

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Optimización de un Sistema de Abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímica y microbiológica en el distrito de la Banda de Shilcayo, 2019”

Por:
Arévalo Meléndez, Evelyn Araceli

Asesor:
Ing. Ivone Vásquez Briones

Tarapoto, junio del 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFOME DE TESIS

Yo, Ing. Ivone Vásquez Briones, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, 2019”**, constituye la memoria que presenta la **Bachiller Arévalo Meléndez, Evelyn Araceli**; para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental, esta investigación fue realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de la autora, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 19 días del mes de Junio del año 2019.



Asesora

Ing. Ivone Vásquez Briones

Optimización de un sistema de abastecimiento para aguas subterráneas destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímica Y microbiológica en el distrito de la Banda De Shilcayo, 2019

TESIS

Presentado para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno

Presidente



Mstra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Secretario



Mstra. Dayani Shirley Romero Vela

Vocal



Ing. Ivone Vasquez Briones

Asesor

Morales, 19 de Junio del 2019

DEDICATORIA

A los forjadores de mi camino, mis padres Víctor Arévalo Pinedo y Nery Meléndez Torres, ya que este logro es también para ellos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la fortaleza física y emocional para el desarrollo de esta investigación, por haber colocado personas maravillosas en mi vida y cuidarme con tu amor infinito.

A mi querida madre Nery Meléndez Torres por el apoyo emocional y económico para lograr este gran paso como profesional, Te amo mamá.

A mi asesora la Ing. Ivone Vásquez Briones, por el tiempo de dedicación y paciencia en la elaboración y desarrollo de mi proyecto de tesis.

Al Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno, por su invaluable apoyo en todo el proceso del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	XIII
ABSTRAC	XIV
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1.2. Identificación del problema	15
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación de la investigación	18
1.5. Presuposición filosófica	19
CAPÍTULO II	21
REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. Generalidades de las aguas subterráneas	21
2.1.1. Los acuíferos	22
2.1.1.1. Propiedades de los acuíferos	22
2.1.2. Contaminación de aguas subterráneas	24
2.1.3. Desinfección de agua	24
2.2. Parámetros fisicoquímicos	25
2.2.1. Alcalinidad	26

2.2.2.	Conductividad eléctrica (CE)	26
2.2.3.	Oxígeno disuelto (OD)	26
2.2.4.	Turbidez	27
2.2.5.	pH del agua	27
2.2.6.	Dureza del agua.....	28
2.2.7.	Nitratos en el agua	28
2.2.8.	Nitritos en el agua.....	29
2.2.9.	Fosfatos en el agua.....	29
2.2.10.	Sulfatos en el agua.....	29
2.3.	Parámetros microbiológicos	30
2.3.1.	Coliformes totales	30
2.3.2.	Coliformes termotolerantes	31
2.4.	Calidad de agua subterránea para consumo humano	32
2.4.1.	Estándares de calidad ambiental para el agua (ECA).....	32
2.5.	Sistemas de abastecimiento de aguas subterráneas.....	36
2.5.1.	Captación del agua.....	36
2.5.1.1.	Pozos de captación de agua	36
2.5.1.2.	Manantiales	36
2.5.2.	Tratamiento de agua	37
2.5.2.1.	Eliminación de la Turbiedad del Agua	37
2.5.2.2.	Desinfección del Agua:.....	38
2.5.2.3.	Cálculo de volúmenes para desinfección.....	39

2.5.2.4. Desinfección preparación de soluciones	40
2.5.3. Uso de carbón activado	41
2.5.4. Almacenamiento del agua tratada	42
2.5.5. Transporte y distribución	42
2.6. Antecedentes	43
2.6.1. Antecedente internacional.....	43
2.6.2. Antecedente nacional.....	45
2.6.3. Antecedente local	48
2.7. Definición de términos básicos	51
2.8. Marco Legal.....	53
CAPÍTULO III.....	55
MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1. Descripción de área de estudio.....	55
3.1.1. Zona de Muestreo.....	55
3.2. Población, muestra y muestreo.....	57
3.2.1. Población	57
3.2.2. Muestra.....	57
3.2.3. Metodología para la toma de muestras y su preservación	57
3.2.3.1. Acondicionamiento.....	57
3.2.3.2. Toma de muestras de agua, Preservación, Etiquetado, Rotulado y Transporte	58
3.3. Diseño de la investigación	61

3.4. Formulación de la hipótesis	61
3.5. Identificación de las variables	62
3.5.1. Variable dependiente	62
3.5.2. Variable independiente	63
3.6. Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos	63
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	63
3.6.1.1. Primera Etapa: Diagnóstico y tratamiento de las características físicoquímicas y microbiológicas de agua de los pozos 1 y 2 del Sector Lagartococha.....	64
3.6.1.2. Segunda Etapa: Determinar el nivel de cumplimiento de las normas de saneamientos pertinentes basados en la OS 010.....	66
3.6.1.3. Tercera Etapa: Optimización del sistema de abastecimiento de agua	69
3.6.1.4. Cuarta etapa: Procesamiento, presentación y análisis de resultados	69
CAPITULO IV.....	70
RESULTADOS Y DISCUSIONES	70
4.1. Resultados.....	70
4.1.1. Determinación de la concentración físico-química y microbiológica del agua subterránea de dos pozos destinados al uso poblacional en el Distrito de la Banda de Shilcayo	70
4.1.2. Determinar el nivel de cumplimiento del Sistema de Abastecimiento según la Norma Técnica OS.010	78

4.1.3. Optimizar el sistema de abastecimiento según las especificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.....	82
4.2. Discusiones	87
4.2.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.....	87
4.2.2. Nivel de cumplimiento de las normas de saneamiento	87
4.2.3. Optimización del sistema de agua	88
Capítulo V	90
Conclusiones y recomendaciones.....	90
5.1. Conclusiones.....	90
5.2. Recomendaciones.....	92
Referencias.....	93
Anexos.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de agua en el Perú	32
Tabla 2. Estándares de la calidad de agua potable en los países de América	34
Tabla 3. Estándares de la Calidad de agua potable en los países de América	35
Tabla 4 Información básica de los lugares donde se tomarán las muestras de aguas.	55
Tabla 5 Parámetros fisicoquímicos a monitorear y metodología de muestreo	59
Tabla 6 Parámetros microbiológicos a monitorear y metodología de muestreo	60
Tabla 7 Estándares de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de agua en el Perú	62
Tabla 8. Información de los pozos subterráneos en el distrito de La Banda de Shilcayo.	63
Tabla 9 Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.	70
Tabla 10 Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 con tratamiento.	71
Tabla 11 Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.	72
Tabla 12 Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 con tratamiento.	73
Tabla 13 Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 2 sin tratamiento.	74
Tabla 14 Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 con tratamiento.	75
Tabla 15 Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.	76
Tabla 16 Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 con tratamiento.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.	56
Figura 2. Check list de la Universidad Peruana Unión.....	68
Figura 3. Check list del pozo 1	79
Figura 4. Check list del pozo 2	81
Figura 5. Plano del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua del pozo 1..	83
Figura 6. Plano del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua del pozo 2..	84

RESUMEN

El agua es fundamental para la vida y todos los individuos deben disponer satisfactoriamente de abastecimiento de agua segura, accesible y suficiente. Esta investigación tuvo como propósito optimizar el sistema de abastecimiento para aguas subterráneas de uso poblacional, en función a la verificación de las normas de edificación y la evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica en el distrito de La Banda de Shilcayo – San Martín, 2019. La investigación fue experimental en una muestra de 2 pozos del sector Lagartococha. Los resultados demostraron que: Las características físico químicas del agua sin tratar para los pozos 1 y 2 tuvieron niveles pH de 5,12 y 5,4; en agua tratada fue 7,01 y 6,91 respectivamente; la turbidez del pozo 1 y 2 fue 4 y 6 NTU, del agua tratada fue 0,5 en ambos pozos y en las características microbiológicas la Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando lo permitido en el agua del pozo 1 y en el pozo 2 los coliformes totales fueron 540 NMP/100 ml y Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando las normas establecidas, en el agua tratada fueron menores a 1,1; luego del tratamiento con hipoclorito de calcio (65%) a 50mg/L de agua y pasado a través de un filtro de carbón, todos los parámetros cumplieron con los valores establecidos en los ECAs. El check list demostró que la estructura y los materiales de los pozos 1 y 2 cumplen con la norma OS010, además cuentan con la respectiva autorización del Autoridad Nacional del agua para su funcionamiento. Para corregir las características fisicoquímicas y microbiológicas que están fuera de las normas ECAs se propone un sistema de tratamiento de agua conforme se muestra en los planos presentados en las figuras 5 y 6.

Palabras claves: Aguas subterráneas, tratamiento, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

ABSTRAC

Water is essential for life and all individuals must have a satisfactory supply of safe, accessible and sufficient water. The purpose of this research was to optimize the supply system for groundwater for population use, based on the verification of building standards and the evaluation of microbiological and physicochemical quality in the district of La Banda de Shilcayo - San Martín, 2019. The research was experimental in a sample of 2 wells in the Lagartococha sector. The results showed that: The physical and chemical characteristics of the untreated water for wells 1 and 2 had pH levels of 5.12 and 5.4; in treated water was 7.01 and 6.91 respectively; the turbidity of well 1 and 2 was 4 and 6 NTU, of the treated water was 0.5 in both wells and in the microbiological characteristics the Escherichia Coli was less than 1.8 NMP / 100 ml exceeding the allowed in the well water 1 and in well 2 the total coliforms were 540 NMP / 100 ml and Escherichia Coli was less than 1.8 NMP / 100 ml exceeding the established norms, in the treated water they were less than 1.1; after treatment with calcium hypochlorite (65%) at 50mg / L of water and passed through a carbon filter, all parameters met the values established in the RCTs. The check list showed that the structure and materials of wells 1 and 2 comply with the OS010 standard, and also have the respective authorization from the National Water Authority for its operation. To correct the physicochemical and microbiological characteristics that are outside the ECAs, a water treatment system is proposed, as shown in the plans presented in figures 7 and 8.

Keywords: Groundwater, treatment, physicochemical and microbiological parameters.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.2. Identificación del problema

El agua es el recurso más importante para la supervivencia de la vida humana y constituye un elemento fundamental para el desarrollo social y económico de la sociedad, debido a que cumple una función esencial en los procesos biológicos de todos los organismos con vida; puesto que no solo es utilizado para el consumo humano, sino también en diferentes áreas como la agricultura, la industria, etc. Obteniéndose a partir de ella productos de los que dependemos. Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) menciona que el agua es fundamental para la vida y todos los individuos deben disponer satisfactoriamente de abastecimiento de agua segura, accesible y suficiente. Contar con los servicios de agua para consumo garantiza tangiblemente la salud y la vida.

Sin embargo, a pesar de constituir un recurso muy valioso para la humanidad y de ser uno de los componentes más abundantes presentes en la tierra (70%) la mayor cantidad se encuentran en forma de agua salada en los mares, por lo que solamente el 2,5% del total son aptos para el consumo humano y de ello la mayor parte se encuentran en los glaciares 68,7%, un 30,1% se encuentra en forma subterránea, el 0,8% se encuentra heladas en las regiones más frías y solo una mínima parte de toda el agua que se encuentra en la superficie del planeta es utilizada para el consumo

humano y las actividades agrícolas, estos se encuentran en forma de lagos, ríos y humedades, entre otros (ATALC, 2016).

El aprovechamiento del agua subterránea en los últimos años se ha realizado para abastecer a la población de agua potable, en la agricultura, para uso industrial y para otras diferentes actividades. Una de las características que la constituye como un recurso muy valioso para el consumo humano es su baja contaminación gracias a la capacidad de filtración que posee el suelo, sin embargo, en los últimos años estas mismas actividades humanas han ido dando paso a la contaminación por el mal uso de este recurso, lo cual resulta preocupante porque, así como es difícil de contaminarse, una vez contaminado es muy difícil de limpiar. Las actividades que más daño producen en nuestra localidad son: Las actividades domésticas que causa contaminación biológica, orgánica y mineral, que son originados por las fosas sépticas, fugas de sistemas de alcantarillado, los pozos negros, vertidos de agua de letrinas y de otras actividades (López, Fornés, Ramos, & Villarroya, 2009a). Todo ello contribuye a la contaminación con diferentes microorganismos como los coliformes fecales, a ello se suman las actividades ganaderas e industriales que eliminan sustancias orgánicas e inorgánicas, etc. Las personas más afectadas y que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades por consumo de aguas contaminadas son los niños, los lactantes, los adultos mayores, las personas debilitadas y en especial los que viven en condiciones antigénicas (OMS, 2018).

En el Perú existen muchos pobladores que tienen como principal fuente de abastecimiento el agua subterránea obtenida a través de pozos tubulares de eje

vertical, siendo utilizados como medio de obtención de agua para consumo. Las personas que consumen agua de pozo deben comprender la importancia de revisar y cumplir con los parámetros establecidos para la calidad del agua, para ello es necesario el tratamiento posterior a su extracción. Es importante que se realice análisis minucioso de cada criterio especialmente si el abastecimiento del agua tiene como fin el consumo humano.

El distrito de La Banda de Shilcayo es un distrito que presenta un crecimiento poblacional significativo, motivo por el cual en algunos sectores recién instalados no cuentan con el sistema de agua potable, lo que conlleva a las personas a hacer uso de pozos subterráneos como fuente de abastecimiento de este recurso indispensable para satisfacer las necesidades básicas y el desarrollo de la población. Pero, que a su vez se encuentra en riesgo de sufrir contaminación por la presencia de la actividad humana, encontrándose entre ellos la contaminación biológica, orgánica y mineral que tienen como punto de origen las fosas sépticas, pozos negros, fugas en los sistemas de alcantarillado, vertido de letrinas, etc. (López, Fornés, Ramos, & Villarroya, 2009b). Los que traen como consecuencia la presencia de microorganismos que son dañinos para la salud (coliformes termotolerantes) y la presencia de sustancias químicas.

Por lo antes mencionado se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo optimizar el sistema de abastecimiento para aguas subterráneas de uso poblacional en función a la verificación de edificación y las evaluaciones de la concentración de los principales parámetros fisicoquímicos y microbiológico, en el distrito de la Banda de Shilcayo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Optimizar el sistema de abastecimiento para aguas subterráneas de uso poblacional, en función a la verificación de las normas de edificación y la evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica en el distrito de La Banda de Shilcayo, 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración físico-química y microbiológica del agua subterránea de dos pozos destinados al uso poblacional en el Distrito de la Banda de Shilcayo.
- Determinar el nivel de cumplimiento de las normas de saneamiento según la norma OS.010.
- Optimizar el sistema de abastecimiento según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.4. Justificación de la investigación

Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano es fundamental para preservar la salud de los consumidores. Es por ello que se evaluó el agua de dos pozos tubulares de uso poblacional del distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia y Región San Martín y al encontrar ciertas deficiencias se determinó optimizar los sistemas de abastecimiento de estos pozos en estudio a través de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea.

La ejecución de este proyecto benefició a los consumidores de agua de dos pozos tubulares del sector Lagartococha del distrito de la Banda de Shilcayo, porque se verificó y optimizó el sistema de abastecimiento y se determinaron los estándares de cloración y adición de cal que ayudaron a cumplir con las exigencias de la calidad de agua para el consumo humano, según los parámetros establecidos en el D.S. N° 004 – 2017 MINAM. Estándares de calidad Ambiental para el agua – categoría 1, subcategoría A1. Así mismo para determinar si el pozo se encuentra en condición y captación de agua se utilizó la norma OS.010 que regula la Captación y conducción de agua para consumo humano que pertenece al reglamento nacional de edificaciones (DS N° 011-2006-VIVIENDA). De manera que esta investigación servirá a modo de referencia para otras investigaciones que se realicen en el mismo tema o en temas similares.

1.5. Presuposición filosófica

En el principio el creador del universo, en su providencia suministró de entre los recursos naturales, los ríos, arroyos y demás fuentes de aguas imprescindibles para la existencia de los seres vivos principalmente del hombre que le permiten desarrollarse de manera armoniosa, pues así lo mencionan (Reyna & Valera, 1960) en el libro de los Salmos donde compara al hombre obediente a su creador como árbol plantado junto a corrientes de agua que da su fruto a su tiempo y su hoja no cae y todo lo que hace prosperará.

Es así que debemos tomar conciencia y también realizar acciones a favor para la protección y preservación de las fuentes de agua que no solo sirven para el consumo

diario, sino también son de vital importancia en la agricultura, recreación y otras actividades. Por lo tanto, el vivir en un ambiente equilibrado y gozar de las condiciones necesarias para el pleno desarrollo de nuestras facultades es nuestra responsabilidad y por ende nos corresponde tomar acciones que aseguren nuestro presente y el futuro de nuestras generaciones.

En ese sentido que evaluar la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano y proponer medidas para el aprovechamiento sostenible, es parte del mandato de Dios en el Génesis quien encomendó a la humanidad aprovechar los recursos naturales de manera sostenible.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas forman una gran parte del agua dulce del planeta y se encuentra bajo la superficie de la tierra, en los llamados acuíferos. Estos acuíferos son estructuras geológicas subterráneas, son los que la almacenan y transmiten el agua. A la cantidad de agua que entra a un acuífero durante un periodo de tiempo determinado se le conoce como recarga, se realiza de manera natural a través de las filtraciones de las precipitaciones de lluvia o por flujos de agua de fuentes cercanas. Aunque también puede ser recargado de manera artificial (AECID, 2017).

Se conoce como aguas subterráneas a aquella que circulan y se alojan en el subsuelo, formando los llamados acuíferos. La lluvia es uno de los aportes principales a través de proceso de infiltración. Así mismo, podrán ser alimentadas por los ríos, lagos arroyos y lagunas cercanas. Estas aguas se encuentran por debajo del nivel freático y por lo que el terreno está saturado y no existe fisuras, es por ello que el agua fluye a la superficie a través de vértices o manantiales, o a través de cauces fluviales (Collazo & Montaña, 2012).

El agua subterránea tiene un desplazamiento muy lento a través del acuífero, puede alcanzar velocidades que varía de pocos decímetros hasta centenares de metros por año, solamente en las rocas muy fracturadas y los acuíferos Kárstico se pueden dar conductores preferentes por los que las velocidades de circulación pueden ser

parecidas a las que tienen las corrientes superficiales. Por lo que, si una gota de agua cae en una divisoria hidráulica que se encuentra a 200 km de la costa y pasa a formar parte del río demoraría pocos días en llegar al mar, pero si esa misma gota tuviera un desplazamiento por el subsuelo puede tardar siglos o hasta mil años en llegar hasta el mar. Los movimientos lentos mediante zonas saturadas y no saturadas, ayudan a la gestión como al aprovechamiento de las aguas subterráneas y su protección. De esta manera se podrá actuar antes que un posible contaminante se extienda por todo el acuífero (López et al., 2009b).

2.1.1. Los acuíferos

Gran parte de los espacios porosos entre las rocas que se encuentran bajo el nivel freático se encuentran llenos de agua. Pero las rocas poseen características permeables y porosidad diferente, por lo que el agua se mueve de otra manera de acuerdo al tipo de roca. Cuando la roca que almacena el agua fluye hacia los arroyos y pozos se le conoce como acuíferos. En definición un acuífero es aquella unidad geológica saturada que contiene y trasmite agua en buen estado, que puedan ser aprovechadas económicamente (Mamani, 2012a).

2.1.1.1. Propiedades de los acuíferos

- **Porosidad.** La porosidad de un material es el valor que se encuentra al dividir el volumen que ocupan los poros con el volumen unitario de la roca; lo que quiere decir si la roca tiene el 50% de porosidad, la mitad de la roca es sólido y la otra mitad son poros (Ordoñez, 2011a). Es la capacidad de almacenamiento que tiene

un acuífero. Se encuentra mediante la adición entre volumen de huecos (que posee agua o aire) y el volumen total de la roca (López et al., 2009b).

- **Permeabilidad o conductividad hidráulica (K).** Es la capacidad que tiene un acuífero para dejar que el agua fluya a través de él. Ello obedecerá a los fluidos y a las características del medio (porosidad, compactación, tamaño, forma y arreglo de las partículas). Este será el parámetro más importante que caracteriza a las propiedades hídricas de los materiales y que presenta la mayor variación en función del material: Unidades: m/día (Collazo & Montaña, 2012).
- **Transmisividad (T).** Cantidad de agua que pasa horizontalmente a través del espesor saturado del acuífero ($T = k \cdot b$. Unidades: $m^2/día$, m^2/seg) (Collazo & Montaña, 2012).
- **Almacenamiento.** Cualidades que condicionan el volumen del agua producida que se mide mediante el llamado coeficiente de almacenamiento, es la cantidad de agua que posee un prisma acuífero en un metro cuadrado de altura y sección del acuífero, cuando baja un metro el nivel piezométrico (IDEAM, 2015). El coeficiente de almacenamiento son los cambios en el nivel de agua de una unidad confinada o un acuífero, en el que una cantidad de agua puede ser liberada o almacenada. Este coeficiente de almacenamiento (S), está conformada por el volumen de agua, la unidad de área y los cambios que se presentan en la altura del agua, en el que la unidad permeable liberará o almacenará (Espinoza, 2009).

