulluncuy, N. C. (2011). *Tratamiento de agua para consumo. pag 169*. (Articula de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima – Perú) Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428495008>.
- INRENA. (2013). *Instituto Nacional de Recursos Naturales. Cajamarca*. Recuperado de <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/fuente-informacion/instituto-nacional-recursos-naturales-inrena>
- INS. (2017). *Instituto nacional de salud*. (Ministerio de salud) Recuperado de <https://web.ins.gob.pe/>.
- Jara, W. (2018). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando captaciones subsuperficiales – galerías filtrantes del distrito de Pomahuaca – Jaén – Cajamarca*. (Tesis de universidad católica Santo Toribio De Mogrovejo facultad de Ingeniería - Chichayo). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1162>.
- Ministerio de Salud. (2007). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. (Dirección de ecología y protección del ambiente área de protección de los recursos hídricos Lima – 2007) Recuperado de

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/protocolo-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales-\(continentales\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/protocolo-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales-(continentales).pdf).

Ministerio de salud. (2011). *Reglamento de calidad del agua para consumo humano*. (Dirección general de salud ambiental ministerio de salud Lima – Perú 2011) Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf).

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2018). *Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. (Dirección general de políticas y regulación en construcción y saneamiento) Recuperado de [https://ecovidaconsultores.com/wp-content/uploads/2018/05/RM-192-2018-vivienda-tecnol% c3%93gicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-% c3%81mbito-rural.pdf](https://ecovidaconsultores.com/wp-content/uploads/2018/05/RM-192-2018-vivienda-tecnol%c3%93gicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-%c3%81mbito-rural.pdf).

MINSA. (2017). *Ministerio nacional de la salud*. Recuperado de <https://www.gob.pe/minsa/>  
Montes, R., Romero, A. T., Solís, C., Rivera, M. G., & Zamorano, S. (2011). *Las galerías filtrantes del Alto Lerma. pag 459*. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v11n36/v11n36a7.pdf>

OMS. (2017). *Organización mundial de la salud*. Recuperado de <https://www.who.int/es>  
Organizacion Mundial de la Salud et al. (2002). *Manual de diseño de galería filtrante*. (Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural Lima, Perú.). Recuperado de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CEPIS%202002.%20Manual%20de%20dise%C3%B1o%20de%20galerias%20filtrantes.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPIS%202002.%20Manual%20de%20dise%C3%B1o%20de%20galerias%20filtrantes.pdf).

Sanchez, J. A., & Álvarez , T. & los miembros de la Universidad Autónoma de Yucatán

México (2016). *Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo,*

*Mexico. pag 93. Recuperado de*

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-)

[24222016000400075.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000400075)

SEDAPAL. (2010). *Servicio de agua potable y alcantarillado en Lima.* Recuperado de