2.1.2. Contaminación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas también pasan por problemas que están relacionados a la calidad, ya que son fuente potencial de contaminación. Aunque son más resistentes que las aguas superficiales, las explotaciones agropecuarias, la minería, la industria y los núcleos poblacionales contribuyen a esto. Los procesos de contaminación se deben únicamente a la actividad humana, mediante la alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas de agua o por sustancias nocivas o perjudiciales a consecuencia de la acción humana. Los contaminantes que más comúnmente se encuentran en las aguas subterráneas son los patógenos producidos a causa de las heces animales o humanas; nutrientes y materia orgánica causada por las aguas residuales, la ganadería y la agricultura; sustancias tóxicas y vertientes sólidos desechados por las industrias, la agricultura intensiva y la minería, así como las sales disueltas a causa de la intromisión salina, los tiempos prolongados de residencia del agua subterránea (AECID, 2017).

2.1.3. Desinfección de agua

Es una de las operaciones más importantes que se realizan para brindar servicios de agua potable. La desinfección forma una barrera para diversos patógenos (en especial de las bacterias) en lo que constituye los tratamientos para agua de consumo, así mismo, se debe utilizar tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas que se encuentran expuestas a contaminación fecal. Los residuos de los desinfectantes servirán como protección parcial contra la contaminación que

presentan contaminación baja de microorganismos y evita la proliferación en los sistemas de distribución (OMS, 2006a).

Las desinfecciones de agua mediante carbón activado son utilizadas por tener dos propiedades muy importantes. Primeramente, porque tiene la capacidad de atrapar cualquier contaminante orgánico en sus paredes, de forma tal que puede dejar un agua totalmente libre de estos compuestos y también logra destruir todo el cloro residual que no logro reaccionar después de que haya realizado un una acción desinfectante (Sevilla, 2002).

2.2. Parámetros fisicoquímicos

Conocer cuáles son los componentes de agua subterránea que se encuentra disueltos o de otras formas es muy importante, porque la presencia de ciertas sustancias hará que estas aguas sean diferentes a otras. Los factores y los procesos que forman parte de la evolución de la calidad del agua pueden ser externos o internos a los acuíferos. Al inicio y a medida que se van infiltrando ciertas sustancias en el agua subterránea y aumenta su recorrido su concentración es mayor. Así mismo, se encuentra otros factores como el clima, la composición del agua de recarga, así como el contacto de agua con la superficie, entre otros que afectan la composición del agua. A ello se suma la contaminación causada por el hombre (Collazo & Montaña, 2012).

La calidad del agua subterránea dependerá de los parámetros físicos; densidad, temperatura y conductividad eléctrica; químicas, que son las sustancias disueltas que se encuentran incorporadas al agua mediante procesos naturales, generalmente son inorgánicas y se encuentran en estado iónico, DBO y DQO, pH, alcalinidad, residuo

seco dureza, materia orgánica y acidez. Dentro de las sustancias inorgánicas que están presentes en el agua subterránea están los iones mayoritarios (sulfatos, cloruro, bicarbonatos, nitratos, magnesio, sodio y potasio), iones minoritarios y oligoelemento, así mismo se pueden encontrar las bacterias, los virus, hongos, algas y protozoos (AECID, 2017).

2.2.1. Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad que posee el agua para neutralizar los ácidos. Tiene origen en el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}), hidróxidos (OH^-), los bicarbonatos (HCO_3^-), y algunas veces los silicatos, los boratos y los fosfatos. Sus cantidades se expresan en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio ($CaCO_3$) (Díaz, 2017)

2.2.2. Conductividad eléctrica (CE)

Es la medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica y el aumento de su valor se debe a la cantidad de sales disueltas en forma de iones. Para el agua subterránea este valor debe estar en el orden 10^{-6} mhos/cm, o micromho/cm (mhos/cm a 25°C) (Collazo & Montaña, 2012).

2.2.3. Oxígeno disuelto (OD)

La OMS (2018) menciona que el contenido de oxígeno disuelto para el consumo humano se encuentra influenciado por varios factores como los valores de oxígeno disuelto que existe en la fuente, los tratamientos utilizados, la temperatura y los procesos biológicos y químicos que forman los sistemas de distribución. La falta de

oxígeno disuelto en estos sistemas de abastecimiento de agua que ayuda a estimular la disminución microbiana de nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, así mismo puede favorecer la concentración del hierro ferroso en la solución, los cambios del color del agua que se encuentran en contacto con el aire al momento de salir del grifo. No presenta efectos sobre la salud; Pero, los elevados niveles de oxígeno disuelto favorecen a la corrosión de las tuberías de metal.

2.2.4. Turbidez

Se denomina turbidez a la dificultad que se presenta para transmitir la luz, esto se debe a que existe sólidos en suspensión (arcilla, limos, materias organiza, etc.) que hacen difícil que pase la luz (Collazo & Montaña, 2012). Así mismo, es causada por las partículas suspendidas y por las que se encuentran disueltas en gases, sólidos y líquidos orgánicos o inorgánicos. La turbiedad del agua es muy importante para el consumo humano por las siguientes razones: Filtrabilidad, desinfección y estética. Según la OMS el límite máximo de agua potable debe contener 5 UNT conocidas como unidades nefelométrías de turbidez (Mamani, 2012b).

2.2.5. pH del agua

Mide las concentraciones de hidrogeniones en el agua, se encuentran controladas por el equilibrio entre los iones presentes y las reacciones químicas. El pH de las aguas subterráneas se encuentra entre 6,5 y 8,5 (Collazo & Montaña, 2012). Para el agua de consumo humano el pH no afecta a los consumidores, sin embargo, es uno de los parámetros más importantes en la calidad. Se considera de especial atención al control del pH en todas las etapas del tratamiento del agua, ya que de ello dependerá que la

desinfección y la claridad sean satisfactorias. Para tener una desinfección eficaz mediante la aplicación de cloro, el pH debe ser menor a 8, pero si el agua posee pH más bajo de 7 o menos puede ser corrosivo (OMS, 2018).

2.2.6. Dureza del agua

Esta característica química da a conocer el contenido del mismo en iones alcalinotérreos, principalmente el Ca^{2+} y Mg^{2+} ; son expresados en ppm de $CaCO_3$. En cuanto a los acuíferos las agua generalmente tienen valores de conductividad por encima a los 1 000 $\mu S/cm$ y con una dureza que se encuentra entre los 300 y 400 $CaCO_3$ (Loeches & Rebollo, 2007).

2.2.7. Nitratos en el agua

Producto químico que forman parte de la mayoría de fertilizantes, almacenes de estiércol y sistemas sépticos; estas sustancias en si no son venenosos para los seres humanos. Esto debido a que su concentración está limitada por los estándares de agua potable a 50 mg/L por razones fisiológicas. Sus límites de uso son regulados por todos los países que lo investigan encontrándose su uso al margen (22,22%) o por debajo del nivel (77,77%), con un rango que va desde 10mg/L y con un máximo de 50mg/L. Esto nos da a conocer que la utilización de los nitratos se administra bien por la legislación nacional de cada país manteniendo sus estándares al margen de lo establecido por la OMS (Mamani, 2012b)

2.2.8. Nitritos en el agua

Son sustancias tóxicas con las cuales se forman las nitrosaminas que son cancerígenas. De acuerdo al estándar brindado por la OMS es de 3 mg/L, este valor se considera en países como Perú, Costa Rica y Honduras que hace un porcentaje del 17,64%. Así mismo, en Canadá los valores máximos que se admiten son de 3,2 mg/L, a diferencia de otros países de América que poseen valores que son menores a los establecidos por la OMS los que están entre un rango de 0,01 a 1,5 mg/L. Por lo que ningún país sobrepasa los límites establecidos por la OMS (Mamani, 2012b).

2.2.9. Fosfatos en el agua

Se encuentran constituidos a partir del fósforo inorgánico que se encuentra como mineral y ayudan en el ciclo de los elementos del ambiente. Así mismo, pueden coexistir en forma de solución como partículas, en los cuerpos de los organismos del agua o como fragmentos sueltos. Este elemento se puede encontrar en gran cantidad en el agua de la lluvia en diferentes cantidades de fosfatos como consecuencia de los suelos agrícolas o de las corrientes de agua próximas (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

2.2.10. Sulfatos en el agua

Los sulfatos se encuentran presentes de manera natural en varios minerales y son utilizados de modo comercial, utilizándose más en la industria química. Proviene de los residuos industriales y a través de la precipitación atmosférica; sin embargo, la mayor cantidad se encuentra en las aguas subterráneas y se encuentran en las fuentes

naturales. Es por ello que la ingesta media diaria de sulfato deriva del consumo de agua, los alimentos y el aire que hacen 500 mg, encontrando como fuente principal el alimento. Pero, en algunas regiones el agua es la principal fuente, ya que contienen altas concentraciones de sulfato constituyéndose como la principal fuente (Mamani, 2012b)

2.3. Parámetros microbiológicos

La población humana se encuentra en riesgo de salud por consumo de agua contaminada por la constante extensión de enfermedades infecciosas producidas por patógenos como los virus, las bacterias y parásitos: Helmintos y protozoos (Mamani, 2012b). Estos organismos patógenos tienen periodos de vida variables y son transportados por el agua. Muchos de ellos viven menos de 28 días, algunos como la *Escherichia coli* lo viven entre 10 y 70 días, la salmonela resiste entre los 85 y 230 días, las bacterias tifoideas puede llegar hasta las 4 semanas (AECID, 2017)

2.3.1. Coliformes totales

Son un conjunto de microorganismos que están formados por varios géneros de la familia de las Enterobacterias, se encuentran presentes en toda la naturaleza, el suelo y el agua e incluso en el tracto intestinal de los animales de sangre fría y las personas. Estos grupos de bacterias de coliformes totales está comprendida por todos los bacilos Gram negativos aeróbicos o los anaeróbicos facultativos, con oxidasa negativa, no esporulados, que se encargan de fermentar la lactosa con producción de gas en un periodo de tiempo de 48 h a una temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; están conformadas por los

géneros: *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia*. y la *Serratia* (García & Iannacone, 2014a).

2.3.2. Coliformes termotolerantes

Antes eran conocidos como coliformes fecales, pero su cambio de nombre debió a que se demostró que en el grupo de coliformes que se desarrollaban a temperaturas de 44,5 °C y en un medio de cultivo determinado, solo una parte eran bacterias de origen fecal. Estas son las gram negativas, anaerobios o aerobios facultativos, que se encargan de la fermentación de la lactosa produciendo gas y en un medio de cultivo a 44 – 45 °C. Las bacterias coliformes termotolerantes resisten temperaturas de incubación a 45°C, parámetro en el que tiene un desarrollo óptimo (García & Iannacone, 2014b). Según Mamani (2012) las bacterias fecales son microorganismos que indican la presencia de contaminación fecal en el agua. La OMS afirma que la cantidad de coliformes fecales debe ser igual a 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100. Casi todos los países se encuentran alineadas a este estándar y lo adoptan como parte de sus normas nacionales. Así mismo, García y Iannacone (2014) mencionan que dentro de este grupo se encuentran los géneros *Escherichia* y especies de *Klebsiella*. La primera se considera como un organismo que indica contaminación fecal por encontrarse presente en las heces de los animales y los humanos de sangre caliente, representan el 95% de los coliformes encontradas en las heces.

2.4. Calidad de agua subterránea para consumo humano

La calidad como la cantidad de agua subterránea es muy importante. Disponer de recursos hídricos subterráneos para los diferentes usos dependerán de la calidad de su composición biológica, química y radiológica, así como de los efectos que causan sus componentes. Los conjuntos de todos estos permitirán establecer patrones de calidad del agua, clasificándolas de acuerdo a sus usos (consumo humano, industrial, agrícola o para el consumo de animales) y a los límites para los que son aptos (Collazo & Montaña, 2012).

2.4.1. Estándares de calidad ambiental para el agua (ECA)

Tabla 1

Estándares de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de agua en el Perú

Parámetros	Unidad de medida	de ECAS DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A)
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Turbidez NTU	UNT	5
Dureza Total	Mg/L	500
Oxígeno disuelto	Mg/L	≥ 6
Conductividad	μS/cm	1 500
Fosfatos	Mg/L	**
Sulfatos	Mg/L	250
Nitratos	Mg/L	50
Nitritos	Mg/L	3
Coliformes totales	NMP/100 ml	50
Coliformes fecales	NMP/100 ml	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	0
Organismos de Algas vida libre	N° Organismos/ L	0

Copéodos	N° Organismos/ L	0
Nematodos	N° Organismos/ L	0
Protozoarios	N° Organismos/ L	0
Rotíferos	N° Organismos/ L	0

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017)

Tabla 2.

Estándares de la calidad de agua potable en los países de América

PARÁMETRO	UNIDAD	OMS	ARG	BOL	BRA	COL	CRI	CHI	ECU	SLV	GTM	MEX
Año		2006	1994	1997	1990	1998	1997	1984	1992	1997	1998	1994
Origen		Valores Guía	Código Alimentario	IBNORCA NB512	Porta- ria 36-GM	DEC 475/98	Dto. 25991- S	NCH 409/1	IEOS	NSO 130701	NGO 29001	NOM- 127- SSA1
Microbiológicos												
Coli fecales o E. coli	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0	-	0	2,2	0
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	3	0	0	1	-	1	1	0	2,2	2
Bact. Heterotróficas	UFC/mL	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
Químicos de importancia para la salud												
Nitrato	mg/L	50	45	-	10	10	50	10	10	10	45	10
Nitrito	mg/L	3	0,1	0,1	-	0,1	3	1	1	0,1	0,01	1

Fuente:(OMS, 2006b); citado por Mamani, 2012)

Tabla 3.

Estándares de la Calidad de agua potable en los países de América

PARÁMETRO	UNIDAD	OMS	ARG	BOL	BRA	COL	CRI	CHI	ECU	SLV	GTM	MEX
Color	UCV	15	5	15	5	15	15	20	15	15	35	20
Olor	Varias	Sin	Sin	Ninguno	No obj.	Acept.	25	Inodora	No obj.	3	No rechaz.	Característico
Sabor	Varias		Sin	Ninguno	No obj.	Acept.	25	Insípida	No obj.	1	No rechaz.	Característico
Turbiedad	UNT	5	3	5	1	5	5	5	5	5	15	5
Temperatura	° C	-	-	-	-		30	-	D	30	34	-
Conductividad	mS/cm	-	-	1500	-	1000	400	-	-	1600	1500	-
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,05	0,1	0,2
Dureza	mg/L	-	400	500	500	160	400	-	500	400	500	300
pH	Unidad		8,5	9	8,5	-	8,5	8,5	8,5	8,5	9,2	8,5
Alcalinidad total	mg/L	-	-	370	-	100	-	-	-	350	-	400
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	1500	1000	1000	500	1000	1000	1000	1000	500	1000

Fuente: OMS (2006); citado por Mamani (2012)

2.5. Sistemas de abastecimiento de aguas subterráneas

2.5.1. Captación del agua

La captación de las aguas subterráneas se realiza mediante pozos verticales, que son los que más se conocen en todo el mundo y los pozos horizontales como son las zanjas de drenaje y las galerías filtrantes. Los pozos son obras complejas que se proyecta y se construye con la finalidad de obtener agua de los acuíferos y satisfacer determinadas demandas (Collazo & Montaña, 2012). El agua subterránea puede ser captada de dos fuentes:

2.5.1.1. Pozos de captación de agua

Los pozos son agujeros, excavaciones o túneles que perforan la tierra verticalmente, suficientemente grandes que nos permiten alcanzar lo que se busca que pueden ser reservas de agua a nivel freático o petróleo. Por lo general tienen forma cilíndrica y las paredes pueden ser aseguradas con piedra, ladrillo, cemento e incluso madera para evitar que haya deterioros o derrumbe (Ordoñez, 2011b).

2.5.1.2. Manantiales

Los manantiales son fuente de abastecimiento, la que puede ser permanente, temporal o efímero. Así mismo, se pueden clasificar de acuerdo al modo de la salida del subsuelo, magnitud del caudal, materiales geológicos, la temperatura, características fisicoquímicas del agua, sus propiedades medicinales y terapéuticas (AECID, 2017).

La captación de aguas subterráneas puede presentar diferentes ventajas según los tipos de uso que se le dé. Dentro de estas ventajas tenemos que se requiere de

pequeñas inversiones iniciales a comparación de otras plantas de filtros por tratamiento de agua superficiales, estas captaciones pueden encontrarse cerca al consumo por lo que se ahorrará en aducciones, los problemas que presentan las grandes ciudades pueden ser solucionados sin que sé que se aborden problemáticas más grandes para un futuro a largo plazo, puede dar soluciones a problemas de agua en cortos periodos de tiempo y generalmente solo requieren de pequeños tratamiento con cloro (Ordoñez, 2011).

2.5.2. Tratamiento de agua

Se puede realizar mediante el uso del gas cloro licuado, gránulos de hipoclorito de calcio o solución de hipoclorito y también con los generadores de cloro *in situ*. Para este procedimiento un clorado saca el gas del cilindro y lo coloca en agua en forma dosificada, al mismo momento que mide y controla los flujos de gas. La dosificación de la solución del hipoclorito de sodio se realiza a través de una bomba dosificadora eléctrica ya sea mediante el desplazamiento positivo o por con un sistema de suministro por gravedad. Primero el hipoclorito será disuelto en agua, para luego pasar al caudal principal. El cloro en cualquiera de sus formas se disuelve en agua para formar el hipocloroso (HOCl) y también el ion hipoclorito (OCI^-) (OMS, 2018).

El procedimiento necesario para el tratamiento y la desinfección de agua para consumo humano, por medio de hipoclorito de calcio (cloro granulado), se describe a continuación:

2.5.2.1. Eliminación de la Turbiedad del Agua

- En caso que el agua esté muy turbia se debe pasar por filtro

- Si no hay un filtro disponible, entonces dejar sedimentar el agua y trasladarla a otro recipiente limpio.

2.5.2.2. Desinfección del Agua:

(OPS/OMS, 2006) El agua filtrada o sedimentada debe ser colocada en un envase limpio; del volumen total de agua a desinfectar retirara aproximadamente el 10%, en este volumen debe disolverse el peso de que sea necesario dosificar de hipoclorito de calcio (cloro granulado) con agitación constante hasta su total disolución; según la siguiente formulación:

$$\text{Peso de cloro} = \frac{\text{Volumen de agua} \times \text{Dosis de cloro}}{\text{Concentración del cloro granulado} \times 10}$$

La OPS/OMS (2006) plantean un ejemplo para la fórmula anterior. “Se quiere clorar agua contenida en un barril de 200 Litros. ¿Qué cantidad, expresada en gramos, de hipoclorito de calcio (cloro granulado) al 65% debe usarse para la cloración si se trata de una situación de emergencia (dosificación = 2 mg/L)?”

$$\text{Peso de cloro} = \frac{200L \times 2mg/L}{65\% \times 10}$$

$$\text{Peso de cloro} = 0,6 \text{ gramos de hipoclorito de calcio}$$

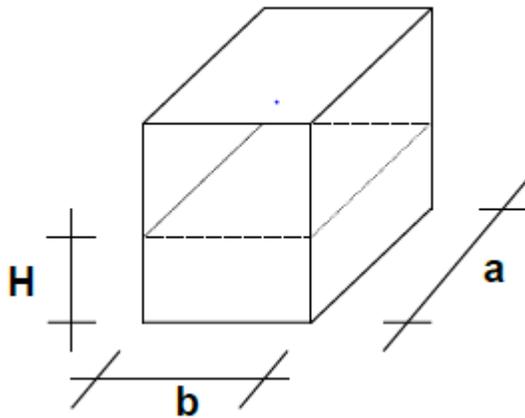
- Esperar hasta que los residuos inertes producidos se asienten en la base del recipiente y luego, vaciar la solución madre al volumen total de agua a desinfectar; reteniendo el sólido en el fondo, no debe ser vaciado hacia el agua a desinfectar.

- Luego de agregar el cloro disuelto, agitar bien el recipiente donde se está haciendo la desinfección para que la solución sea homogénea con el cloro; siempre y cuando el volumen de agua a desinfectar lo permita.
- Por último, hay que dejar reposar el agua por 30 minutos, para que el cloro elimine las bacterias presentes.

2.5.2.3. Cálculo de volúmenes para desinfección

En el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del MINSA (2017), presentó Planes de Control de Calidad del Agua para Consumo Humano – PCC en el Programa de Adecuación Sanitaria – PAS.

- Cálculos de volúmenes

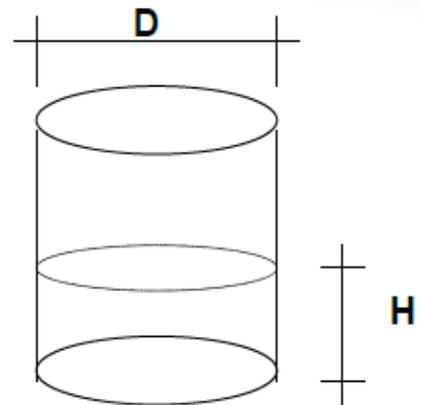


Depósitos cuadrados

$$V = AxH$$

Dónde:

$$A = axb$$



Depósitos circulares

$$V = AxH$$

Dónde:

$$A = (3,1416xD^2)/4$$

$H = \text{Altura de agua (m)}$

$H = \text{Altura de agua}$

2.5.2.4. Desinfección preparación de soluciones

$$P = \frac{D \times V}{(\% \times 10)}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque

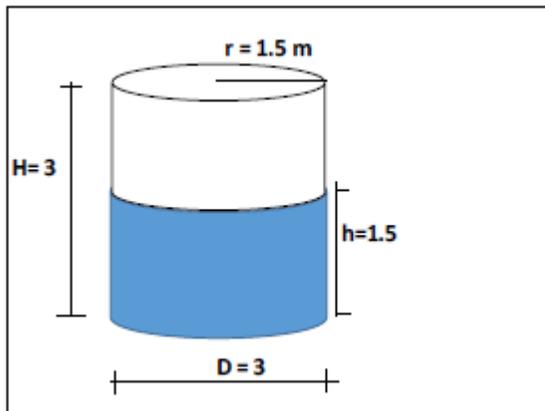
D = Dosis de cloro libre en mg/l de solución a prepararse (miligramos por litro (ppm)).

V = Volumen de agua de la estructura a desinfectar en litros.

% = Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado (HTH : 65%, 70%)

10 = Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto

Ejemplo



Reservorios circulares

$$P = \frac{D \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times V (\text{litros})}{\% \times 10} = \text{gramos}$$

1. Cálculo de volumen

$$V = \pi r^2 \times H = 3,1416 r^2 \times H \text{ Desinfección}$$

$$V = \pi r^2 \times h = 3,1416 r^2 \times h \text{ Cloración}$$

2. Dosis de cloro a prepararse

$$D = 50 \text{ mg/L} \quad \text{Desinfección}$$

$$D = 2 \text{ mg/L} \quad \text{Cloración}$$

3. % de cloro activo del producto

$$HTH = 70\% - 65\%$$

2.5.3. Uso de carbón activado

El carbón activado es un producto que presenta una estructura cristalina reticular parecida a la del grafito; posee una formación porosa que puede desarrollar áreas superficiales de hasta 1,500 metros cuadrados por cada gramo de carbón. Los átomos de carbón que se encuentran sobre una superficie de cristal tiene la capacidad de atraer moléculas que son causantes de color, sabor y olor indeseables; un carbón activado se diferencia por poseer una determinada cantidad de átomos en la superficie para realizar la adsorción (Sevilla, 2002).

Según Gómez, Klose, & Rincón (2010) la estructura porosa que forma el carbón activado en los principios fisicoquímicos que componen los procesos de adsorción de cada uno de ellos. De esta forma los poros se clasifican en:

- Microporosos: Son aquellos poros que tienen 2nm.
- Mesoporosos: son los que tienen estructuras porosas de 2 a 5 nm.
- Macroporosos: poros que presentan un ancho mayor a 50 nm.

Este material es utilizado con la finalidad de extraer sustancias químicas nocivas que se encuentran presentes en el aire o en el agua que se encuentran contaminados. Se encuentra compuestos por gránulos negros de carbón, cascara de nuez, madera y otros materiales. Los contaminantes son adheridos a la superficie de los granos a

medida que el aire o el agua pasan a través del filtro y de esta manera el agua o el aire son limpiados (EPA, 2012).

2.5.4. Almacenamiento del agua tratada

Los tanques para el almacenamiento del agua pueden ser de mampostería, plástico, de cemento o de acero. La ubicación puede ser al ras de la tierra o elevado. Podemos encontrar dos tipos de tanque: los de almacenamiento y los de succión. El primero posee agua para el abastecimiento de la demanda horaria, además de dotar de presión a la red de suministro y distribución de agua en casos de emergencia. En cambio, los tanques de succión suministran volumen de agua suficiente para que trabajen los equipos de bombeo. Así mismo, el agua que se almacena no debe contener ningún tipo de agentes patógenos como bacterias, virus o protozoos. Para ello, algunas veces se realiza la aplicación del cloro en cualquier estado. Para el caso de las áreas urbanas es frecuente el uso de cloro gaseoso en cambio en los rurales se utiliza más el cloro sólido o el líquido (AECID, 2017).

2.5.5. Transporte y distribución

Una vez que se encuentren listas las cajas de captación y almacenamiento del agua del manantial se prosigue con la distribución, para lo cual se construyen redes de conducción. Las redes por gravedad son los sistemas más prácticos ya que aprovechan la gravedad para trasladar el agua de un punto de mayor concentración a otro. Este diseño se fundamenta en determinar la presión dinámica, la cual se obtiene de restar a la presión estática la pérdida de carga que se forma por la fricción del paso del agua mediante la tubería. Estas redes pueden ser abiertas o cerradas. Las

primeras son tubos abiertos que nacen en un nudo y luego se van ramificando. En cambio en las redes cerradas los tubos se cierran para formar circuitos, esta última es la que más se utiliza en las ciudades (AECID, 2017).

2.6. Antecedentes

2.6.1. Antecedente internacional

Alcívar et al (2017) en la investigación titulada "*Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos*". Realizado en la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Tiene como objetivo determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua en los pozos del sector. El estudio es de tipo experimental. Los resultados que se han obtenido en los cuatro pozos analizados durante los tres monitores se encontraron que el pH promedio general fue de 7,09; valor que se encuentra dentro de los parámetros de la norma TULSMA que es de 6,5 a 8,5 de pH. Los sólidos encontrados en promedio de los 4 pozos de 1000,15 mg/L que se encuentran entre los términos normales de rango establecidos en el TULSMA que mencionan que es de 1000 mg/l indicando que contiene una normal materia suspendida o disuelta en el medio acuoso. Así mismo, la norma TULSMA menciona que el límite máximo para turbidez es de 100 NTU, obteniéndose un promedio general de 6,25 NTU por lo que los pozos analizados tienen un valor bajo, esto se debe a que las épocas de lluvia que son un factor determinante. En cuanto a la dureza encontrada en los cuatro pozos de estudio se encontró un promedio general de 509,41 mg/L, este valor se encuentra por encima de los límites máximos establecidos en el TULSMA que establece 400 mg/L, con un promedio de 259,92 mg/L. Dentro de los parámetros

microbiológicos se ha encontrado que los coliformes totales de tres monitoreo que arrojaron en promedio general de 2,590 NMP/100 ml, los que están por debajo de los estándares que establece la norma TULSMA que menciona que es 3000 NMP/100ml. En cuanto a lo coliformes fecales se encontró un promedio general para los tres monitoreos de los cuatro pozos que dio como resultado 217,5 NMP/100 ml, los cuales se encuentran por debajo de los establecido en la norma que es de 600 NMP/100 ml.

Rubio, Balderrama, Burrola, Aguilar y Saucedo (2015) en la investigación científica "*Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México*". Presentado a la Universidad de la Salle Bajío, México. El estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua potable que se utiliza en la comunidad de Ascensión, Chihuahua, a través de análisis físico-químico-metal y microbiológico. Fue de tipo experimental y se utilizó para las muestras cinco pozos de cinco hogares en cuatro temporadas. Los resultados que se obtuvieron mostraron que para coliformes totales y fecales fue en el verano se incrementó la cantidad de coliformes totales llegando hasta los 28 UFC y del 10,5 UFC para los coliformes fecales. En cuanto al pH se obtuvo diferencia estadística en las estaciones y fuentes ($P < 0,05$) aunque no para la interacción. Obteniéndose para la temporada de invierno, los mayores valores en pH llegando hasta los 9,73 y en la estación de verano se alcanzó hasta 8,73. Así mismo, se ha encontrado que el pH es mayor en el agua de las casas, siendo superior al 9,36, que los encontrados en los pozos 8,86. Para el caso de los oxígeno disuelto las concentraciones fueron diferentes, en las estaciones de otoño se encontró mayor concentración 15,07 ppm, para la variable pozo se encontró oxígeno disuelto de 5,96 ppm y para las casas de 6,04 ppm.

Segovia (2015) en la investigación titulada *“Estudio hidrogeoquímico de las aguas subterráneas del sector Norte de la Cuenca Pampa del Tamarugal, entre latitud 19° S y 20° S, región de Tarapacá, Chile”*. Realizado en la Universidad de Chile. Tuvo como objetivo caracterizar el comportamiento químico de las aguas subterráneas de la parte norte correspondiente a la Pampa del Tamarugal, que se encuentra entre la Quebrada (Qda) de Camiña, la Precordillera, que pertenece al sector Baquedo y la cordillera de la Costa, de acuerdo a sus parámetros físico –químicos. El estudio fue de tipo experimental en el que se utilizó 28 muestras analizadas para saber las características físicas químicas de estas aguas. Los resultados obtenidos muestran que el pH de las aguas subterráneas se encuentra entre los 6 y 8 por lo que se consideran aguas neutro alcalinas. Así mismo, las temperaturas se encuentran en rango normal que posee un promedio de 23,5° C. La conductividad eléctrica (CE) encontrada en las aguas subterráneas se encuentra entre los 955 y 22300 $\mu S/cm$, estas aguas se consideran agua salobre y dulce, ya que las sales aumentan conforme el agua se va alejando de las zonas de recarga y se acercan más a la Cordillera de la Costa cerca del borde occidental de la cuenca. Por lo general las aguas subterráneas son ligeramente duras o muy duras, que de las 28 muestras solo 3 se midieron como aguas ligeramente blandas, por lo que se determina que la mayoría son agua incrustante.

2.6.2. Antecedente nacional

Flores (2016) en la investigación titulada *“Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca”*, Perú. Tuvo como objetivo determinar la

concentración de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en las aguas subterráneas para consumo humano con o sin ebullición de las aguas cercanas a la Universidad Nacional de Cajamarca, la investigación es de tipo experimental, descriptivo y de corte longitudinal y se tomó como muestra 4 litros de agua del Barrio San Martín de Porres y 4 litros de agua de Ajoscancha Baja, las que se realizó por cada muestreo. El estudio dio como resultado que para la zona de San Martín las temperaturas del agua sin ebullición se encontraron entre los 18,5 °C en el mes de julio y de 20,5 °C como máximo para los meses de setiembre y diciembre, obteniéndose una media en temperatura de 19,58 °C con una variación anual de 0,92 °C; por lo que no se encuentran entre los parámetros de consumo humano clase A1 (Δ 3), A2 (Δ 3) y A3 (**). En cuanto al pH el agua subterránea de San Martín sin ebullición tiene como mínimo de 7,04 (setiembre) con un máximo de 7,30 (diciembre) con una media de 7,157. Las aguas subterráneas con ebullición muestran un ligero incremento del pH variando desde un mínimo de 7,532 (setiembre) hasta un máximo de 8,130 (diciembre) obteniendo un promedio de 7,859. Así mismo, para la zona de Ajoscancha Baja se ha registrado la temperatura del agua sin ebullición en un mínimo 18,9 °C en el mes de marzo y se obtuvo un máximo de 20,9° C en el mes de setiembre, con un promedio de 19,9° C obteniéndose una variación porcentual anual de 0,55 °C (Δ 0,55); por lo que tampoco supera el consumo humano clase A1 (Δ 3), A2 (Δ 3) y A3 (**). En cuando al pH para esta zona se encontró que el agua subterránea sin ebullición posee como mínimo 7,010 (marzo) y un máximo de 7,150 (junio) obteniéndose una media de 7,080 de pH, para las aguas presentan incrementos en el nivel de pH que

varía entre un mínimo de 7,474 (setiembre) hasta un máximo de 8,130 (diciembre) en el que tiene un promedio de 8,170.

Molina (2018) en la investigación titulada “Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos”. Realizado en la Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Tiene como objetivo identificar los parámetros físicos químicos y microbiológicos en aguas subterráneas utilizadas para el consumo humano en el distrito de Uraca – Corire. El estudio es de tipo experimental, en la que se tomó tres muestras simples. Se obtuvo como conclusiones que la dureza total del agua subterránea de Corire posee bajos niveles en verano ya que la muestra M1 posee 473,80 mg/L $CaCO_3$ y un valor máximo de 540,69 mg/L $CaCO_3$ en las estaciones de Invierno y Otoño (M3), que en promedio dan 529.94 mg/L $CaCO_3$ valor que se encuentra por encima de lo establecido por DS N° 031-2010-SA. De 500,00 mg/L $CaCO_3$ por lo que se la considera como muy dura. En el análisis de sulfatos se encontró que los niveles son bajos durante el otoño de 258,50 SO_4^{2-} mg/L en la muestra M1 y con un valor máximo en la muestra M2 con 432,10 SO_4^{2-} mg/L en la época de invierno con lo que se determinó que los sulfatos se encuentran por encima de los valores establecidos en el DS N° 031-2010-SA. De 250.00 mg/L en la fase de muestreo. En cuanto de la determinación de coliformes totales se encontró que en el agua subterránea de Corire se encontró valores máximos en la primavera en el que las muestras M2 y M3 que tienen valores superiores a 23,00 NMP/100 mL que se encuentran por encima de lo establecido por DS N° 031-2010-SA. de $\leq 1,8$ NMP/100 mL los mismo que en el otoño e Invierno (M2 y M3) ya no se encontraron. Así mismo,

se encontró Coliformes fecales en la primavera por las tres muestras, sobre todo en las muestras M2 y M3 con valores por encima de 23,00 NMP/100mL mayores establecido por el DS N° 031-2010-SA. De $\leq 1,8$ NMP /100mL.

Soriano (2018) en la investigación titulada *“Evaluación de la calidad fisicoquímicas y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado Pata Pata - 2018”*. Realizada en la Universidad Privada del Norte, Perú. Tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea para el consumo humano del centro poblado de Pata Pata. La investigación es experimental con diseño descriptivo trasversal y la muestra tres pozos distribuidos en el centro poblado de Pata Pata que pertenece a la municipalidad de Paríamarca en la provincia de Cajamarca. Los resultados obtenidos muestran las concentraciones promedio de los parámetros microbiológicos que corresponden al primer punto de muestra (AS-01) es de 445 NMP/100mL de coliformes totales y de 187 NMP/100mL en coliformes termotolerantes. En comparación con el segundo punto de muestra (AS-02) que fue de 566,667 NMP/100mL de coliformes totales y se encontró 22,667 NMP/100mL de coliformes termotolerantes. Así mismo, en el tercer nivel de muestra (AS-03) los promedios fueron de 565 NMP/100mL de coliformes totales y los coliformes termotolerantes fueron de 18,93 NMP/100mL.

2.6.3. Antecedente local

Torres (2014) en la investigación titulada *“Determinación del nivel de contaminación biológica por coliformes fecales en acuíferos no confinados (pozos) de usos para consumo humano”*. Realizado en la Universidad Nacional de San Martín, Perú. Tuvo

como objetivo, determinar el nivel de contaminación biológica por coliformes fecales en acuíferos no confinados (pozos) que son utilizados para consumo humano en la ciudad de Moyobamba. El estudio de acuerdo a la orientación es básico y de acuerdo a la técnica de contrastación es descriptiva, la muestra fue de 4 acuíferos no confinados. Los resultados obtenidos dieron a conocer que los promedios evaluados equivalentes como resultados del monitoreo de Coliformes Totales (número de coliformes totales) en los acuíferos fue de 1744,88 NTC/100 ml los que se encuentran por encima de los estándares de calidad del agua para consumo humano con desinfección de 50 NMP/ml establecidos según el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y los valores con respecto a los Coliformes Fecales en 46,31 NTC/100 ml que se encuentran por encima de los estándares de calidad de agua. Las concentraciones altas de estos elementos reflejan vulnerabilidad de los pozos, lo que significa que existe contacto directo con los contaminantes, siendo su contaminación mayor por encontrarse en la superficie de poca extensión. Así mismo, la concentración promedio más elevada se encuentra en el sector Tipinillo con 5165 NTC/100ml de coliformes totales y de Coliformes Fecales se obtuvo 140 NYC/100ml, las altas concentraciones se deben a que la población que se encuentra alrededor y en las partes altas no cuentan con los servicios de alcantarillado público y el paso de la red de evacuación final de las aguas servidas pertenecientes a la ciudad de Moyobamba no están en buen estado.

Huancas (2018) en la investigación titulada *“Determinación de la concentración de contaminantes físicos químicos y bacteriológicos en los cuerpos de agua de la margen izquierda del río mayo, 2017”*. Realizado en la Universidad Nacional de San Martín.

Tuvo como objetivo determinar la concentración de contaminantes físico química y bacteriológica de los cuerpos de agua superficial que pertenecen al margen izquierdo del río Mayo (quebradas de Juningue y Juninguillo). El estudio fue de tipo experimental en las que durante 4 meses consecutivos se tomaron muestras de ambas quebradas, los resultados obtenidos fueron para la quebrada Juninguillo muestran que sus solidos totales disueltos (STD) son de 8,4 mg/L, posee una turbidez de 24,75 Unidades Nefelométrías de Turbidez (UNT), presenta un color de 133.38 Unidades Platino Cobalto (UPC), así mismo el oxígeno disuelto (OD) es de 7,2mg/L; para los fósforos y nitratos se encontraron resultados favorables de 0.02mg/L y 0,52 mg/L, encontrándose un PH de 5,93 y se presenta un valor alto en coliformes con 596,50 NMP/100 mL . En los parámetros que se encontraron para la quebrada de Juningue se tiene: en solidos totales (STD) es de 50,75 mg/L, presentó una turbidez de 8,295 UNT, para el caso del color se obtuvo 40 Unidades Platino Cobalto, así mismo el oxígeno disuelto (OD) fue de 7,2 mg/L; se obtuvo nitratos estables, pero en el fosforo se encontró exceso 0,715 mg/L y de 26,35 mg/L, su PH fue de 8,47 y los coliformes tuvieron un valor alto de 83,50 NMP/100MI. De acuerdo a los datos obtenidos y los Estándar de Calidad Ambiental (DS N°015-2015 MINAM), el agua que posee la quebrada Juninguillo, si se encuentra contaminada ya que tiene exceso de coliformes fecales, de color y turbidez, así mismo el PH del agua es ligeramente acida se encuentra fuera del rango apto que es de 6,5 a 8,5 de PH. Para el caso de la quebrada Juningue y de acuerdo al estándar de Calidad Ambiental (DS N°015-2015 MINAM) también se encuentran contaminadas por exceso de coliformes fecales y por el exceso de color y turbidez, el cuándo al PH es ligeramente básica y no se encuentra dentro del parámetro establecido.

Díaz (2018) en la investigación titulada *“Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la Chuspishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín”*. Realizado en la Universidad Peruana Unión, Perú. Tuvo como objetivo establecer la calidad fisicoquímica y microbiológico del agua de la quebrada del distrito de Rumisapa. El estudio es experimental, se tomó tres en dos temporadas diferentes (Estiaje y Avenida). Se llegó a las siguientes conclusiones en parámetros microbiológicos el análisis de los coliformes termotolerantes en los puntos de monitoreo de las épocas de avenida y estiaje pertenecientes a la quebrada Chuspishiña. Se encontró que en la época de avenida en el punto 2 se encontró mayor grado de contaminación que alcanza los 54×10^3 y se encontró valores mínimos para la temporada de estiaje del mes de julio comparado con la época de invierno en el que se llegó a una concentración de 16×10^3 en el punto 3. Pero al comparar con los estándares de la ECA del D.S. N° 004 – 2017 MINAM en ambas temporadas no se cumplen con los estándares en la categoría 3 de riesgo de vegetal y bebida de animales (NMP/100 mL) considerada como agua para riego no restringido, agua para riego restringida y bebida de animales.

2.7. Definición de términos básicos

- **Agua de consumo humano.** Agua que presenta las condiciones para el consumo humano, así como para la utilización domestica habitual dentro del que se encuentra la higiene personal (Minsa, 2018a).
- **Anaerobio.** Microorganismo que puede subsistir sin la necesidad del oxígeno molecular (Flores, 2016).