<https://www.sedapal.com.pe/>

## ANEXOS

### A. Anexo N° 01 Obtención de Caudal:

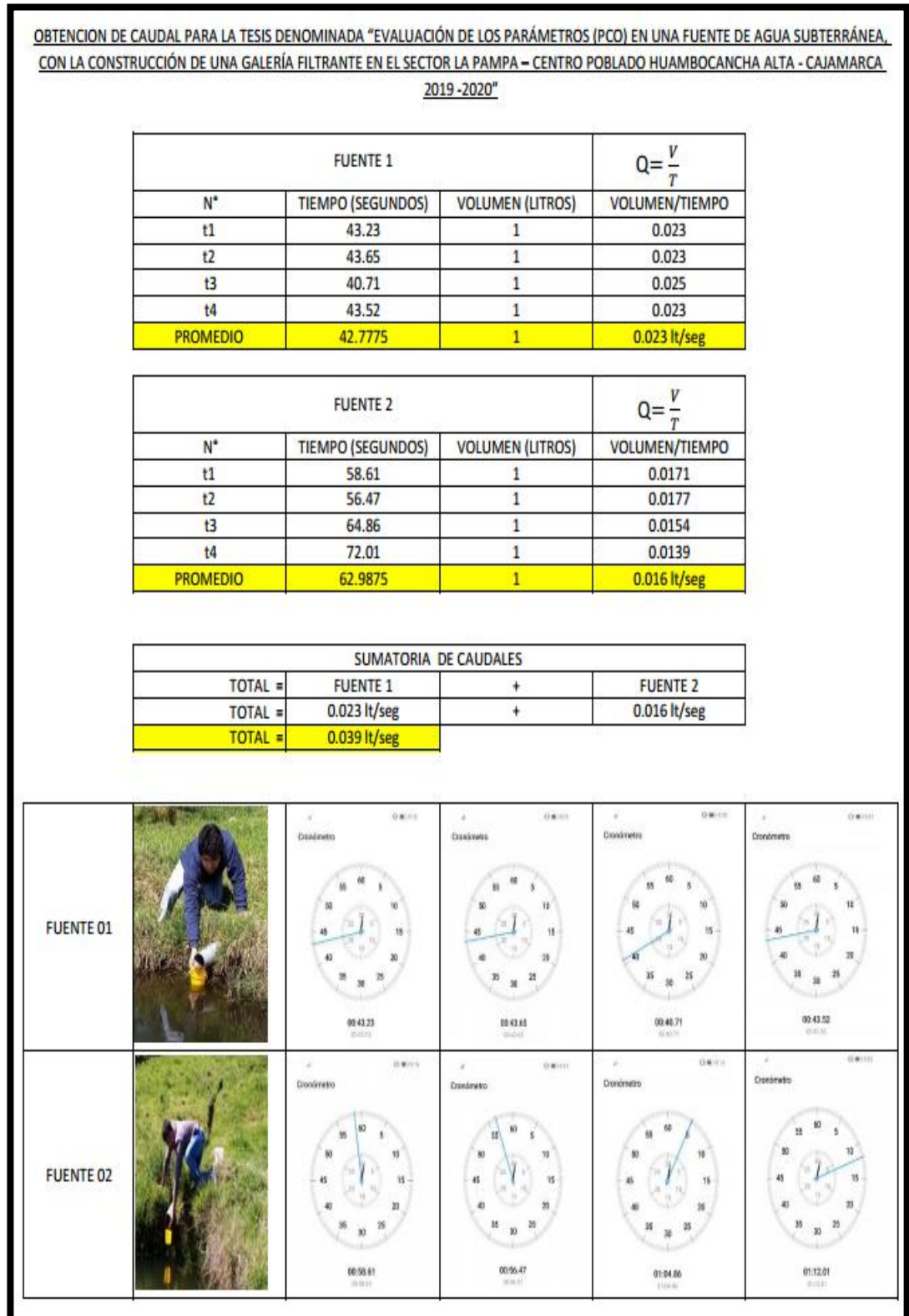


Figura 17: Obtención de caudal de las fuentes.



**B. Anexo N° 02 Excavación Manual:**



*Figura 18:* Excavación manual de la galería filtrante.

**C. Anexo N° 03 Eliminación de material excedente manual:**



*Figura 19:* Eliminación de material.



**D. Anexo N° 04 Perforación de Tubería PVC diámetro de 4”:**



*Figura 20:* Perforación de la tubería.

**E. Anexo N° 05 Colocación de la Tubería:**



*Figura 21:* Colocación de la tubería.



**F. Anexo N° 06 Colocación con over 3” a 4”:**



*Figura 22:* Colocación de over 3” a 4”.

**G. Anexo N° 07 Colocación piedra de rio de 1” a 2”:**



*Figura 23:* Colocación de piedra de rio 1” a 2”.



#### H. Anexo N° 08 Relleno con material propio:



*Figura 24:* Relleno con material propio.

#### I. Anexo N° 09 Construcción de caja de registro:



*Figura 25:* Construcción de caja de registro.



**J. Anexo N° 10 Finalización constructiva:**



Figura 26: Finalización de la construcción.

**K. Anexo N° 11 Toma de muestras en la caja de registro:**

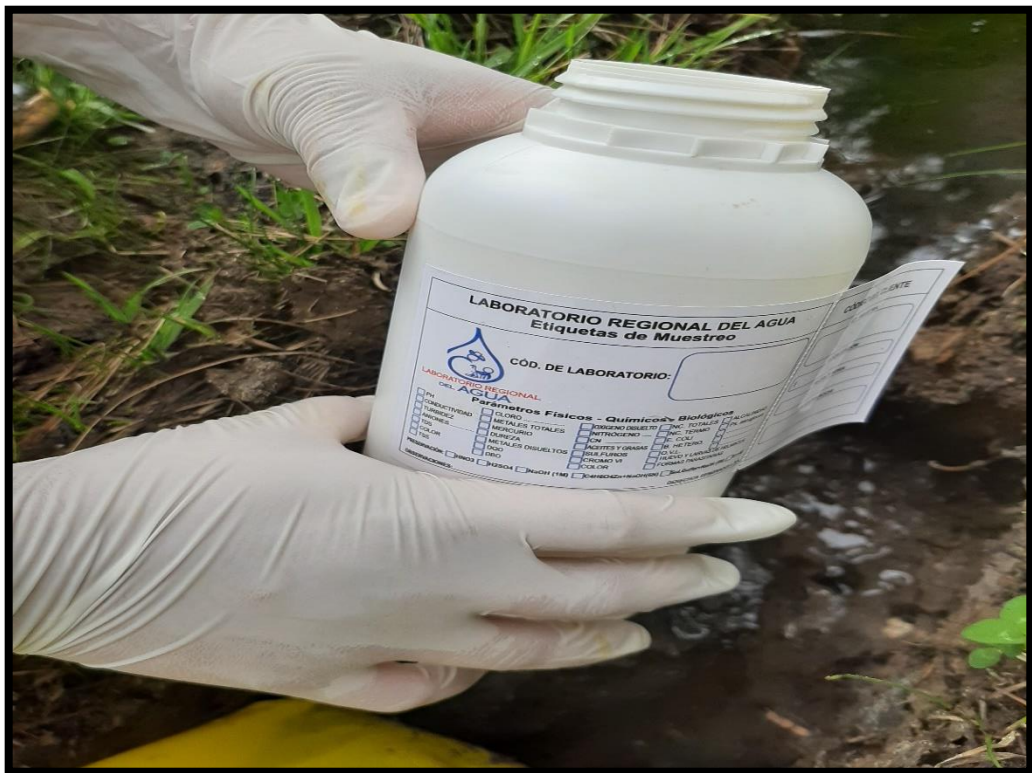


Figura 27: Toma de muestras.

**L. Anexo N° 12 Resultados del laboratorio regional del agua:**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1219996**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **SIMON ORDOÑEZ MALAVER**  
 Dirección  
 Persona de contacto - Correo electrónico **edmir\_om@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **05.12.19** Hora de Muestreo **10:20 a 11:00**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **02 Muestras** N° Frascos x muestra **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicosquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de Volumen y Preservación**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **Huambocancha Alta - Cajamarca**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 1297** Cadena de Custodia **CC - 996 -19**  
 Fecha y Hora de Recepción **05.12.19 12:21** Inicio de Ensayo **05.12.19 12:50**  
 Reporte Resultado **16.12.19 15:00**



Ing. Edder Miguel Neyra Jaico  
Responsable de Oficina  
CIP: 147028

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

**Cajamarca, 16 de Diciembre de 2019.**

Página: 1 de 2





**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 1219996**

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Sin Proyecto	Con Proyecto	-	-	-	-
Código Laboratorio			1219996-01	1219996-02	-	-	-	-
Matriz			NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			La Pampa	La Pampa	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	17.08	14.18	-	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	7.38	7.57	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	12.3	7.4	-	-	-	-
(*) Cloro Residual	mg Cl <sub>2</sub> /L	0.1	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	16 x 10 <sup>3</sup>	17 x 10 <sup>2</sup>	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	350	920	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Cloro Residual	mg Cl/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017 : DPD Colorimetric Method.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 16 de Diciembre de 2019.



Página: 2 de 2

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA VERACIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ  
e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FON: 599000 anexo 1140

Figura 28: Análisis PCO del agua.