- **Calidad de agua.** Diferentes características organolépticas, microbiológicas y químicas propias del agua (Díaz, 2017)
- **Cloración.** Proceso mediante el cual se desinfecta el agua a través del empleo del cloro (Minsa, 2018b).
- **Cloro residual libre.** Porcentaje de cloro que se encuentra en el agua de consumo humano, como ácido hipoclorito e hipocloroso que queda en el agua, para evitar la posible contaminación microbiológica, después de realizarse el tratamiento de cloración (Minsa, 2018b).
- **Nivel freático.** Está formado por el límite superior de la zona saturada en un acuífero libre. Lugar geométrico en el que los puntos de un acuífero libre y la presión atmosférica se encuentran. La altura se encuentra determinada por la cota que logra en un pozo de poco nivel y en reposo (López et al., 2009b).
- **Estándar de calidad ambiental (ECA).** Es la concentración de sustancias, elementos o de los parámetros químicos, físicos y biológicos que se encuentran en el agua, aire o suelo en su situación de cuerpo receptor, ya que no representan riesgos para la salud del individuo o del medio ambiente. Dependiendo de los parámetros que se tengan, se podrá determinar si la concentración o grado son mínimos, máximos o en rangos (Mamani, 2012b).
- **Karst.** Ambientes, paisajes y procesos desarrollados por un conjunto complejo de fenómenos fisicoquímicos, en el cual se encuentran presentes la disolución de la roca por el agua. Este fenómeno se presenta con mayor frecuencia en rocas como el yeso, dolomías, calizas y cemento soluble (López et al., 2009b).

- **Tratamiento de agua.** Son un conjunto de operaciones químicas, físicas y biológicas que tiene como finalidad la disminución de la reducción y como objetivo principal la eliminación de los residuos y la contaminación del agua, ya sean naturales o residuales (Díaz, 2017).

2.8. Marco Legal

A. Constitución Política del Perú de 1993

En la Constitución Política del Perú (1993), en el artículo 7°-A, el estado reconoce el derecho que toda persona acceda a tener agua potable.

B. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos

Su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, modificado con Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, y la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, que aprueba el Reglamento de Procedimientos para Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua.

C. DS N° 031-2010- SA

Se aprobó el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población

D. DS N° 004-2017-MINAM

Según el Ministerio de Medio Ambiente aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias, que el numeral 31.1 del Artículo 31 de la Ley 28611 , define al Estándar de Calidad Ambiental como la medida

que establece a nivel de concentración o del grado de elementos sustancias y parámetros físicos químicos y biológicos , presentes en el aire , suelo y agua , en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de personas ni al ambiente.

E. D. DS N° 011-2006-VIVIENDA

Aprueban el Reglamento de Licencias de Habilitación Urbana y Licencia de Edificaciones

F. NORMA TECNICA OS 010-Captacion y conducción de agua para consumo humano.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento con DS N° 011-2006-VIVIENDA, menciona que para la elaboración de proyectos de captación y conducción de agua para consumo humano se tiene que fijar requisitos mínimos en localidades mayores de 2000 habitantes, la captación en aguas subterráneas se evaluara de acuerdo a la disponibilidad del recurso de agua en cantidad , calidad y oportunidad para el fin requerido, la conducción determinara la estructura y elementos que sirven para transportar el agua hasta la captación hasta el reservorio.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia y Región San Martín. Dicho distrito se encuentra a 1 Km. de Tarapoto, en la parte sur de la carretera Fernando B. Terry , a 350 msnm, a 6°32'55" de latitud sur 76°21'45" de longitud oeste (MPSM, 2015).

3.1.1. Zona de Muestreo

En la tabla 1 podemos observar la información correspondiente a cada uno de los pozos de donde se tomarán las muestras para la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea destinada al consumo humano en el distrito de La Banda de Shilcayo.

Tabla 4

Información básica de los lugares donde se tomarán las muestras de aguas.

Lugar	Uso	Fuente	Volumen (m ³)	Usuario	Coordenadas	
					Este	Norte
Sector Lagartococha - La Banda de Shilcayo (Pozo 1)	Doméstico – Poblacional	Acuífero POZO	630,72	Luis Alcides Laiza Urquiza	349969	927980 2
Predio Rural: Asociación Pro Vivienda "Llanuras del Amazonas" (Pozo 2)	Doméstico – Poblacional	Acuífero pozo artesanal	210,25	Luis Antonio Alvarez Reyes	350283	927960 7

Fuente. Elaboración propia, 2019.



Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.
Fuente. Elaboración propia, 2019

3.2. Población, muestra y muestreo

3.2.1. Población

La población considerada para esta investigación está conformada por 5 pozos ubicados en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, Región San Martín.

3.2.2. Muestra

Para la muestra se consideró 2 pozos: Pozo 1, en Predio Rural Asociación Pro Vivienda "Llanuras del Amazonas" y pozo 2, en el Sector Lagartococha; ambos perteneciente al distrito de La Banda de Shilcayo.

3.2.3. Metodología para la toma de muestras y su preservación

Las tomas de muestra de agua se realizaron siguiendo estrictamente el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de agua subterránea, aprobado por la Resolución Jefatura N° 010-2016-ANA.

3.2.3.1. Acondicionamiento

- Se seleccionaron los frascos a usar en cada muestreo, acuerdo con la lista de parámetros a evaluar según la tabla N°5: Tipo de preservación y almacenamiento para los distintos parámetros.
- Las muestras de agua fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. Para el rotulado de los frascos, se usó plumón de tinta indeleble y se cubrió la etiqueta con cinta adhesiva transparente.

- Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas, fueron colocadas en cooler con refrigerante (Ice pack) para asegurar su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

3.2.3.2. Toma de muestras de agua, Preservación, Etiquetado, Rotulado y

Transporte:

- Para el muestreo de los distintos parámetros, el personal responsable usó guantes descartables distintos en cada punto de monitoreo dado que se manejó reactivos químicos como preservantes los cuales son nocivos para la salud.
- Las muestras de agua fueron tomadas en una conexión proveniente del pozo subterráneo.
- Se tuvo precaución con el manejo de muestras que contenían compuestos orgánicos y traza de metales, dado que pueden perderse total o parcialmente o contaminarse fácilmente, cuando no se sigue un procedimiento apropiado.
- Se consideró dejar un espacio del 1% aproximadamente de la capacidad de cada envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión, adición de preservantes y homogenización de la muestra.
- Los frascos fueron etiquetados y rotulados, con letra clara y legible, la cual se protegió con cinta adhesiva transparente. En la etiqueta se consideró la siguiente información:
 - Numero de muestra

- Código de identificación
 - Tipo de muestra de agua
 - Descripción del punto de muestreo
 - Fecha y hora de la toma de la muestra
 - Preservación utilizada, tipo de preservante utilizado (Formol)
 - Tipo de análisis requerido
 - Nombre del responsable del muestreo
- Se llenó la cadena de la custodia con la información del registro de datos de campo, indicando los parámetros a evaluar, tipo de frascos, tipo de muestra de agua, volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de preservación, responsable del muestreo y otra información relevante.
 - Para la conservación y transporte, las muestras recolectadas fueron colocadas en caja térmica (cooler) a baja temperatura (4°C) disponiendo para ello refrigerantes para el control de temperatura (Ice pack).

Tabla 5

Parámetros fisicoquímicos a monitorear y metodología de muestreo

Parámetro	Recipiente o frasco	Mínimo muestra mL	Tipo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo
Alcalinidad	Plástico	500	Simple, compuesta	Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar	48 horas
Conductividad	Plástico	500	Simple, compuesta	Guardado en refrigeración	24 horas
Oxígeno disuelto	Vidrio Sinkler	300	Simple	Fijar el oxígeno, almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras	4 días

Turbidez	Plástico o vidrio	100	Simple, compuesta	Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras	24 horas
pH	Plástico o vidrio	50	Simple	Analizar preferentemente In situ.	24 horas
Dureza	Plástico	500	Simple, compuesta	Guardarlo en refrigeración, agregar HNO ₃	6 meses
Nitratos	Plástico o vidrio	100	Simple, compuesta	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas (28 días muestras cloradas)
Nitritos	Plástico o vidrio	100	Simple, compuesta	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas
Fosfatos	PE-HD O PTFE/ PFA	100	Simple	Filtrar In Situ. Acidificar a pH 1 – 2 con HNO ₃	1 mes
Sulfato	Plástico o vidrio	100	Simple, compuesta	Refrigerar	1 mes

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA) – 2016

Tabla 6

Parámetros microbiológicos a monitorear y metodología de muestreo

Parámetro	Recipiente o frasco	Mín. de muestra mL	Tipo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo
Coliformes totales	Vidrio o plástico estéril	1000 ml	Colectar 100 ml de muestra	Dejar un espacio para aireación y mezcla 1/3 del frasco de muestreo Guardarlo en refrigeración	Máximo 24 horas antes de su ingreso al laboratorio
Coliformes termotolerantes	Vidrio o plástico estéril	1000 ml	Colectar 100 ml de muestra	Dejar un espacio para aireación y mezcla 1/3 del frasco de muestreo Guardarlo en refrigeración	Máximo 24 horas antes de su ingreso al laboratorio
Eschericha Coli	Vidrio o plástico estéril	1 000 ml	Colectar 100 ml de muestra	Dejar un espacio para aireación y mezcla 1/3 del frasco de muestreo Guardarlo en refrigeración	Máximo 24 horas
Organismo de vida libre	Vidrio o plástico estéril	1000 ml	Colectar 100 ml de muestra	Dejar un espacio para aireación y mezcla 1/3 del frasco de muestreo Guardarlo en refrigeración	Máximo 6 - 24 horas

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA) – 2016

3.3. Diseño de la investigación

Según el propósito del estudio y la naturaleza de la investigación, corresponde a un diseño de tipo experimental, transeccional. Según Hernandez, Fernandez, & Baptista,(2010) en los diseños experimentales se realizan manipulación intencionadamente de las variables. Es decir, se trata de estudios donde se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables.

Transeccional: Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único cuyo propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, y según Hernández et al., (2010) en este enfoque se usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

3.4. Formulación de la hipótesis

H0: Los pozos subterráneos de uso poblacional, en el distrito de la Banda de Shilcayo no cuentan con el sistema de abastecimiento adecuado que establece la norma.

H1: Los pozos subterráneos de uso poblacional, en el distrito de la Banda de Shilcayo cuentan con el sistema de abastecimiento adecuado que establece la norma.

3.5. Identificación de las variables

3.5.1. Variable dependiente

Parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea de los pozos destinados al uso poblacional en el Distrito de la Banda de Shilcayo.

Tabla 7

Estándares de calidad fisicoquímicos y microbiológicos de agua en el Perú

Parámetros	Unidad de medida	ECAS DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A)	
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	
Turbidez NTU	UNT	5	
Dureza Total	Mg/L	500	
Oxígeno disuelto	Mg/L	≥ 6	
Conductividad	μS/cm	1 500	
Fosfatos	Mg/L	**	
Sulfatos	Mg/L	250	
Nitratos	Mg/L	50	
Nitritos	Mg/L	3	
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	
Coliformes fecales	NMP/100 ml	20	
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	
Organismos de vida libre	Algas	N°	0
		Organismos/L	
	Copépodos	N°	0
		Organismos/L	
	Nematodos	N°	0
		Organismos/L	
	Protozoarios	N°	0
		Organismos/L	
Rotíferos	N°	0	
	Organismos/L		

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017)

3.5.2. Variable independiente

Aguas subterráneas de los pozos destinados al uso poblacional en el Distrito de la Banda de Shilcayo.

3.6. Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La investigación se inició con una fase previa donde se solicitó información acerca del número, ubicación, y uso de los pozos subterráneos en el distrito de La Banda de Shilcayo, esto fue posible a través de una solicitud hacia la entidad competente, en este caso a la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Luego de haber obtenido la información solicitada se procedió a revisar la información, encontrando un total de 03 pozos subterráneos de uso poblacional, los cuales se describen a continuación.

Tabla 8.

Información de los pozos subterráneos en el distrito de La Banda de Shilcayo.

N°	Lugar Uso	Uso	Fuente	Vol. (m ³)	Usuario	Coordenadas	
						Este	Norte
1	Nadine Heredia	Poblacional	Acuífero	3110	Guzman Chavez, Leovigildo	---	----
2	Predio Rural: Asociación Pro Vivienda "Llanuras del Amazonas" Sector	Doméstico - Poblacional	Acuífero Pozo Artesana I	210,25	Luis A. Alvarez Reyes	350283	9279607
3	Lagartococha - La Banda de Shilcayo	Doméstico - Poblacional	Acuífero POZO	630,72	Luis A. Laiza Urquiza	349969	9279802

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenido de la Autoridad Nacional del Agua - Tarapoto

Para el desarrollo del presente trabajo solo se consideró los pozos cuya agua es destinada al uso poblacional. Después de haber realizado la identificación de los pozos

se logró encontrar solamente 2 en uso, seguido se procede a planificar todas las actividades que corresponden a optimizar el sistema de abastecimiento para aguas subterráneas de uso poblacional, en función a la verificación de las normas de edificación y la evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua en el distrito de La Banda de Shilcayo; en ese sentido para poder llegar a los resultados de cada objetivo propuesto se establecen cuatro etapas, las cuales se describen a continuación.

3.6.1.1. Primera Etapa: Diagnóstico y tratamiento de las características fisicoquímicas y microbiológicas de agua de los pozos 1 y 2 del Sector Lagartococha

En esta etapa se llevó cabo todas las actividades correspondientes a la evaluación de la calidad de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de los pozos donde se tomaron las muestras para el presente trabajo, este comprende diferentes actividades las cuales se describen a continuación:

- **Coordinación para el acceso a los lugares donde se encuentran los pozos.**

En lo que corresponde a esta etapa se presentó una solicitud a cada propietario del predio donde se encuentran los pozos, solicitando se nos autorice el acceso para poder desarrollar las actividades que involucra el estudio.

- **Planificación del monitoreo**

Se estableció en gabinete los días de muestro en los pozos de acuerdo a la respuesta de las solicitudes enviadas.

- **Etapa de muestreo**

En esta etapa se evaluó algunos parámetros In Situ y para los demás se tomaron muestras las cuales fueron analizadas en laboratorio acreditado INACAL. Se siguió la metodología para toma de muestra descrita en el Capítulo, ítem 3.2.3.

- **Tratamiento a nivel piloto.**

Luego de recibir los resultados de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de los pozos 1 y 2 se realizó los tratamientos a escala piloto en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión, para ello se utilizó 10 litros de muestra de agua de cada pozo.

Las correcciones necesarias de hipoclorito de calcio al 65% se determinaron de acuerdo a las especificaciones establecidas en el Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. del MINSA (2017), en Planes de Control de Calidad del Agua para Consumo Humano – PCC en el Programa de Adecuación Sanitaria – PAS, las soluciones se preparó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{DxV}{(\%x10)}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque

D = Dosis de cloro libre en mg/l de solución a prepararse (miligramos por litro), dosis para desinfección 50mg/L .

V = Volumen de agua de la estructura a desinfectar en litros.

% = Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado (HTH: 65%, 70%)

10 = Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto

El tratamiento de agua a nivel piloto se realizó de la siguiente manera:

- Se tomó una muestra de agua de los pozos 1 y 2 en baldes de plástico de 10 litros de capacidad.
- Se calculó el hipoclorito de calcio utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{D \times V}{(\% \times 10)} = \frac{\frac{50mg}{L} \times 10 L}{65\% \times 10} = 0,77 \text{ gramos}$$

- Se pesó 0,77 gramos de hipoclorito de calcio, el cual fue diluido en los 10 litros de muestra de agua de cada pozo
- Se dejó en reposo 10 minutos y luego pasó por un filtro de carbón de 2,5 de granulometría
- La muestra filtrada se colocó en los frascos que fueron enviados al Laboratorio Certificado por INDACAL

3.6.1.2. Segunda Etapa: Determinar el nivel de cumplimiento de las normas de saneamientos pertinentes basados en la OS 010

Para determinar el nivel de cumplimiento de las normas de saneamiento se realizó una verificación y un check list de acuerdo con la norma OS 010 *Captación y conducción de agua para consumo humano*, porque la norma OS 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los requisitos mínimos que deben tener los

diseños de captación y conducción de agua para consumo humano, en localidades mayores de 2000 habitantes.

Se tomó como referencia el Check list del pozo de la Universidad Peruana Unión, las características se muestran en la figura 2.

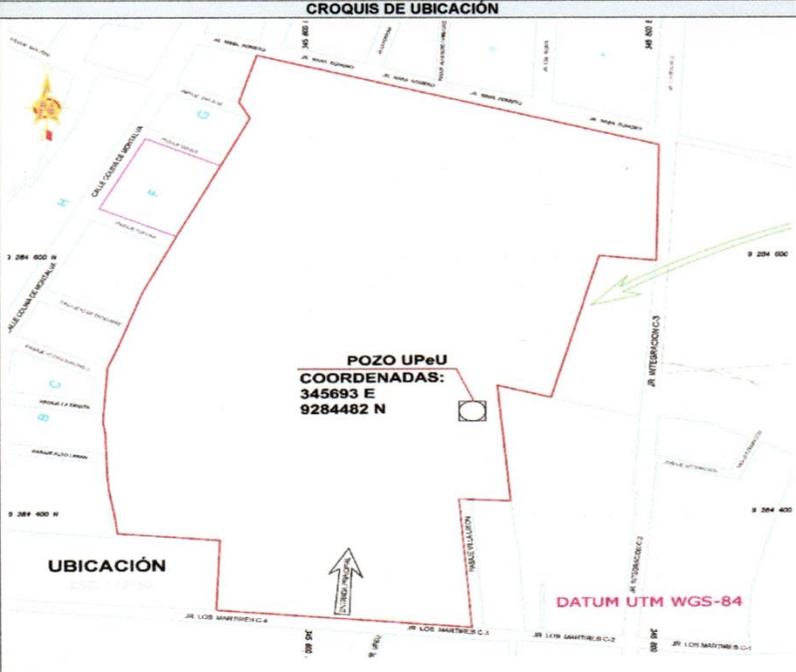
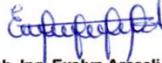
 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental		VALIDADO POR: DECM	FECHA: 23 / 03 / 2019
		VERSIÓN: 1.2	pag.1.1
PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DS. N°011-2006-VIVIENDA NORMA TÉCNICA OS-010- CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO			
PROYECTO:	"OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO 2019"		
DATOS DE FUENTE			
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN	PROVINCIA: SAN MARTÍN	DISTRITO: MORALES	SECTOR: SANTA ROSA
COORDENADAS (UTM WGS84)	X=345693E	Y=9284482N	ALTITUD:
CLASE Y TIPO DE USO:	Poblacional (X)	Domestico ()	Industrial () Otros usos:
VOLUMEN (m³)	33.743.52 m³	NOMBRE DEL TITULAR:	UNIVERSIDAD PERUANA UNION
N° LICENCIA DE USO: RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N°099-2015 ANA-AAA-H-ALA- TARAPOTO			
REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO			
CAPTACIÓN:	AGUA SUPERFICIAL ()		AGUA SUBTERRÁNEA (X)
TIPO DE POZO SUBTERRÁNEO:	Pozo profundo ()	Pozo excavado (X)	Galerías filtrantes () Manantiales ()
CONDUCCIÓN:	POR GRAVEDAD ()		
Canales ()	Velocidad de flujo (m/s) :		Recomendaciones: La velocidad de flujo no debe producir erosiones y en ningún caso será menos 0.60 (m/s).
Tuberías (X)	Tipo de suelo:	FRANCO ARENOSO	
	Tipo de Clima:	TROPICAL	
	Velocidad min de flujo (m/s):	0,78 m/s	Recomendaciones: No se debe producir depósitos ni erosiones en ningún caso será menor de 0.60 (m/s)
	Velocidad max de flujo (m/s):	4,3m/s	Recomendaciones: - En tubos de concreto 3m/s - En tubos de acero- cemento , acero y PVC (5 m/S)
Accesorios (X)	Válvula de aire (X)		Válvula de purga ()
CONDUCCIÓN:	POR BOMBEO (X)		Válvula de purga ()
OBSERVACIONES: - POZO ARTESANAL CON LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL RESERVORIO,			
CROQUIS DE UBICACIÓN			
			ELABORADO POR:  Bach. Ing. Evelyn Araceli Arévalo Melendez.
			VERIFICADO POR:  DELBERT ELEASK CONDORI MORERO INGENIERO AMBIENTAL Reg. S.P. N° 186403

Figura 2. Check list de la Universidad Peruana Unión
Fuente: Universidad Peruana Unión (2019).

3.6.1.3. Tercera Etapa: Optimización del sistema de abastecimiento de agua

El diseño de optimización del sistema de abastecimiento de agua se desarrolló teniendo en cuenta las especificaciones de la Norma Técnica OS 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los requisitos mínimos que deben tener los diseños de captación y conducción de agua para consumo humano, en localidades mayores de 2000 habitantes.