Fuente: Laboratorio regional del agua.

**M. Anexo N° 13 Resultados laboratorio regional del agua:**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0120004**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **SIMON ORDOÑEZ MALAVER**  
 Dirección -  
 Persona de contacto - Correo electrónico [edmir\\_om@hotmail.com](mailto:edmir_om@hotmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **06.01.20** Hora de Muestreo **10:00**  
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -  
 Procedimiento de Muestreo -  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número punto de muestreo **01**  
 Ensayos solicitados **Físicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**  
 Referencia de la Muestra: **HUAMBOCACHA ALTA - LA PAMPA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC -1297-19** Cadena de Custodia **CC - 004 - 20**  
 Fecha y Hora de Recepción **06.01.20 11:12** Inicio de Ensayo **06.01.20 11:40**  
 Reporte Resultado **15.01.20 15:00**



Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



Freddy López León  
Especialista de Química  
CIP: 198264



Enver Zulueta Santa Cruz  
Especialista de Biología  
CBP:9778

**Cajamarca, 15 de Enero de 2020.**



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0120004**

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código de la Muestra	GF - 02		-	-	-	-
Código Laboratorio	0120004-01		-	-	-	-
Matriz	NATURAL		-	-	-	-
Descripción	Subterránea		-	-	-	-
Localización de la Muestra	Huambocancha Alta - La Pampa		-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Turbidez	NTU	0.09	0.64	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.48	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	-	-	-
(*) Cloro Residual	mg Cl <sub>2</sub> /L	0.5	<LCM	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	20	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Cloro Residual	mg Cl <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. 2017: Iodometric Method I
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los métodos y/o matriz indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°01 Fecha : 03/01/2020

Cajamarca, 15 de Enero de 2020.

Figura 29: Análisis PCO del agua

Fuente: Laboratorio Regional del Agua.

**N. Anexo N° 14 Resultados del laboratorio regional del agua:**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0720234**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre: **SIMÓN ORDOÑEZ MALAVER**  
Dirección: -  
Persona de contacto: - Correo electrónico: [admir\\_om@hotmail.com](mailto:admir_om@hotmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo: **08.07.20** Hora de Muestreo: **11:15**  
Responsable de la toma de muestra: **Cliente** Plan de muestreo N°: -  
Procedimiento de Muestreo: -  
Tipo de Muestreo: **Puntual**  
Número de puntos de muestreo: **01**  
Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
Referencia de la Muestra: **CAJAMARCA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **8C - 1297 - 19** Cadena de Custodia: **CC - 294 - 20**  
Fecha y Hora de Recepción: **08.07.20 11:30** Inicio de Ensayo: **08.07.20 11:45**  
Reporte Resultado: **15.07.20 11:00**



Edder Neyra Jalco  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028



Freddy López León  
Especialista de Química  
CIP: 198284



Erner Zuleta Santa Cruz  
Especialista de Biología  
CBP:8775

Cajamarca, 15 de Julio de 2020.



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



**INFORME DE ENSAYO N° IE 0720234**

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS			
Código de la Muestra	GF 03		-	-	-	-
Código Laboratorio	0720234-01		-	-	-	-
Matriz	NATURAL		-	-	-	-
Descripción	Subterránea		-	-	-	-
Localización de la Muestra	Huambocancha Alta		-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Turbidez	NTU	0.09	0.37	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.43	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	-	-	-
(*) Cloro Residual	mg Cl <sub>2</sub> /L	0.1	<LCM	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (traza)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Coliformas Totales	NMP/100mL	1.8	350	-	-	-
Coliformas Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	5.8	-	-	-

Note: Los Resultados <1.8, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	ISO 7027:2012 / ISO 7027:2012 Ed. 2017. Turbidity Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	ISO 10545-6:2012 / ISO 10545-6:2012 Ed. 2017. pH Value: Electrode Method
Color Verdadero	UC	ISO 7027:2012 / ISO 7027:2012 Ed. 2017. Color Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Cloro Residual	mg Cl <sub>2</sub> /L	ISO 7027:2012 / ISO 7027:2012 Ed. 2017. DPD Colorimetric Method
Coliformas Totales	NMP/100mL	ISO 7027:2012 / ISO 7027:2012 Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformas Termotolerantes	NMP/100mL	ISO 7027:2012 / ISO 7027:2012 Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentran dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido al presentarse tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de preservación que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-28-R01 Rev:002 Fecha: 04/07/2020

Cajamarca, 15 de Julio de 2020.