La estructura y los materiales del sistema de captación de agua fueron diseñados según las especificaciones de la norma OS 010. Al sistema de almacenamiento primario se le complementó con un sistema de tratamiento de agua por goteo (solución de hipoclorito de calcio), el agua tratada pasará a través de un filtro de carbón saliendo agua potable que será almacenado en un tanque para su distribución a la población consumidora.

3.6.1.4. Cuarta etapa: Procesamiento, presentación y análisis de resultados

Toda la información obtenida en las diferentes etapas fue organizada, comparada con los estándares establecidos en las diferentes normas peruanas, luego fueron colocadas y analizadas en el capítulo de resultados.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Determinación de la concentración físico-química y microbiológica del agua subterránea de dos pozos destinados al uso poblacional en el Distrito de la Banda de Shilcayo

En la tabla 9 se presentan los resultados de los análisis físicos, químicos del agua del pozo 1, sin tratamiento.

Tabla 9

Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de *Estándares	Sin Tratamiento
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,52
Turbidez NTU	NTU	5	4
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500	98,28
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 6	5,12
Conductividad	umho/cm	1 500	47,63
Fosfatos	mgPO ₄ P/L	**	0,42
Sulfatos	mg/L	250	0,28
Nitratos	mg/L	50	0,85
Nitritos	mg/L	3	1,01

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (categoría 1 – Subcategoría A1)

En la tabla 9 se observan que los resultados fisicoquímicos en el agua sin tratamiento del pozo 1 tiene: Potencial de hidrógeno (pH) fue 5,12; la turbidez del agua sin tratar fue de 4 NTU; la dureza total del agua fue 98,28 mg CaCO₃/L; el oxígeno

disuelto del agua sin tratar fue 5,12; la conductividad fue de 47, 63; los sulfatos, sulfatos, nitratos y nitritos cumplen con el estándar y sus valores son mínimos, según las ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

En la tabla 10 se presentan los resultados de los análisis físicos, químicos del agua del pozo 1, de agua tratada con hipoclorito de calcio.

Tabla 10

Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 con tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de *Estándares	Con tratamiento
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7,01
Turbidez NTU	NTU	5	0,5
Dureza Total	mg CaCO3/L	500	81,41
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 6	6,3
Conductividad	umho/cm	1 500	338,5
Fosfatos	mgPO ₄ -P/L	**	< 0,02
Sulfatos	mg/L	250	4,11
Nitratos	mg/L	50	< 0,003
Nitritos	mg/L	3	< 0,005

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 10 se observan que los resultados fisicoquímicos en el agua del pozo 1 con tratamiento el potencial de hidrógeno (pH) fue 7,10 considerado dentro de lo establecido; la turbidez del agua tratada fue 0, 5 NTU; la dureza total del agua con tratamiento fue 81,41 mg CaCO3/L; el oxígeno disuelto del agua tratada fue 6,30; la conductividad se fue de 338,5 ambos resultados cumplen con el estándar; los sulfatos, sulfatos, nitratos y nitritos cumplen con el estándar y sus valores son mínimos. En resumen, todos los resultados físico químicos de agua tratada cumplen con los valores

establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

Alcívar et al (2017) encontró que se han obtenido en los cuatro pozos analizados durante los tres monitores se encontró que el pH promedio general fue de 7,09; valor que se encuentra dentro de los parámetros de la norma TULSMA que es de 6,5 a 8,5 de pH. Los sólidos encontrados en promedio de los 4 pozos de 1000,15 mg/L que se encuentran entre los términos normales de rango establecidos en el TULSMA que mencionan que es de 1000 mg/l indicando que contiene una normal materia suspendida o disuelta en el medio acuoso

En la tabla 11 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos del agua del pozo 1, sin tratamiento.

Tabla 11

Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de	*Estándares	Sin Tratamiento
Coliformes totales	NMP/100 ml		50	< 1,8
Coliformes fecales	NMP/100 ml		20	< 1,8
Escherichia coli	NMP/100 ml		0	< 1,8
Algas	N° Organismos/ L		0	< 1
Copépodos	N° Organismos/ L		0	< 1
Organismos de vida libre	Nematodos	N° Organismos/ L	0	< 1
	Protozoarios	N° Organismos/ L	0	< 1
	Rotíferos	N° Organismos/ L	0	< 1

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 11 se observa que los resultados microbiológicos del agua sin tratar del pozo 1 contenía: Coliformes Totales y coliformes fecales con valores menores a 1, 8NMP/100 ml; los resultados de Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando las normas establecidas; los organismos de vida libre fueron valores menores a 1.

En la tabla 12 se presentan los resultados de los microbiológicos del agua del pozo 1, con tratamiento.

Tabla 12

Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 con tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de *Estándares	Con tratamiento
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	< 1,1
Coliformes fecales	NMP/100 ml	20	< 1,1
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	< 1,1
Algas	Nº Organismos/ L	0	0
Copépodos	Nº Organismos/ L	0	0
Organismos de vida libre	Nº Organismos/ L	0	0
Nematodos	Nº Organismos/ L	0	0
Protozoarios	Nº Organismos/ L	0	0
Rotíferos	Nº Organismos/ L	0	0

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 12 se observa que los resultados microbiológicos de agua tratada del pozo 1, los resultados fueron: Coliformes Totales y coliformes fecales los valores fueron menores que 1,1 NMP/100 ml considerados dentro de los estándares establecidos; los organismos de vida libre fueron eliminados a 0. En resumen, todos

los resultados microbiológicos de agua tratada cumplen con los valores establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

Alcívar et al (2017) Dentro de los parámetros microbiológicos se ha encontrado que los coliformes totales de tres monitoreos que arrojaron en promedio general de 2,590 NMP/100 ml, los que están por debajo de los estándares que establece la norma TULSMA que menciona que es 3000 NMP/100ml. En cuanto a lo coliformes fecales se encontró un promedio general para los tres monitoreos de los cuatro pozos que dio como resultado 217,5 NMP/100 ml, los cuales se encuentran por debajo de los establecido en la norma que es de 600 NMP/100 ml.

En la tabla 13 se presentan los resultados de los análisis físico químicos del agua del pozo 2 sin tratamiento.

Tabla 13

Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 2 sin tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de *Estándares	Sin Tratamiento
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,4
Turbidez NTU	UNT	5	6
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500	60,17
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 6	4,85
Conductividad	umho/cm	1 500	57,46
Fosfatos	mgPO ₄ -P/L	**	0,54
Sulfatos	mg/L	250	3,14
Nitratos	mg/L	50	1,05
Nitritos	mg/L	3	1,32

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 13 se observan que los resultados fisicoquímicos en el agua sin tratar del pozo 2 fueron: Potencial de hidrógeno (pH) 5,40; la turbidez fue de 6 NTU; la dureza

total fue 60,17 mg CaCO₃/L; el oxígeno disuelto fue 4,85 menor al estándar; la conductividad fue 57, 46; los sulfatos, sulfatos, nitratos y nitritos cumplen con el estándar y sus valores son mínimos.

En la tabla 14 se presentan los resultados de los análisis físico químicos del agua del pozo 2 con tratamiento.

Tabla 14

Resultados fisicoquímicos del agua del pozo 1 con tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de *Estándares	Con tratamiento
Potencial de hidrogeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,91
Turbidez NTU	UNT	5	0,5
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500	71,51
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 6	6,2
Conductividad	umho/cm	1 500	333,6
Fosfatos	mgPO ₄ P/L	**	< 0,02
Sulfatos	mg/L	250	3,45
Nitratos	mg/L	50	< 0,003
Nitritos	mg/L	3	< 0,005

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 14 se observan que los resultados fisicoquímicos en el agua con tratamiento del pozo 2 que fueron: Potencial de hidrógeno (pH) fue de 6,91 cumpliendo con lo establecido; la turbidez del agua fue 0, 5 NTU; la dureza total del agua fue 71,51 mg CaCO₃/L; el oxígeno disuelto fue de 6,20 cumpliendo con el estándar establecido; la conductividad fue de 333,6; los sulfatos, sulfatos, nitratos y nitritos cumplen con el estándar y sus valores son mínimos. En resumen, todos los resultados físico químicos con tratamiento de hipoclorito de calcio (65%) a 50mg/L de agua cumplen con los

valores establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

Molina (2018) encontró que la dureza total del agua subterránea de Corire posee bajos niveles en verano ya que la muestra M1 posee 473,80 mg/L $CaCO_3$ y un valor máximo de 540,69 mg/L $CaCO_3$ en las estaciones de Invierno y Otoño (M3), que en promedio dan 529.94 mg/L $CaCO_3$ valor que se encuentra por encima de lo establecido por DS N° 031-2010-SA. de 500,00 mg/L $CaCO_3$ por lo que se la considera como muy dura. En el análisis de sulfatos se encontró que los niveles son bajos durante el otoño de 258,50 SO_4^{2-} mg/L en la muestra M1 y con un valor máximo en la muestra M2 con 432,10 SO_4^{2-} mg/L en la época de invierno con lo que se determinó que los sulfatos se encuentran por encima de los valores establecidos en el DS N° 031-2010-SA. de 250,00 mg/L en la fase de muestreo.

En la tabla 15 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos del agua del pozo 2 sin tratamiento.

Tabla 15

Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 sin tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de	*Estándares	Sin Tratamiento
Coliformes totales	NMP/100 ml		50	540
Coliformes fecales	NMP/100 ml		20	< 1,8
Escherichia coli	NMP/100 ml		0	< 1,8
Algas	N° Organismos/ L		0	< 1
Copépodos	N° Organismos/ L		0	< 1
Organismos de vida libre	Nematodos	N° Organismos/ L	0	< 1
	Protozoarios	N° Organismos/ L	0	< 1
	Rotíferos	N° Organismos/ L	0	< 1

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 15 se observan los resultados microbiológicos del pozo 2, los que demostraron que: Los Coliformes Totales en agua fueron 540 NMP/100 ml sobrepasando los estándares establecidos; los coliformes fecales en agua sin tratar fueron menores a 1,8 NMP/100 ml y Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando las normas establecidas.

En la tabla 16 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos del agua del pozo 2 con tratamiento.

Tabla 16

Resultados microbiológicos del agua del pozo 1 con tratamiento.

Parámetros	Unidad medida	de	*Estándares	Con tratamiento
Coliformes totales	NMP/100 ml		50	< 1,1
Coliformes fecales	NMP/100 ml		20	< 1,1
Escherichia coli	NMP/100 ml		0	< 1,1
Algas	Nº Organismos/ L		0	0
Copépodos	Nº Organismos/ L		0	0
Organismos de vida libre	Nematodos	Nº Organismos/ L	0	0
	Protozoarios	Nº Organismos/ L	0	0
	Rotíferos	Nº Organismos/ L	0	0

Fuente. ECAS Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Categoría 1 – subcategoría A1)

En la tabla 16 los resultados microbiológicos del pozo 2 demostraron que: Los Coliformes Totales en agua tratada fue menor a 1,1 NMP/100 ml cumpliendo con la norma; los coliformes fecales fue menor a 1,1 NMP/100 ml y Escherichia Coli fue menor de 1,1 NMP/100 ml considerado dentro de los estándares establecidos; los organismos de vida libre fueron eliminados. En resumen, todos los resultados microbiológicos con tratamiento de hipoclorito de calcio (65%) a 50mg/L de agua cumplen con los valores

establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

Molina (2018) encontró que los coliformes totales se encontró que en el agua subterránea de Corire se encontró valores máximos en la primavera en el que las muestras M2 y M3 que tienen valores superiores a 23,00 NMP/100 mL que se encuentran por encima de lo establecido por DS N° 031-2010-SA. de $\leq 1,8$ NMP/100 mL los mismo que en el otoño e Invierno (M2 y M3) ya no se encontraron. Así mismo, se encontró Coliformes fecales en la primavera por las tres muestras, sobre todo en las muestras M2 y M3 con valores por encima de 23,00 NMP/100mL mayores establecido por el DS N° 031-2010-SA. De $\leq 1,8$ NMP /100mL.

Soriano (2018) menciona que en la provincia de Cajamarca en aguas subterráneas obtuvo concentraciones promedio de los parámetros microbiológicos que corresponden al primer punto de muestra (AS-01) es de 445 NMP/100mL de coliformes totales y de 187 NMP/100MI en coliformes termotolerantes. En comparación con el segundo punto de muestra (AS-02) que fue de 566,667 NMP/100mL de coliformes totales y se encontró 22,667 NMP/100mL de coliformes termotolerantes. Así mismo, en el tercer nivel de muestra (AS-03) los promedios fueron de 565 NMP/100mL de coliformes totales y los coliformes termotolerantes fueron de 18,93 NMP/100mL

4.1.2. Determinar el nivel de cumplimiento del Sistema de Abastecimiento según la Norma Técnica OS.010

En la figura 3 se presenta las características del pozo 1 del Sector Lagartococha del distrito de la Banda de Shilcayo.

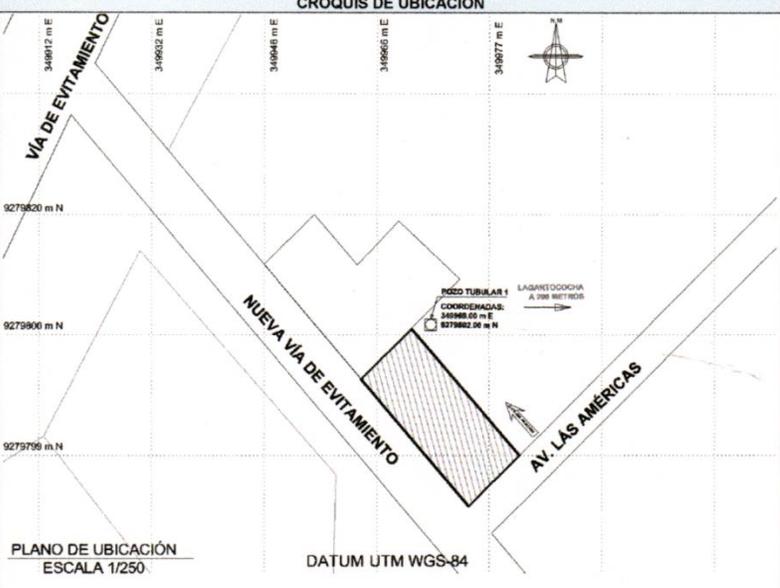
 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental		VALIDADO POR: DECM	FECHA: 26/04/2019
		VERSIÓN: 1.2	pag.1.1
PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DS. N°011-2006-VIVIENDA NORMA TÉCNICA OS-010- CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO			
PROYECTO:	*OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO,2019*		
DATOS DE FUENTE			
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN	PROVINCIA: SAN MARTÍN	DISTRITO: BANDA DE SHILCAYO	SECTOR: LAGARTOCOCHA
COORDENADAS (UTM WGS84)	X=349969E	Y=9279802	ALTITUD: 265 m.s.n.m
CLASE Y TIPO DE USO:	Poblacional (X)	Doméstico (X)	Industrial () Otros usos:
VOLUMEN (m³)	630,72 m³	NOMBRE DEL TITULAR:	LUIS ALCIDES LAIZA URQUIZA
N° LICENCIA DE USO: RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N°096-2018-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA			
REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO			
CAPTACIÓN:	AGUA SUPERFICIAL ()		AGUA SUBTERRÁNEA (X)
TIPO DE POZO SUBTERRÁNEO:	Pozo profundo ()	Pozo excavado (X)	Galerías filtrantes () Manantiales ()
CONDUCCIÓN:	POR GRAVEDAD ()		
Canales ()	Velocidad de flujo (m/s) :		Recomendaciones: La velocidad de flujo no debe producir erosiones y en ningún caso será menos 0.60 (m/s).
Tuberías (X)	Tipo de suelo:	FRANCO ARENOSO	
	Tipo de Clima:	TROPICAL	
	Velocidad min de flujo (m/s):	0,71 m/s	Recomendaciones: No se debe producir depósitos ni erosiones en ningún caso será menor de 0.60 (m/s)
	Velocidad max de flujo (m/s):	4,2 m/s	Recomendaciones: - En tubos de concreto 3m/s - En tubos de acero-cemento , acero y PVC (5 m/s)
Accesorios (X)	Válvula de aire (X)	Válvula de purga ()	
CONDUCCIÓN:	POR BOMBEO (X)		
	Válvula de aire (X)	Válvula de purga ()	
OBSERVACIONES:			
- POZO ARTESANAL CON USO DOMESTICO-POBLACIONAL SIN TRATAMIENTO DE DESINFECCION.			
CROQUIS DE UBICACIÓN			
		ELABORADO POR:  BACH. ING. EVELYN ARACELI ARÉVALO MELENDEZ. VERIFICADOR	
PLANO DE UBICACIÓN ESCALA 1/250. DATUM UTM WGS-84		VERIFICADO POR:  LUIS ALCIDES LAIZA URQUIZA TITULAR DEL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA	

Figura 3. Check list del pozo 1
Fuente: Elaboración Propia (2019).

En las figuras 3 observamos la lista de chequeo del cumplimiento de los requisitos para un sistema de abastecimiento de agua. El pozo 1 que produce agua para consumo humano fue autorizado con la Resolución Directoral N° 096-2018-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA, el 16 de febrero del 2018. El pozo es tubular, siendo excavado en suelo franco arenoso y tiene capacidad de almacenamiento de 630,72m³ su velocidad de flujo es de 0,71 m/s cumpliendo con las recomendaciones de no ser menor a 0,6m/s. el sistema de abastecimiento cumple con las normas establecidas; sin embargo, por falta de un sistema de tratamiento el agua incumple algunas características fisicoquímicas y microbiológicas, siendo necesario complementar al sistema de abastecimiento con un sistema de tratamiento.

En la figura 4 se presenta las características del pozo 2 del Sector Lagartococha del distrito de la Banda de Shilcayo

 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental		VALIDADO POR: DECM	FECHA: 26/04/2019
		VERSIÓN: 1.2	pag.1.1
PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DS. N°011-2006-VIVIENDA NORMA TÉCNICA OS-010- CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO			
PROYECTO:	*OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, 2019*		
DATOS DE FUENTE			
DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN	PROVINCIA: SAN MARTÍN	DISTRITO: BANDA DE SHILCAYO	SECTOR: LAGARTOCOCHA
COORDENADAS (UTM WGS84)	X=350266E	Y=9279600	ALTITUD: 277 m.s.n.m
CLASE Y TIPO DE USO:	Poblacional (X)	Doméstico (X)	Industrial () Otros usos:
VOLUMEN (m³)	210.25 m³	NOMBRE DEL TITULAR:	LUIS ANTONIO ÁLVAREZ REYES
N° LICENCIA DE USO: RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N°023-2017-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA			
REQUISITOS DE CUMPLIMIENTO			
CAPTACIÓN:	AGUA SUPERFICIAL ()		AGUA SUBTERRÁNEA (X)
TIPO DE POZO SUBTERRÁNEO:	Pozo profundo ()	Pozo excavado (X)	Galerías filtrantes () Manantiales ()
CONDUCCIÓN:	POR GRAVEDAD ()		
Canales ()	Velocidad de flujo (m/s):	Recomendaciones: La velocidad de flujo no debe producir erosiones y en ningún caso será menor 0.60 (m/s).	
Tuberías (X)	Tipo de suelo:	FRANCO ARENOSO	
	Tipo de Clima:	TROPICAL	
	Velocidad min de flujo (m/s):	0,77 m/s	Recomendaciones: No se debe producir depósitos ni erosiones en ningún caso será menor de 0.60 (m/s)
	Velocidad max de flujo (m/s):	4,6 m/s	Recomendaciones: - En tubos de concreto 3m/s - En tubos de acero-cemento, acero y PVC (5 m/s)
Accesorios (X)	Válvula de aire (X)	Válvula de purga ()	
CONDUCCIÓN:	POR BOMBEO (X)		
	Válvula de aire (X)	Válvula de purga ()	
OBSERVACIONES:			
- POZO ARTESANAL CON USO DOMESTICO-POBLACIONAL SIN TRATAMIENTO DE DESINFECCION.			
CROQUIS DE UBICACIÓN			
 <p>ELABORADO POR:</p> <p>BACH. ING. EVELYN ARACELI ARÉVALO MELENDEZ. VERIFICADOR</p> <p>VERIFICADO POR:</p> <p> LUIS ANTONIO ÁLVAREZ REYES TITULAR DEL USO DE AGUA SUBTERRÁNEA</p> <p>PLANO DE UBICACIÓN ESCALA 1/100</p> <p>DATUM UTM-WGS-84</p>			

Figura 4. Check list del pozo 2
Fuente: Elaboración Propia (2019)

En la figura 4 observamos la lista de chequeo del cumplimiento de los requisitos para un sistema de abastecimiento de agua. El pozo 2 que produce agua para consumo humano fue autorizado con la Resolución Directoral N° 823-2017-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA, el 15 de noviembre del 2017. El pozo es tubular, siendo excavado en suelo franco arenoso y tiene capacidad de almacenamiento de 42 258, 24 m³ su velocidad de flujo es de 0,77 m/s cumpliendo con las recomendaciones de no ser menor a 0,6m/s. el sistema de abastecimiento cumple con las normas establecidas en el aspecto estructural; pero no tiene un sistema de tratamiento el agua que garantice su calidad incumpliendo algunas características fisicoquímicas y microbiológicas, siendo necesario complementar al sistema de abastecimiento con un sistema de tratamiento.