Figura 30: Análisis PCO del agua

Fuente: Laboratorio Regional del Agua.



**O. Anexo N° 15 Autorización de uso de terreno para estudio de tesis:**

<b>AUTORIZACIÓN DE USO DE TERRENO PARA ESTUDIO DE TESIS</b>	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
---	--

Yo Segundo Julian Cueva Malca.....

identificado con N° DNI 26632212....., con domicilio en Centro Poblado Huambocancha Alta Km 6.00....., en

mi calidad de dueño del terreno ubicado en el sector la Pampa – Centro Poblado Huambocancha Alta – Cajamarca.

**OTORGO LA AUTORIZACIÓN,**


A los señores, Edwar Omar Casanova Mariñas identificado con DNI N° 72636690 y Edmir Simón Ordoñez Malaver identificado con DNI N° 71251400, bachilleres de la carrera de ingeniería civil, para que utilice el terreno mencionado para poder:

- Ejecutar la construcción de una galería filtrante.
- Realizar pruebas PCO del agua del terreno.

con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis denominada: "EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS (PCO) EN UNA FUENTE DE AGUA SUBTERRÁNEA, CON LA CONSTRUCCIÓN DE UNA GALERÍA FILTRANTE EN EL SECTOR LA PAMPA – CENTRO POBLADO HUAMBOCANCHA ALTA - CAJAMARCA 2019 -2020.", para optar al grado de Título Profesional.

  
\_\_\_\_\_  
Segundo Julian Cueva Malca  
DNI: 26632212

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que el dueño, pueda ejecutar.

  
\_\_\_\_\_  
**Edwar Omar Casanova Mariñas**  
DNI: **72636690**

  
\_\_\_\_\_  
**Edmir Simón Ordoñez Malaver**  
DNI: **71251400**

Figura 31: Autorización de uso de terreno para estudio de tesis

**P. Anexo N° 16 Plano de ubicación y localización.**

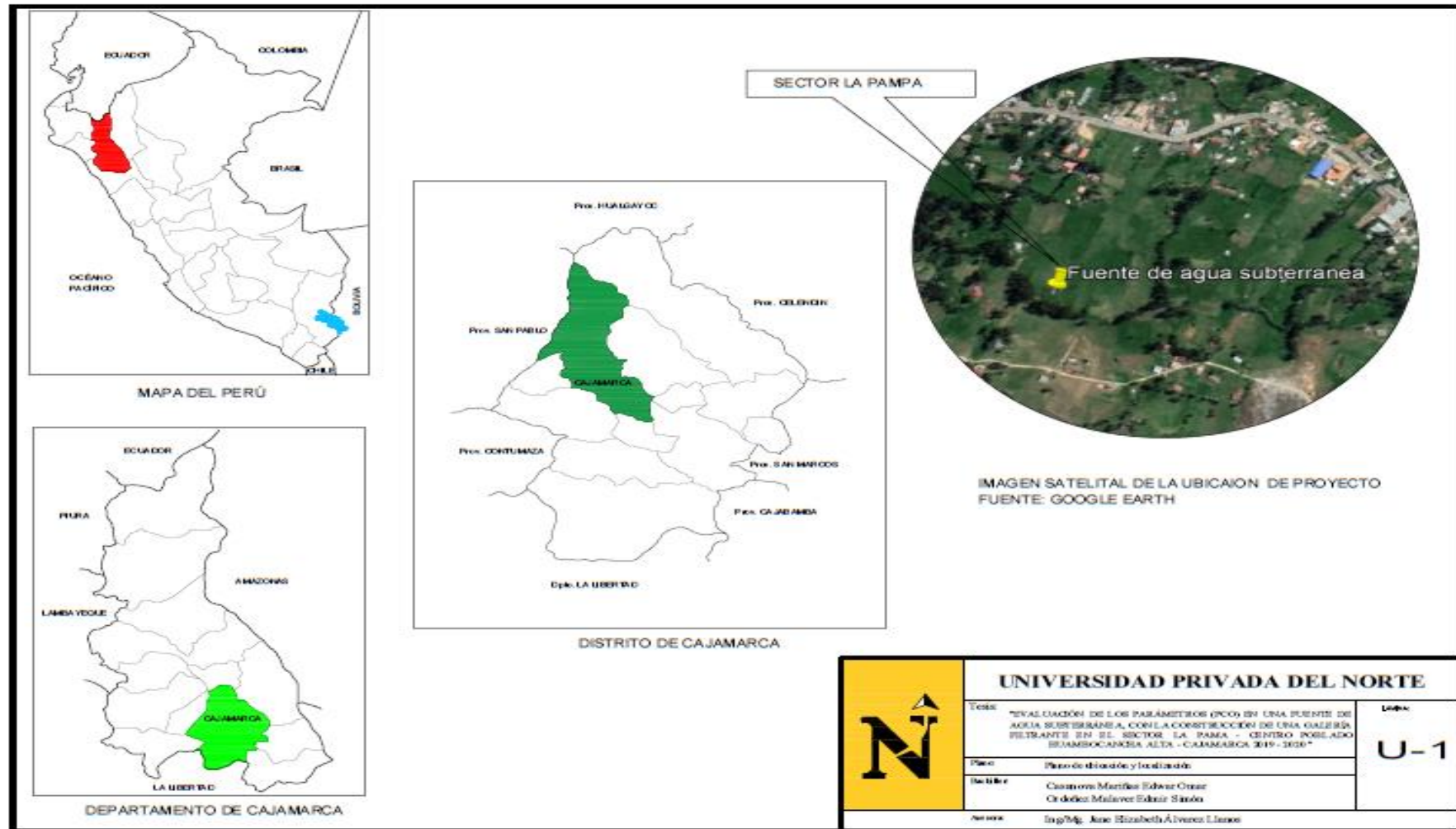


Figura 32: Plano de ubicación y localización.

**Q. Anexo N° 17 Gastos generados en la construcción de la galería filtrante.**

Gastos realizados en la realización de la galería filtrante para la elaboración de la tesis denominada: "Evaluación de los parámetros (PCO) en una fuente de agua subterránea, con la construcción de una galería filtrante en el sector La Pampa – centro poblado Huambocancha Alta - Cajamarca 2019-2020."					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO S/.	TIEMPO (DIAS)	TOTAL S/.
1.00	<b>MATERIALES</b>				<b>814.40</b>
1.01	Tubería de 4" de desagüe pesado	3.00	53.90	-	161.70
1.02	Tapones de 4"	2.00	7.60	-	15.20
1.03	Yee de 4"	1.00	10.90	-	10.90
1.04	Piedra de 3" - 4"	2.00	75.00	-	150.00
1.05	Piedra chancada 3/4"	1.00	55.00	-	55.00
1.06	Geomembrana 0.50m x 3.00m	1.00	25.00	-	25.00
1.07	Pegamento de tubería pvc	1.00	10.90	-	10.90
1.08	Costales	2.00	0.50	-	1.00
1.09	Reducción de 4" a 2"	1.00	4.30	-	4.30
1.10	Tubería de 2"	1.00	43.90	-	43.90
1.11	Ladrillo K.K. 9 x 13 x 24cm	64.00	1.00	-	64.00
1.12	Cemento	1.00	22.50	-	22.50
1.13	Flete terrestre	1.00	250.00	-	250.00
2.00	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>1,730.00</b>
2.01	OPERARIO	1.00	80.00	6.00	480.00
2.02	PEONES	5.00	50.00	5.00	1,250.00
<b>TOTAL DE GASTO</b>					<b>2,544.40</b>

Figura 33: Gastos generados en la construcción de galería filtrante.