4.1.3. Optimizar el sistema de abastecimiento según las especificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones

En la figura 5 se presenta el plano del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua para consumo humano del pozo 1.

En la figura 6 se presenta el plano del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua para consumo humano del pozo 2.

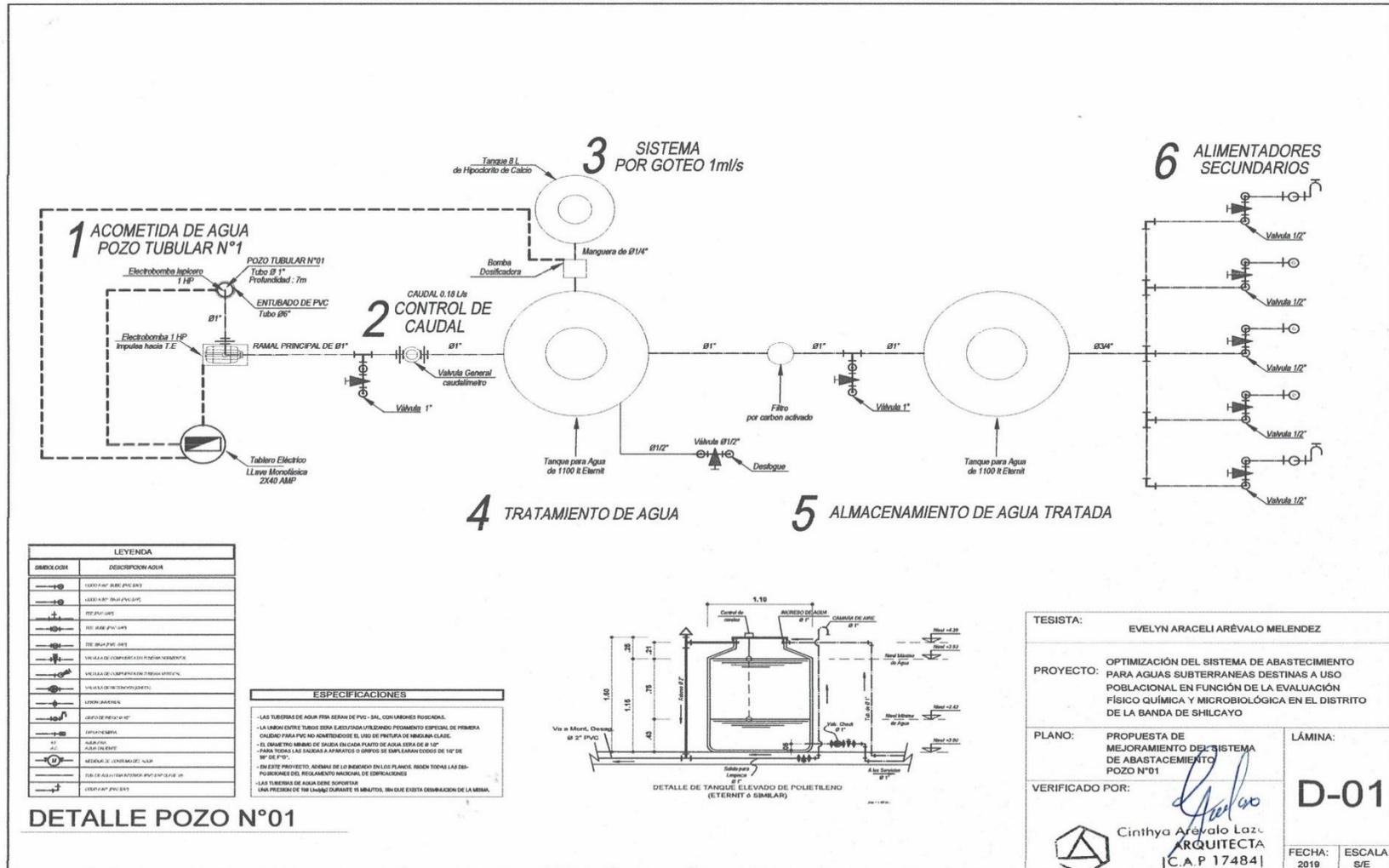


Figura 5. Plano del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua del pozo 1. Fuente: Elaboración Propia (2019)

En la figura 5 y 6 se observa se observa características similares en el sistema de abastecimiento de agua del pozo 1 y 2. Considerando que el check list de la estructura del sistema de abastecimiento de agua está conforme a las normas OS010 y el Reglamento Nacional de Edificaciones para ambos pozos, las optimizaciones del sistema de abastecimiento de agua para los dos pozos sólo necesitan agregar el sistema de tratamiento de agua por goteo que consisten en lo siguiente:

El tanque de almacenamiento de agua sin tratar que tienen una capacidad de 1100 litros se le adjunta un pequeño tanque de 8 litros, en el que se colocará 6 litros de solución de hipoclorito de calcio que tendrá un sistema de goteo de 1ml/s. Los cálculos se realizaron de la siguiente manera:

El caudal del agua permite llenar un balde de 10 litros en 55 segundos, considerando que el tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 1100 litros de los cuales 6 litros es la solución de hipoclorito de calcio. ¿Cuánto tiempo demorará en llenar 1094 litros de agua sin tratar?

$$\textit{T tiempo de llenado del tanque} = \frac{1094L \times 55s}{10L} = 6017 \textit{ segundos}$$

¿Cuánto de hipoclorito de calcio será necesario para desinfectar los 1100 litros de agua?

Según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del MINSA (2017), presentado en Planes de Control de Calidad del Agua para Consumo Humano – PCC en el Programa de Adecuación Sanitaria – PAS, la fórmula para determinar el peso de hipoclorito de calcio es:

$$P = \frac{D \times V}{(\% \times 10)}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque

D = Dosis de cloro libre en mg/l de solución a prepararse (miligramos por litro (ppm)).

V = Volumen de agua de la estructura a desinfectar en litros.

% = Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado (HTH : 65%, 70%)

10 = Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto

$$P = \frac{50 \text{mg/L} \times 1100}{(65\% \times 10)} = 84,62 \text{ gramos de hipoclorito de calcio}$$

Puesto que el tanque de almacenamiento necesita 6017 segundos para que llene 1094 litros, entonces los 84,62 gramos de hipoclorito de calcio será diluido en 6000 mililitros (6L) de agua, que a razón de un mililitro por segundo se necesitará 6000 segundos para su completo vaciado al tanque de llenado, quedan solo 17 segundos de ingreso de agua sin tratar que completarán los 1100 litros de agua en el tanque almacenamiento.

El agua tratada con hipoclorito de calcio pasará a través de un filtro de carbón activado granular de 2,5 pies cúbicos, con válvulas de control de ingreso y salida.

El agua tratada a la salida del filtro de carbón será almacenada en un tanque de 1100 litros de agua, para su posterior distribución a los consumidores.

4.2. Discusiones

4.2.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua

En el pozo 1 las características fisicoquímicas que no se encontraban en el rango con los valores establecidos en las ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN-Categoría 1 – subcategoría A1), fue el pH que tuvo un valor de 5,12, posiblemente estos valores se deben a que el agua proceden de suelos ácidos, al respecto la FAO (2016) menciona que la acidez de la capa superior del suelo y del sub suelo ($pH < 5,5$) afecta entre el 30% y 75 de la superficie terrestre. En los resultados microbiológicos, la Eschericha Coli en el agua sin tratar fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando las normas establecidas. La Eschericha Coli en el agua demuestran que existe fuerte y reciente contaminación con aguas residuales o contaminación de residuos de animales, por ello es importante tener en cuenta que la Eschericha Coli puede ingresar al agua con la lluvia el agua de los ríos, arroyos, lagos o aguas subterráneas (Griffith, Weisberg, & McGee, 2003; Roslev & Bukh, 2011). La presencia de Eschericha Coli es un indicador de que los sistemas de desagüe no funcionan adecuadamente en la zona de ubicación del pozo o los suelos están contaminados, por ello es necesario que el agua de consumo humano reciba un tratamiento de desinfección para eliminar los microorganismos y regular pH, conforme a lo establecido por las normas ECAs.

4.2.2. Nivel de cumplimiento de las normas de saneamiento

Según la lista de control o check list del pozo tubular 1 y 2 fueron construidos de acuerdo con los requisitos mencionados en la norma OS010. La profundidad de ambos pozos es de 7 metros con un diámetro superior a 1,5 metros; con obras civiles y el uso

de materiales adecuados como: Un entubado de PVC de 6 pulgadas de diámetro, sobre el cual está colocado un tubo de PVC de una pulgada de diámetro para succionar el agua, este proceso se realiza a través de una electrobomba de 1HP, los pozos están revestidos y tapados con una tapa de concreto. El agua extraída es derivada el agua hacia un tanque de polietileno de 1100 litros, el caudal de agua cumple satisfactoriamente los requerimientos de los usuarios consumidores. Después de haber construido el pozo cada dueño realizó la solicitud de licencia de uso de agua domestica a la Autoridad nacional del Agua, quienes luego de revisar otorgaron la autorización conforme a ley. Ibañez y Sandoval (2015) menciona que después de haber construido el pozo es necesario considerar ciertos parámetros e indicaciones para el funcionamiento, se debe realizar observaciones y medidas diarias tales como: La temperatura del agua, verificar y registrar lecturas de presión manométrica, el funcionamiento de la bomba, y niveles de agua del pozo; se recomienda tener un plan de mantenimiento periódico del pozo con el propósito de evitar obstrucciones, desgaste de bomba, también se debe tomar muestras de agua y realizar los respectivos análisis del agua con el objetivo de evitar enfermedades en los consumidores, los tratamientos de agua permitirán eliminar bacterias u organismos que afecten la salud del consumidor.

4.2.3. Optimización del sistema de agua

El sistema de abastecimiento de agua estructuralmente cumple los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones y la norma OS010; sin embargo, la calidad de agua no cumplía todos los parámetros establecidos en ECAs

(Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1). Por lo tanto, se propone la implementación de un sistema de tratamiento de agua con hipoclorito de calcio a 50mg/L, con la finalidad que el agua sea desinfectada y luego de pasar por un filtro de carbón, sea totalmente inocua y de calidad para el consumo humano. Collazo y Montaña (2012).menciona que la calidad como la cantidad de agua subterránea son muy importantes. Disponer de recursos hídricos subterráneos para los diferentes usos dependerán de la calidad de su composición biológica, química y radiológica, así como de los efectos que causas sus componentes. Los conjuntos de todos estos permitirán establecer patrones de calidad del agua, clasificándolas de acuerdo a sus usos (consumo humano, industrial, agrícola o para el consumo de animales) y a los límites para los que son aptos.

El sistema de tratamiento es fundamental porque garantizará la calidad del agua en los aspectos físicos, químicos y microbiológicos asegurando el consumo seguro. Por ello se propone un tratamiento sencillo que consiste en disolver 84,62 gramos de hipoclorito de calcio en 6 litros de agua y añadir por goteo conforme ingresa el caudal de agua al tanque de almacenamiento. El filtro de carbón absorberá el hipoclorito de calcio y las sustancias y partículas indeseables en el agua. El carbón activado es utilizado en filtros para tratamiento del agua para consumo humano, existen una gran diversidad de investigaciones que se realizaron con la finalidad de verificar los niveles de remoción de contaminantes orgánicos dispersos en el agua. Además de contaminantes el carbón activado es utilizados para mejorar las características organolépticas del agua, siendo implementando por las industrias con el propósito de remover olor y color del agua (McCreary & Snoeyink, 1977)

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Las características físico químicas y microbiológicas del agua del pozo 1, demostraron que el pH del agua fue 5,12 a 7,10; la turbidez fue de 4 NTU a 0,5 NTU; la dureza total fue 98,28 mg CaCO₃/L a 81,41 mg CaCO₃/L; el oxígeno disuelto fue 5,12 a 6,30; la conductividad fue de 47,63 a 338,5 en agua sin tratar y tratada, respectivamente. Los coliformes totales y coliformes fecales tenían valores menores a 1,8 NMP/100 ml y menores que 1,1 NMP/100 ml; la Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml (sobrepasando lo permitido) y menores de 1,1 NMP/100 ml en agua sin tratar y tratada, respectivamente. En resumen, todos los resultados microbiológicos de agua tratada cumplen con los valores establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).
- Las características físico químicas y microbiológicas del agua del pozo 2, demostraron que el pH fue 5,40 a 6,91; la turbidez fue de 6 NTU y 0,5 NTU; la dureza total fue 60,17 mg CaCO₃/L a 71,51 mg CaCO₃/L; el oxígeno disuelto fue 4,85 a 6,20; la conductividad fue de 57,46 a 333,6 en agua sin tratar y tratada, respectivamente. Los resultados microbiológicos demostraron que: Los Coliformes Totales fueron 540 NMP/100 ml (sobrepasando los estándares) y 1,1 NMP/100 ml; los coliformes fecales fueron menores a 1,8 NMP/100 ml disminuyendo a valores

menores 1,1 NMP/100 ml y Escherichia Coli fue menor a 1,8 NMP/100 ml sobrepasando las normas establecidas, luego del tratamiento del agua el valor disminuyó a menos de 1,1 NMP/100 ml considerado dentro de los estándares establecidos; los organismos de vida libre disminuyó de valores menores a 1 a cero. En resumen, todos los resultados microbiológicos con tratamiento de hipoclorito de calcio (65%) a 50mg/L de agua cumplen con los valores establecidos en los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN- Categoría 1 – subcategoría A1).

- El check list realizado demostró que la estructura y los materiales de los pozos 1 y 2 cumplen con la norma OS.010, además cuentan con la respectiva autorización del Autoridad Nacional del agua para su funcionamiento. Por tanto, para que sistema de abastecimiento sea óptimo se recomienda implementar un sistema de tratamiento de agua por goteo con solución de hipoclorito de calcio y un filtro de carbón activado en ambos pozos, con la finalidad de garantizar la inocuidad del agua.
- Para corregir las características fisicoquímicas y microbiológicas que están fuera de las normas ECAs se propone un sistema de tratamiento de agua conforme se muestra en los planos presentados en las figuras 7 y 8. El sistema de tratamiento de agua consiste en un tanque de 8 litros en el cual se colocará 6 litros de una solución de hipoclorito de calcio a 50mg/L para desinfección del agua y el posterior paso del agua a través de un filtro de carbón.

5.2. Recomendaciones

- Cada 3 meses deben realizar análisis fisicoquímico del agua para verificar los parámetros establecidos en las normas de calidad de agua para consumo humano y se debe abrir válvula de desfogue para drenar los lodos sedimentados en el fondo del tanque de agua en tratamiento.
- Tener en cuenta que los materiales especialmente de fierro se deterioran y podrían producir sustancias perjudiciales para la salud del consumidor. Por tanto, cada 6 meses se debe verificar la estructura y el estado de los materiales del sistema de abastecimiento de agua.
- Se sugiere a los propietarios de los pozos 1 y 2 realizar la optimización del sistema de tratamiento de agua con un sistema de goteo de hipoclorito de calcio y un filtro de carbono conforme a lo establecido en los planos de las figuras 7 y 8.

Referencias

- AECID, C. de F. de la C. E. en L. A. G. (2017). La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo. *Centro de Formación de La Cooperación Española En La Antigua Guatemala*.
- Alcívar, J. ., Mariscal, W., Sorroza, N. ., Villacres, R., García, F. S., & Mariscal, R. . (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 3, 183–206.
- ATALC, A. de la tierra en A. L. y el C. (2016). Estado del agua en America Latina y el Caribe. Retrieved from <http://atalc.org/wp-content/uploads/2017/03/Informe-del-agua-LQ.pdf>
- Bolaños, J. ., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Collazo, M. ., & Montaña, J. (2012). *Manual de agua subterránea* (Primera ed). Uruguay. <https://doi.org/978-9974-594-09-8>
- Díaz, P. (2018). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la Chuspishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. Universidad Peruana Unión.
- Díaz, W. . (2017). *Evaluación y optimización de tratamiento de agua potable del*

municipio de Tena en el departamento de Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia.

EPA, A. de P. A. (2012). Guía para el Ciudadano sobre tratamiento con carbón activado. *Guías Para El Ciudadano*.

Espinoza, C. (2009). Propiedades físicas del agua Subterránea y acuíferos.

FAO. (2016). Acidificación del suelo. *Organizacion De Las Naciones Unidas Para La Alimentacion Y La Agricultura*, 1–2.

Flores, J. . (2016). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.

García, L., & Iannacone, J. (2014a). Pseudomonas Aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de sudamérica. *The Biologist (Lima)*, 12(1), 133–152. Retrieved from file:///C:/Users/Diana/Downloads/Dialnet-EfectoDeTBTEnAcetilcolinesterasaDePernaPernaLinnae-4755725.pdf

García, L., & Iannacone, J. (2014b). Pseudomonas Aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de sudamérica. *The Biologist (Lima)*, 12(1), 133–152.

Gómez, A., Klose, W., & Rincón, S. (2010). *Carbón activado de cuesco de palma: Estudio de termogravimetría y estructura*. *Gastroenterologia y Hepatologia* (Vol. 29). Kasse I- Alemania. <https://doi.org/10.1157/13083256>

- Griffith, J. F., Weisberg, S. B., & McGee, C. D. (2003). Evaluation of microbial source tracking methods using mixed fecal sources in aqueous test samples. *J. Wat. Health*, 1(4), 2003.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación. 5ta Edición. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Huancas, A. (2018). *Determinación de la concentración de contaminantes físicos químicos y bacteriológicos en los cuerpos de agua de la margen izquierda del río mayo, 2017.* Universidad Nacional de San Martín. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.07.026>
- Ibañez, J., & Sandoval, C. (2015). *Diseño de sistemas de pozos para la captación de agua subterránea: Caso de estudio la Mojana.* Universidad Católica de Colombia. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.023>
- IDEAM, I. de H. M. y E. A. (2015). *Principios básicos para el conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en colombia.*
- Loeches, M. ., & Rebollo, L. . (2007). *Aguas superficiales y subterráneas del Campus.* España. <https://doi.org/ISSN:1885-625X>
- López, J. ., Fornés, J. ., Ramos, G., & Villarroja, F. (2009a). *Las aguas subterráneas: Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España* (Cuarta edi). España. Retrieved from [https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed.../educacion ambiental.pdf](https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed.../educacion%20ambiental.pdf)

- López, J. ., Fornés, J. ., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009b). *Las aguas subterráneas: Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España* (Cuarta edi). España.
- Mamani, E. . (2012a). *Propuesta de estándares nacionales de calidad ambiental para agua subterránea. Perú*. Retrieved from <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2014/04/3.6.pdf>
- Mamani, E. . (2012b). *Propuesta de estándares nacionales de calidad ambiental para agua subterránea. Perú*.
- McCreary, J. J., & Snoeyink, V. L. (1977). Granular Activated Carbon in Water Treatment. *American Water Works Association Journal*, 69(8), 437–444.
- MINAM, M. del A. (2017). DS N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). *El Peruano*, 10, 10–19. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Minsa, M. de S. (2018a). Plan de vigilancia de la calidad de agua. *N°092-2018-SA-DG-INR*. Retrieved from http://www.inr.gob.pe/transparencia/transparencia-inr/resoluciones/2018/RD_092-2018-SA-DG-INR.pdf
- Minsa, M. de S. (2018b). Plan de vigilancia de la calidad de agua. *N°092-2018-SA-DG-INR*.
- MINSA, M. de S. (2017). *Desinfección de sistemas, caracterización de fuentes de agua y cloración del agua para consumo humano*. Lima - Perú.

- Molina, L. . (2018). *Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*. Universidad Nacional de San Agustín.
- MPSM. (2015). *Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de San Martín 2007 - 2015*. Tarapoto.
- OMS, O. M. de la S. (2006a). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera ed). Ginebra.
- OMS, O. M. de la S. (2006b). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera ed). Ginebra. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS, O. M. de la S. (2018a). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]*. Ginebra. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OMS, O. M. de la S. (2018b). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]*. Ginebra.
- OPS/OMS, O. P. de la S. O. M. de la S. (2006). *Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro*. Guatemala.
- Ordoñez, J. . (2011a). *Aguas Subterráneas - Acuíferos*. Sociedad Geografica de Lima,

- 2–44. Retrieved from http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Aguas_Subterraneas.pdf
- Ordoñez, J. . (2011b). Aguas Subterráneas - Acuíferos. *Sociedad Geografica de Lima*, 2–44.
- Reyna, C., & Valera, C. (1960). *Santa Biblia Reyna Valera* (3era ed.). Londres.
- Roslev, P., & Bukh, A. S. (2011). State of the Art Molecular Markers for Fecal Pollution Source Tracking in Water. *Appl Microbiol Biotechnol*, 89, 1341–1355.
- Rubio, H. ., Balderrama, L. ., Burrola, E., Aguilar, N., & Saucedo, R. . (2015). Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 7, 178–201.
- Segovia, M. . (2015). *Estudio hidrogeoquímico de las aguas subterráneas del sector Norte de la Cuenca Pampa del Tamarugal, entre latitud 19° S y 20° S, región de Tarapacá, Chile*. Universidad de Chile.
- Sevilla U. (2002). Manual de carbón activado. *Aula.Aguapedia.Org*, 1–89. Retrieved from http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod_resource/content/1/CARBoN ACTIVO DEFINITIVO tar.pdf
- Soriano, M. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímicas y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en ele centro poblado Pata Pata - 2018*. Universidad Privada del Norte.
- Torres, W. (2014). *Determinación del nivel de contaminación biológica por coliformes*

fecales en acuíferos no confinados (pozos) de usos para consumo humano.

Universidad Nacional de San Martín. Retrieved from

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ingeniero+ambi>

ental#0

Anexos

Anexo 1. Solicitud al ANA para obtener información de los pozos autorizados

FORMULARIO N° 003

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Autoridad Administrativa Especializada en Aguas
VENTANILLA ÚNICA
RECEPCIÓN

	PERU	Ministerio de Agricultura y Riego	Autoridad Nacional del Agua	N° de registro 12 DIC 2019 Recibido: <i>ES</i> Hora: 12:03 CUB: 219959
---	-------------	--	------------------------------------	--

SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA
 (Texto Único Ordenado de la ley N°: 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N°: 043-2003-PCM)

I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN
Entidad Administrativa del Agua Huallaga - Tumbapeto

II. DATOS DEL SOLICITANTE

APELLIDOS Y NOMBRES / RAZON SOCIAL	DOCUMENTO DE IDENTIDAD
<i>MEMBRER EVELYN ARACELI</i>	D.N.I./LM/C.E OTRO <i>70748938</i>

DOMICILIO

AV. / CALLE - JR. / PSJ	N° / DPTO / INT	DISTRITO	URBANIZACIÓN
<i>Av. PERU</i>	<i>304</i>	<i>Huacapistán</i>	<i>—</i>
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO
<i>SAN MARTÍN</i>	<i>SAN MARTÍN</i>	<i>evee.aravalo@gmail.com</i>	<i>976/25557</i>

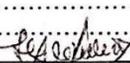
III. INFORMACIÓN SOLICITADA

- * Ubicación de los administrados que cuentan con derecho de uso de agua subterránea en los distritos de Huacapistán, Tumbapeto y la Banda de Huacapistán
- * Datos de volúmenes en cada pozo.
- * Calidad de las aguas subterráneas

IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN
AAA - Huallaga

V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (MARCAR CON UNA "X") Ver Nota

COPIA SIMPLE	CD	CORREO ELECTRÓNICO <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO
--------------	----	--	------

APELLIDOS Y NOMBRES	FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN
<i>Firma:  Aravalo Meléndez Evelyn A.</i>	

Anexo 2. Autorización del uso del pozo 1 – Sector Lagartococha

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 096-2018-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA**

Tarapoto, 16 de febrero de 2018

VISTO:

El Expediente Administrativo con **CUT N° 171460-2017**, sobre otorgamiento de Licencia de Uso de Agua Subterránea con Fines Doméstico - Poblacional en vías de regularización, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29338 -"Ley de Recursos Hídricos"-, y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, modificado con Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, y la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, que aprueba el "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", se regula la administración y Gestión de los Recursos Hídricos en el país;

Que, el artículo 47° de la Ley N° 29338 -"Ley de Recursos Hídricos"-, señala que la Licencia de Uso de Agua es un derecho de uso mediante el cual la Autoridad Nacional del Agua, otorga a su titular la facultad para usar este recursos natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente Resolución que la otorga;

Que, con el expediente del visto el administrado Luis Alcides Laiza Urquiza, solicita otorgamiento de Licencia de Uso de Agua Subterránea con Fines Doméstico -Poblacional en vías de regularización, proveniente de un pozo artesanal ubicado en el sector Lagarto Cocha, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, adjuntando para tal efecto copia de documento de propiedad donde se viene utilizando el recurso hídrico y sus Memorias Descriptivas para el presente procedimiento;

Que, asimismo con el Informe Técnico N° 005-2018-ANA-AAA.H-AT/JACL, de fecha 17 de Enero de 2018, el área técnica concluye lo siguiente:

- a) El administrado ha cumplido con los requisitos establecidos en el procedimiento, y la Administración Local de Agua Tarapoto ha efectuado la inspección técnica de campo, adjuntando el Acta de Verificación, no habiendo oposición al respecto.
- b) De acuerdo a los resultados del balance hídrico, se determina la acreditación de la disponibilidad hídrica del pozo en un volumen de 630,72 m³, el cual debe ser aprobado en vías de regularización, cuyos resultados se detalla en el siguiente cuadro:



Volumen acreditable (m³)

Descripción	MESES												TOTAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Demanda	53,57	48,38	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57	630,72

- c) La infraestructura hidráulica está compuesto por un sistema de bombeo, obras civiles entre otros, el mismo que debe ser aprobado en vías de regularización según detalle: Entubado de PVC de 6"Ø, sobre el cual se ha colocado un tubo de PVC de 1"Ø para succionar el agua, el cual se realiza a través de una electrobomba de 1 HP, derivando el agua hacia un tanque de polietileno de 1 100 lt. El sistema de captación no cuenta con sistema de medición de caudal.
- d) Se considera factible que se otorgue la Licencia de Uso de Agua Subterránea con Fines Doméstico - Poblacional, a favor del administrado Luis Alcides Laiza Urquiza, por un volumen asignable de hasta 630,72 m³, tal como se detalla en la parte resolutive de la presente Resolución Directoral.

Que, a través del Informe Legal N° 097-2018-ANA-AAA.H-AL/MAAR, de fecha 16 de febrero de 2018, el Área Legal de la Autoridad Administrativa del Agua Huallaga opinando lo siguiente:



- 1) El Expediente Administrativo ha sido evaluado conforme al "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", aprobado con Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA.
- 2) Aprobar en un sólo acto administrativo la acreditación de disponibilidad hídrica, así como la autorización de la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico, a fin de otorgar la Licencia de Uso de Agua en vías de regularización, en virtud de lo dispuesto en el Memorándum (M) N° 049-2016-ANA-DARH, recomendando que el peticionante instale su sistema de medición y control de agua en un plazo no mayor de seis (6) meses.
- 3) Se deberá notificar la presente Resolución a la Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín, así como a la Municipalidad Distrital La Banda de Shilcayo, de conformidad con lo dispuesto en la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA,

De conformidad con el Informe N° 005-2018-ANA-AAA.H-AT/JACL e Informe Legal N° 097-2018-MINAGRI-ANA-AAA.H-AL/MAAR, y en virtud a lo dispuesto en el artículo 46° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- ACREDITAR en vías de regularización la Disponibilidad Hídrica de Agua Subterránea proveniente del Pozo Artesanal, ubicado en el sector Lagarto Cocha, distrito La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, a favor del administrado Luis Alcides Laiza Urquiza de acuerdo al siguiente detalle:

Volumen acreditable (m³)

Descripción	MESES												TOTAL
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Demanda	53,57	48,38	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57	630,72

Artículo 2°.- AUTORIZAR al administrado Luis Alcides Laiza Urquiza la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico de agua subterránea consistente en un pozo artesanal, ubicado bajo coordenadas (UTM WGS 84): 349 969 m E – 9 279 802 m N, altitud 265 m s. n. m., en el sector Lagarto Cocha, distrito La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, teniendo como infraestructura hidráulica un sistema de bombeo, con obras civiles entre otros, mediante un entubado de PVC de 6"Ø, sobre el cual se ha colocado un tubo de PVC de 1"Ø para succionar el agua, el cual se realiza a través de una electrobomba de 1 HP, derivando el agua hacia un tanque de polietileno de 1 100 lt., de acuerdo a las razones expuestas en la parte considerativa de la presente Resolución Directoral.

Artículo 3°.- OTORGAR Licencia de Uso de Agua Subterránea con Fines Doméstico – Poblacional en vía de regularización, a favor del administrado Luis Alcides Laiza Urquiza, de acuerdo al siguiente detalle:



Nombre del Titular	Luis Alcides Laiza Urquiza												DNI N°	: 10220948	
Clase y Tipo de Uso	Clase de uso : Poblacional												Tipo	: Doméstico - Poblacional	
Fuente de Agua	Clase : Subterráneo Tipo : Pozo												Nombre	: Pozo	
Volumen otorgado hasta:	Anual (m ³)	Mensualizado (m ³)													
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
	630,72	53,57	48,38	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57	53,57	51,84	53,57	51,84	53,57		
Ubicación	Descripción		Punto de captación						Punto de entrega						
	Política	Departamento	San Martín						San Martín						
		Provincia	San Martín						San Martín						
		Distrito	La Banda de Shilcayo						La Banda de Shilcayo						
		Sector	Lagartococha						Lagartococha						
	Geográfica	Longitud - E (m)	349 969						349 969						
		Latitud - N (m)	9 279 802						9 279 802						
		Altitud (m s. n. m.)	265						265						
		Datum	WGS84						WGS84						
Zona		18S						18S							
Unidad Operativa	Sector Lagartococha - La Banda de Shilcayo														

Artículo 4°.- El titular de la Licencia de Uso de Agua Subterránea, se sujeta a las obligaciones establecidas en la Ley N° 29338 "Ley de Recursos Hídricos", y demás normas aplicables, debiendo instalar su sistema de medición y control de agua en un plazo no mayor de seis (6) meses, de acuerdo a lo establecido en la parte considerativa de la presente Resolución Directoral.

Artículo 5°.- INSCRIBIR la presente Resolución en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua a cargo de la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.

Artículo 6°.- La Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín, supervisará el cumplimiento de la gestión de la calidad del agua para consumo humano, conforme a sus funciones conferidas mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA -"Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano"-.

Artículo 7°.- NOTIFICAR la presente Resolución Directoral al administrado Luis Alcides Laiza Urquiza, a la Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín y a la Municipalidad Distrital La Banda de Shilcayo, así como a la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua y a la Administración Local de Agua Tarapoto, a través del aplicativo informático MIDARH, disponiendo su publicación en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE



ING. JAIME RACO HUAMANCHUMO UCAÑAY
Director
Autoridad Administrativa del Agua Huallaga

Anexo 3. Autorización del uso del pozo 2 – Sector Lagartococha



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 823-2017-MINAGRI-ANA/AAA-HUALLAGA

Tarapoto, 15 de noviembre de 2017

VISTO:

El Expediente Administrativo con CUT N° 145312-2017, sobre otorgamiento de Licencia de Uso de Agua Subterránea para Uso Doméstico - Poblacional en vías de regularización, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29338 -"Ley de Recursos Hídricos", y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, modificado con Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, y la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, que aprueba el "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", se regula la administración y gestión de los recursos hídricos en el país;

Que, el artículo 47° de la Ley N° 29338 -"Ley de Recursos Hídricos", señala que la Licencia de Uso de Agua es un derecho de uso mediante el cual la Autoridad Nacional del Agua, otorga a su titular la facultad para usar este recurso natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente Resolución que la otorga;

Que, con el expediente del visto el administrado LUIS ANTONIO ALVAREZ REYES, solicita otorgamiento de Licencia de Uso de Agua Subterránea para Uso Doméstico – Poblacional en vías de regularización, proveniente de un Pozo Artesanal, en el sector Lagartococha, distrito La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín;

Que, asimismo el Informe Técnico N° 186-2017-ANA-AAA.H-SDARH, de fecha 31 de octubre de 2017, la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos concluye en lo siguiente:

- a) El caudal ofertado por la fuente es de 1,34 l/s y la demanda hídrica es de 0,02 l/s, por lo tanto la oferta hídrica cubre la demanda solicitada por el administrado, en consecuencia la opinión es favorable para proseguir con el trámite.
- b) La oferta hídrica del pozo artesanal es igual a la disponibilidad hídrica, valor que asciende a 42 258,24 m³, los volúmenes mensuales disponibles se detallan en el cuadro siguiente:

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Autoridad Administrativa del Agua Huallaga
 El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL, y el que me remito en caso necesario de lo que doy fe
 17 NOV. 2017
 Tarapoto
 Graciela Montaluz Torrejón

14

Disponibilidad hídrica (m³)

Descripción	Meses												Total
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Pozo Artesanal	3 585,06	3 241,73	3 685,06	3 473,28	3 580,06	3 473,28	3 685,06	3 585,06	3 473,28	3 585,06	3 473,28	3 685,06	42 258,24

- c) Autorizar la ejecución de obra de aprovechamiento hídrico en vías de regularización, consistente en un pozo artesanal equipado con una electrobomba sumergible marca MEBA, potencia 1HP, con tubería de descarga de 1"Ø, agua subterránea que es almacenada en un tanque de 1 100 litros., y según acta de inspección ocular se indica que el diámetro del pozo artesanal es de 1 m y una profundidad total de 7 m.
- d) Otorgar el derecho solicitado por el administrado en vías de regularización: Licencia de Uso de Agua Subterránea, para fines de uso doméstico - poblacional, según la información que se detalla en el cuadro siguiente:

Nombre del Titular	Luis Antonio Alvarez Reyes,											DN N°	42394454	
Clase y tipo de Uso	Clase de uso		Poblacional									Tipo		Doméstico - Poblacional
Fuente de Agua	Clase		Subterránea									Nombre		
	Tipo		Pozo Artesanal											
Potencia (en kW) (Pozo)	Años (a)	Disponibilidad (m³)												
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
		210,23	17,86	18,13	17,86	17,29	17,86	17,29	17,86	17,29	17,86	17,29	17,86	
Ubicación	Descripción	Departamento		Punto de Captación						Punto de Entrega				
		Provincia		San Martín						San Martín				
		Distrito		La Banda de Salicapa						La Banda de Salicapa				
		Sector		Lagococha						Lagococha				
	Geográfica	Longitud (-E (m))		340 280						340 280				
		Latitud (-S (m))		9 270 000						9 270 000				
		Altitud (m s. n. m.)		201						201				
		Distrito		WGGH						WGGH				
		Zona		185						185				
		Unidad Operativa		Predio Rural Asociación Pro Vivienda "Las Flores del Amazonas"										

Que, a través del Informe Legal N° 418-2017-ANA/AAA-HUALLAGA/UAJ/MAAR, de fecha 13 de noviembre de 2017, la Unidad de Asesoría Jurídica establece:

- a) El Expediente Administrativo ha sido evaluado conforme a lo dispuesto en el "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y de Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", aprobado con Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA.
- b) Aprobar en un sólo acto administrativo la acreditación de disponibilidad hídrica, así como la autorización de la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico, a fin de otorgar la Licencia de Uso de Agua en vías de regularización, recomendando que el titular de la Licencia de Uso de Agua Superficial instale su sistema de medición y control de agua en un plazo no mayor de seis (6) meses.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Autoridad Administrativa del Agua Huallaga
 El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL, y al que me remito en caso necesario de lo que doy fe
 17 NOV. 2017
 Tarepoto

c) En aplicación del artículo 26° de la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, se debe notificar la presente Resolución a la Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín y a la Municipalidad Distrital La Banda de Shilcayo.

Con el visto de la Subdirección de Administración de Recursos Hídricos, y de conformidad con el artículo 38° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2010-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- ACREDITAR la Disponibilidad Hídrica de Agua Subterránea proveniente de un Pozo Artesanal en vías de regularización, ubicado en el sector Lagartococha, distrito La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, a favor del administrado LUIS ANTONIO ALVAREZ REYES, de acuerdo al siguiente detalle:

Disponibilidad hídrica (m³)

Descripción	Meses												Total
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Pozo Artesanal	3 569,06	3 241,73	3 589,06	3 473,28	3 589,06	3 473,28	3 589,06	3 569,06	3 473,28	3 589,06	3 473,28	3 589,06	42 288,24

Artículo 2°.- AUTORIZAR al administrado LUIS ANTONIO ALVAREZ REYES, la Ejecución de Obra de Aprovechamiento Hídrico de Agua Subterránea en vías de regularización, consistente en un pozo artesanal equipado con una electrobomba sumergible marca MEBA, potencia 1HP, con tubería de descarga de 1"Ø, agua subterránea que es almacenada en un tanque de 1 100 litros, y el diámetro del pozo artesanal es de 1 m y con una profundidad total de 7 m., en el sector Lagartococha, distrito La Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, de acuerdo a las razones expuestas en la parte considerativa de la presente Resolución Directoral.

Artículo 3°.- OTORGAR Licencia de Uso de Agua Subterránea para Uso Doméstico - Poblacional en vías de regularización, a favor del administrado LUIS ANTONIO ALVAREZ REYES, de acuerdo al siguiente detalle:

Nombre del Titular	Luis Antonio Alvarez Reyes		DNI N°	42286454									
Clasificación de Uso	Clase de uso	Poblacional	Tipo	Comedor - Poblacional									
Fuente de Agua	Clase	Subterránea	Nombre	-									
	Tipo	Pozo Artesanal											
Volumen (Carga) (m³/día)	Avalúo (m³)	Bimestralizado (m³)											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
		17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26	17,26
Ubicación	Descripción		Punto de Captación				Punto de Entrega						
	Pédrea	Departamento	San Martín				San Martín						
		Provincia	San Martín				San Martín						
		Distrito	La Banda de Shilcayo				La Banda de Shilcayo						
		Sector	Lagartococha				Lagartococha						
	Geográfica	Longitud - E (m)	30 268				30 268						
		Latitud - N (m)	3 279 652				3 279 652						
		Altitud (m s. n. m.)	27				28						
		Diccionario	WGS84				WGS84						
Zona		165				165							
Unidad Operativa	Pédrea Rural Asociación Pro Vivienda "Llameros del Amazonas"												

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 Autoridad Administrativa del Agua Multigran
 El legatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL y el mismo cumple en caso necesario de lo

Artículo 4°.- El titular de la Licencia de Uso de Agua Subterránea, se sujeta a las obligaciones establecidas en la Ley N° 29338 -"Ley de Recursos Hídricos"-, y demás normas aplicables, debiendo instalar su sistema de medición y control de agua en un plazo no mayor de seis (6) meses, de acuerdo a lo establecido en la parte considerativa de la presente Resolución Directoral.

Artículo 5°.- INSCRIBIR la presente Resolución en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua a cargo de la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.

Artículo 6°.- La Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín, supervisará el cumplimiento de la gestión de la calidad del agua para consumo humano, conforme a sus funciones conferidas mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA -"Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano"-.

Artículo 7°.- NOTIFICAR la presente Resolución Directoral al administrado LUIS ANTONIO ALVAREZ REYES, poniéndose de conocimiento a la Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de San Martín y a la Municipalidad Distrital La Banda de Shilcayo, así como a la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua y a la Administración Local de Agua Tarapoto, a través del aplicativo informático MIDARH, disponiendo su publicación en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.



REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE



ING. JAIME PACO HUAMANCHUMG UCAÑAY
Director
Autoridad Administrativa del Agua Hualлага

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
Autoridad Administrativa del Agua Hualлага
El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha leído a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL, y si que me remito en caso necesario de lo que así lo
17 NOV. 2017
Tarapoto

Graciela Montaluz Torrejón
FEDATARIA

Anexo 4 Autorización del Titular para el desarrollo del estudio en el Pozo 1

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD”

Banda de Shilcayo, ¹⁷ de Enero del 2019

CARTA N°001-2019/LALU

**Sr. Coordinador de la E.P de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana
Unión**

Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno

Es muy grato saludarlo como titular del uso de agua subterránea autorizado por la Autoridad Nacional del Agua, según **RESOLUCION DIRECTORAL N°096-2018-MINAGRI-ANA/AAA- HUALLAGA**, con licencia de uso de Agua subterránea en poso artesanal con fines Domestico – Poblacional, ubicado en el Sector Lagarto Cocha, Distrito de la Banda de Shilcayo.

La presente tiene por finalidad manifestarle en atención a su carta a mi persona, donde vengo atendiendo a la Bachiller Evelyn Araceli Arévalo Meléndez para el desarrollo y culminación de su proyecto de investigación: “Optimización de un Sistema de Abastecimiento para aguas subterránea destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímico y microbiológica en el Distrito de la Banda de Shilcayo”.

Atentamente.,



LUIS ALCIDES LAIZA URQUIZA
TITULAR DE USO DE AGUA SUBTERRANEA
DNI N°10220948

Anexo 5 Autorización del Titular para el desarrollo del estudio en el Pozo 2

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD”

Banda de Shilcayo, 17 de Enero del 2019

CARTA N°001-2019/LAAR

Sr. Coordinador de la E.P de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana
Unión

Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno

Es muy grato saludarlo como titular del uso de agua subterránea, autorizado por la Autoridad Nacional del Agua, según **RESOLUCION DIRECTORAL N° -201 -MINAGRI-ANA/AAA- HUALLAGA**, con licencia de uso de Agua subterránea en poso artesanal con fines Domestico – Poblacional, ubicado en el Sector Lagarto Cocha, Distrito de la Banda de Shilcayo.

La presente tiene por finalidad manifestarle en atención a su carta a mi persona, donde vengo atendiendo a la Bachiller Evelyn Araceli Arévalo Meléndez para el desarrollo y culminación de su proyecto de investigación: “Optimización de un Sistema de Abastecimiento para aguas subterránea destinadas al uso poblacional, en función de la evaluación fisicoquímico y microbiológica en el Distrito de la Banda de Shilcayo”

Atentamente.,



LUIS ANTONIO ÁLVAREZ REYES
TITULAR DE USO DE AGUA SUBTERRANEA
DNI N°42064454

Anexo 6. Proceso de reconocimiento de los pozos y toma de muestras



Anexo 7. Toma de muestra y adición del preservante



Anexo 8 Reporte de resultados del Laboratorio de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del Pozo 1 sin tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91035.01

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190125.02 DA
N° de Protocolo : 91035.01
Cliente : KSM INGENIERIA SOSTENIBLE E.I.R.L.
Dirección legal del cliente : JR. DOS DE MAYO NRO. 339 (ESPALDAS DEL PEDAGOGICO) SAN MARTIN - LAMAS - LAMAS
Muestra(s) declarada(s) : Muestra de Agua
Procedencia de la Muestra : Muestreado por Area Monitoreos Ambientales de KSM INGENIERIA SOSTENIBLE E.I.R.L.
Nombre del Proyecto: "Optimización de Sistema de abastecimiento de agua según la evaluación fisicoquímica y microbiológico en agua de pozo subterráneo en el distrito de la Banda de Shilcayo"
Punto de Muestreo: Pozo 01/ Sector Lagartococha
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 1 Frasco de Plastico Estéril y 05 Frascos de Plastico de Primer Uso por muestra
Identificación de la Muestra : Cod. Lab. 02-04001
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-02-04
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-02-04
Fecha de Emisión de Informe : 2019-02-10

Código de Laboratorio	02-04001	
Código de Muestra	P1	
Descripción del Punto de Muestreo	Pozo 01	
Coordenadas del Punto de Muestreo	9279829N 349945E 236 m.	
Tipo de Muestra	Agua de Pozo	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo	02-02-2019/ 15:15 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo	02-02-2019/ 15:25 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	< 1,8
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1,8
Escherichia coli	NMP/100mL	< 1,8
Organismos de vida libre*		
Organismos de vida libre, Algas	N°Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Copepodos	N°Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Nematodos	N°Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Protozoarios	N°Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Rotíferos	N°Organismos/L	< 1

Código de Laboratorio	02-04001		
Código de Muestra	P1		
Descripción del Punto de Muestreo	Pozo 01		
Coordenadas del Punto de Muestreo	9279829N 349945E 236 m.		
Tipo de Muestra	Agua de Pozo		
Fecha Inicial / Hora de Muestreo	02-02-2019/ 15:15 Hrs.		
Fecha Final / Hora de Muestreo	02-02-2019/ 15:25 Hrs.		
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
pH*	Valor de pH	5.52	-

El informe de ensayo sólo es válido para la muestra referida en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C.
Rev.00



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91035.01

FR-044

Turbidez*	NTU	4	0.5
Dureza Total*	mg CaCO3/L	90,28	0.67
Oxígeno Disuelto*	mg/L	5,12	-
Conductividad*	uS/cm	47,73	1.7
Fosfatos*	mg PO4-P/L	0,42	0.02
Sulfatos *	mg/L	2,28	0.060
Nitratos (Como NO3) *	mg NO3-N/L	0,85	0.03
Nitritos (Como NO2) *	mg NO2-N/L	1.01	0.05

Observaciones:

* Parametro no acreditado ante el INACAL.DA

Metodologías :

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
ESCHERICHIA COLI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
DETERMINACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1, F.2, c.1 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C1, G 22nd Ed. (No incluye muestreo para Agua de Manantial, Agua de río, Agua de Laguna / Lago)
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22 th Ed. 2012/ 4500-H+B
FOSFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P A, E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Ascorbic Acid Method
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23rd Ed, 2017, Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method
NITRITOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2- B, 23rd Ed. (Incluye MUESTREO), 2017, Nitrogen (Nitrite), Colorimetric Method
SULFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO42- E, 23rd Ed. 2017, Sulfate Turbidimetric Method
TURBIDEZ	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2130 B 23rd Edition, (Nephelometric Method)
DUREZA TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2340 C 23rd Edition, (Metodo - Titulometrico)
OXIGENO DISUELTO	EPA 360.1 Oxygen, dissolved (Membrane Electrode), (1971)
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2510 B 23rd Edition, (Direct Method)

FIN DE DOCUMENTO

INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. LABORATORIO

[Firma]
 Blgo. Grover A. Rupay Falcón
 C.B.P. 8505
 Jefe de Laboratorio



El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERÚ S.A.C.
 Rev.00 Pág. 2 DE 2

Anexo 9 Cadena de Custodia de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del Pozo 1 sin tratamiento

FR - 119
ver 00

ITS Instituto de Testing Services del Perú, S.A.C.		CADENA DE CUSTODIA		CALIDAD DE AIRE	CALIDAD DE AGUA	EMISIÓN ATMÓSFERA	OTROS FUENTES	FAC.	DE.			
ORDEN DE SERVICIO N°		140125-02 DA		ANÁLISIS REQUERIDOS								
DATOS DEL CLIENTE												
Razon Social		KSM INGENIERIA SOSTENIBLE E.I.R.L.										
RUC		20602725601										
Dirección		Jr. 02 de Mayo 334 - Lamas - San Martín										
Contacto		Karina Silva Mori										
Nombre del Proyecto		Optimización del sistema de abastecimiento de agua según la evaluación de tesis físico química y microbiológica en agua de pozo subterráneo en el distrito de Lamas de Shirocayo.										
Lugar de Muestreo		Pozo 01 / Sector Lagartococha										
ITEM	CODIGO DE PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION DE PUNTO DE MUESTREO	INICIO DE MUESTREO		TERMINO DE MUESTREO		TIPO DE MUESTRA(*)	COORDENADAS UTM			NUMERO TOTAL DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO	PRESELECCION
			FECHA	HORA	FECHA	HORA		NORTE	ESTE	ALTITUD		
01	P1	Pozo 01	02/02/19	3:15	02/02/19	3:25	Agua Subterránea	9274824	349945	236	14	Colif. Totales Colif. Fecales E. Coli Sulfatos Fosfatos Nitratos Nitratos Dureza PH Turbiedad Oxígeno Disuelto Conductividad Alcalinidad Algeas
TOTAL DE MUESTRAS REALIZADAS											14	
OBSERVACIONES:			ENVASES			CALIDAD DE AGUA - (1)ASUB-Agua Subterránea (2)AS-Agua Superficial (3)ARD-Agua Residual Domestica (4)ARI-Agua Residual Industrial (5)ARM-Agua Residual Municipal (6)AB-Agua de Bevida (7)APS-Agua de Piscina (8)AA-Agua de Laguna Artificial (9)AM-Agua de Mar (10)ASO-Agua Salobre (11)ASA-Agua Salmuera (12)AIR-Agua de Inyección y reinyección (13)ACE-Agua de circulación o enfriamiento (14)AAC-Agua de Alimentación para Calderas (15)ACI-Agua de Calderas (16)ALX-Agua de Lixiviación (17)APU-Agua Purificada						
pH = 5,52 CE = 47,7 Dureza = 90			Cantidad Tipo Volumen/Peso 01 plástico 1L 02 plástico 1L 03 plástico 250 ml			FILTROS CALIDAD DE AIRE - PTS, PM 10 ALTO VOLUMEN, PM 10 BAJO VOLUMEN, PM 2.5 BAJO, PM 2.5 ALTO VOLUMEN, VOCL, Etc. SOLUCIONES CAPTADORAS: SO2, NO2, H2S, O3 EMISIONES ATMOSFERICAS - FILTROS EN EMISIONES ATMOSFERICAS (PESO INICIAL Y PESO FINAL) MUESTRAS SOLIDAS (M.S) SUE = SUELO, LOD = LODO, SED = SEDIMENTOS SALUD OCUPACIONAL: P.R = POLVOS RESPIRABLES (P.R), P.F = POLVOS INHALABLES, H.M = HUMOS METALICOS						
MUESTRO REALIZADO POR:			SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE:									
NOMBRE: Eugenio Herrera Gonzalez 			NOMBRE: Karina Silva Mori CARGO: Gerente General 									
LABORATORIO: MUESTRA RECEPTADA POR:			NOMBRE: JOSEPH TORRES R. SELLO DE SEGURIDAD: 									
			FECHA: _____ HORA: _____									

Anexo 10 Reporte de Resultados del Laboratorio de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del Pozo 2 sin tratamiento.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91035.02

FR-044

N° de Orden de Servicio : O.S. 190125.02 DA
N° de Protocolo : 91035.02
Cliente : KSM INGENIERIA SOSTENIBLE E.I.R.L.
Dirección legal del cliente : JR. DOS DE MAYO NRO. 339 (ESPALDAS DEL PEDAGOGICO) SAN MARTIN - LAMAS - LAMAS
Muestra(s) declarada(s) : Muestra de Agua
Procedencia de la Muestra : Muestreado por Area Monitoreos Ambientales de KSM INGENIERIA SOSTENIBLE E.I.R.L.
Nombre del Proyecto : "Optimización de Sistema de abastecimiento de agua según la evaluación fisicoquímica y microbiológica en agua de pozo subterráneo en el distrito de la Banda de Shilcayo"
Punto de Muestreo : Pozo 02
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 01 muestra
Forma de Presentación : 1 Frasco de Plastico Estéril y 05 Frascos de Plastico de Primer Uso por muestra
Identificación de la Muestra : Cod. Lab. 02-04002
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-02-04
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-02-04
Fecha de Emisión de Informe : 2019-02-10

Código de Laboratorio		02-04002
Código de Muestra		P2
Descripción del Punto de Muestreo		Pozo 02
Coordenadas del Punto de Muestreo		9279621N 350269E 298 m.
Tipo de Muestra		Agua de Pozo
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		02-02-2019/ 16:30 Hrs
Fecha Final / Hora de Muestreo		02-02-2019/ 16:55 Hrs
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	540
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1,8
Escherichia coli	NMP/100mL	< 1,8
Organismos de vida libre*		
Organismos de vida libre, Algas	N° Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Copepodos	N° Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Nematodos	N° Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Protozoarios	N° Organismos/L	< 1
Organismos de vida libre, Rotíferos	N° Organismos/L	< 1

Código de Laboratorio		02-04002	
Código de Muestra		P2	
Descripción del Punto de Muestreo		Pozo 02	
Coordenadas del Punto de Muestreo		9279621N 350269E 298 m.	
Tipo de Muestra		Agua de Pozo	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		02-02-2019/ 16:30 Hrs	
Fecha Final / Hora de Muestreo		02-02-2019/ 16:55 Hrs	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
pH*	Valor de pH	5,40	-

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Rev.00

INFORME DE ENSAYO 91035.02

FR-044

Turbidez*	NTU	6	0.5
Dureza Total*	mg CaCO ₃ /L	60,17	0.67
Oxígeno Disuelto*	mg/L	4,85	-
Conductividad*	uS/cm	57,46	1.7
Fosfatos*	mg PO ₄ -PL	0,54	0.02
Sulfatos *	mg/L	3,14	0.060
Nitratos (Como NO ₃) *	mg NO ₃ -NL	1,05	0.03
Nitritos (Como NO ₂) *	mg NO ₂ -NL	1,32	0.05

Observaciones:

* Parametro no acreditado ante el INACAL.DA

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
ESCHERICHIA COLI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
DETERMINACIÓN DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1, F.2, c.1 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C1, G 22nd Ed. (No incluye muestreo para Agua de Manantial, Agua de río, Agua de Laguna / Lago)
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22 th Ed. 2012/ 4500-H+B
FOSFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P A,E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus, Ascorbic Acid Method
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ - E, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method
NITRITOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₂ ⁻ B, 23rd Ed. (Incluye MUESTREO), 2017, Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method
SULFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO ₄ ²⁻ E, 23rd Ed. 2017, Sulfate Turbidimetric Method
TURBIDEZ	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2130 B 23rd Edition, (Nephelometric Method)
DUREZA TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2340 C 23rd Edition, (Metodo - Titulometrico).
OXIGENO DISUELTO	EPA 360.1 Oxygen, dissolved (Membrane Electrode). (1971)
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2510 B 23rd Edition, (Direct Method)

FIN DE DOCUMENTO

INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.
LABORATORIO


Rigo Grover A. Ruyay Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio



Anexo 12 Reporte de Resultados del Laboratorio de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del Pozo 1 con tratamiento.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N°LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91120.10

FR 044

N° de Orden de Servicio : OS 190425.03 DA
N° de Protocolo : 91120.10
Cliente : KSM INGENIERÍA SOSTENIBLE
Dirección legal del cliente : JR. DOS DE MAYO N°339 SAN MARTÍN - LAMAS.
Muestra(s) declarada(s) : Agua Subterránea
Procedencia de la Muestra : Proporcionado por el Cliente.

Nombre del Proyecto: Tesis "OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO"

Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 1 muestra
Forma de Presentación : 2 frascos de plástico de 1L, 4 frascos de plástico de 0.5L.
Identificación de la Muestra : Cod. Lab. 04-30010
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-04-30
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-04-30
Fecha de Emisión de Informe : 2019-05-10

Código de Laboratorio		04-30010
Código de Muestra		P-01
Descripción del Punto de Muestreo		POZO-01
Coordenadas del Punto de Muestreo		345617N 9284336E
Tipo de Muestra		Agua de subterránea
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:00 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:15 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	< 1.1
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1.1
Escherichia Coli	NMP/100mL	< 1.1
Organismos de vida libre*		
Organismos de vida libre, Algas	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Copepodos	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Nematodos	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Protozoarios	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Rotíferos	N°Organismos/L	0

Código de Laboratorio		04-30010	
Código de Muestra		P-01	
Descripción del Punto de Muestreo		POZO-01	
Coordenadas del Punto de Muestreo		345617N 9284336E	
Tipo de Muestra		Agua de subterránea	
Fecha Inicial / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:00 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:15 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
pH *	Valor de pH	7,01	----
Oxígeno Disuelto*	mg/L	6.30	----
Dureza Total *	mg CaCO ₃ /L	81.41	0.67
Sulfatos *	mg/L	4.11	0.060
Fosfatos*	mg PO ₄ -P/L	< 0.02	0.02
Conductividad (25°C) *	umho/cm	338.5	1.7
Turbidez *	NTU	0.5	0.5
Nitritos (Como N) *	mg/L	< 0.005	0.005
Nitratos (Como N) *	mg/L	< 0.003	0.003

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración u uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.
Rev. 01

Fecha de revisión: 2019-03-15



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N° LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91120.10

FR 044

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
NITRITOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2 ⁻ B, 23rd Ed. (Incluye MUESTREO), 2017, Nitrogen (Nitrite), Colorimetric Method
SULFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO4 ²⁻ E, 23rd Ed. 2017, Sulfate, Turbidimetric Method
FOSFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P A, E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus, Ascorbic Acid Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 H+ B, 23rd Edition (Electrometric Method)
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Edition, Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Edition, Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
ESCHERICHIA COLI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 23rd Edition, Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group, Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate, Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017 Turbidity, Nephelometric Method
DETERMINACION DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C 1, F 2, c 1 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C1, G 22nd Ed. (No incluye muestreo para Agua de Manantial, Agua de río, Agua de Laguna / Lago)
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Nitrate), Cadmium Reduction Method
OXIGENO DISUELTTO	EPA 360 1 Oxygen, dissolved (Membrane Electrode), (1971)
DUREZA TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2340 C 23rd Edition, (Metodo - Titulometrico)
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2510 B 23rd Edition, (Direct Method)

Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.



[Firma]
 Mblgo. Grover A. Ruyap Falcón
 C.B.P. 8505
 Jefe de Laboratorio

FIN DE DOCUMENTO

Anexo 14. Reporte de Resultados del Laboratorio de la evaluación fisicoquímica y microbiológica del Pozo 2 con tratamiento.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 120



Registro N° LE - 120

INFORME DE ENSAYO 91120.11

FR 044

N° de Orden de Servicio : OS 190425.03 DA
N° de Protocolo : 91120.11
Cliente : KSM INGENIERÍA SOSTENIBLE
Dirección legal del cliente : JR. DOS DE MAYO N°339 SAN MARTÍN - LAMAS.
Muestra(s) declarada(s) : Agua Subterránea
Procedencia de la Muestra : Proporcionado por el Cliente.
Nombre del Proyecto: Tesis "OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS DESTINADAS AL USO POBLACIONAL, EN FUNCIÓN DE LA EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO"
Cantidad de Muestra(s) para ensayo : 1 muestra
Forma de Presentación : 2 frascos de plástico de 1L, 4 frascos de plástico de 0.5L.
Identificación de la Muestra : Cod. Lab. 04-30011
Fecha de recepción de muestra(s) : 2019-04-30
Fecha de Inicio del Análisis : 2019-04-30
Fecha de Emisión de Informe : 2019-05-10

Código de Laboratorio		04-30011
Código de Muestra		P-02
Descripción del Punto de Muestreo		POZO-02
Coordenadas del Punto de Muestreo		345617N 9284336E
Tipo de Muestra		Agua de subterránea
Fecha inicial / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:30 Hrs.
Fecha Final / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:45 Hrs.
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados
Coliformes Totales	NMP/100mL	< 1.1
Coliformes Fecales	NMP/100mL	< 1.1
Escherichia Coli	NMP/100mL	< 1.1
Organismos de vida libre*		
Organismos de vida libre, Algas	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Copepodos	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Nematodos	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Protozoarios	N°Organismos/L	0
Organismos de vida libre, Rotíferos	N°Organismos/L	0

Código de Laboratorio		04-30011	
Código de Muestra		P-02	
Descripción del Punto de Muestreo		POZO-02	
Coordenadas del Punto de Muestreo		345617N 9284336E	
Tipo de Muestra		Agua de subterránea	
Fecha inicial / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:30 Hrs.	
Fecha Final / Hora de Muestreo		29-04-2019/ 18:45 Hrs.	
Parámetro de Ensayo	Unidades	Resultados	Límite de Detección de Método
pH *	Valor de pH	6.91	----
Oxígeno Disuelto*	mg/L	6.20	----
Dureza Total *	mg CaCO ₃ /L	71.51	0.67
Sulfatos *	mg/L	3.45	0.060
Fosfatos*	mg PO ₄ -P/L	< 0.02	0.02
Conductividad (25°C) *	umholcm	333.6	1.7
Turbidez *	NTU	0.5	0.5
Nitritos (Como N) *	mg/L	< 0.005	0.005
Nitratos (Como N) *	mg/L	< 0.003	0.003

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su autenticidad o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.
Rev. 01 Pág. 1 de 2

Fecha de revisión 2019-03-15

INFORME DE ENSAYO 91120.11

FR 044

Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
NITRITOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₂ ⁻ B, 23rd Ed. (incluye MUESTREO), 2017, Nitrogen (Nitrite) Colorimetric Method
SULFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO ₄ ²⁻ E, 23rd Ed. 2017, Sulfate Turbidimetric Method
FOSFATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P A E, 23rd Ed. 2017 Phosphorus. Ascorbic Acid Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500 H+ B 23rd Edition (Electrometric Method)
COLIFORMES TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B y C, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
ESCHERICHIA COLI	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 23rd Edition. Multiple-Tube Fermentation Technique for members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium)
DETERMINACION DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE (FITOPLANKTON Y ZOOPLANKTON)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C 1, F 2, c 1 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C1, G 22nd Ed. (No incluye muestreo para Agua de Manantial, Agua de río, Agua de Laguna / Lago)
Turbiedad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017 Turbidity, Nephelometric Method
NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ ⁻ E, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Nitrate) Cadmium Reduction Method
OXIGENO DISUELTO	EPA 360.1 Oxygen, dissolved (Membrane Electrode), (1971)
DUREZA TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2340 C 23rd Edition, (Metodo - Titulométrico)
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2510 B 23rd Edition, (Direct Method)

Los ensayos acreditados del presente informe al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.




Mblgo. Grover A. Rupay Falcón
C.B.P. 8505
Jefe de Laboratorio

FIN DE DOCUMENTO

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se sigue por las disposiciones penales y civiles en la materia. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

Rev 01

Fecha de revisión: 2019-03-15

