

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA CRUDA PROVENIENTE DE FUENTES SUBTERRÁNEAS PREVIO A SU DISTRIBUCIÓN PARA USO DOMÉSTICO DEL BARRIO SAN LUIS DE LA PARROQUIA LLOA.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

JOSÉ MIGUEL MEJÍA PÉREZ

jose.mejia01@epn.edu.ec

DIRECTOR: SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO M.Sc.

santiago.guerra@epn.edu.ec

CODIRECTOR: PhD. ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR

ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2020

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por José Miguel Mejía Pérez, bajo nuestra supervisión.

Ing. Santiago Guerra, M.Sc.
DIRECTOR

PhD. Ana Lucia Balarezo Aguilar
CODIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, José Miguel Mejía Pérez declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación-COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente"

JOSÉ MIGUEL MEJÍA PÉREZ

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a:

A DIOS, quien ha sido mi fortaleza en mis tiempos difíciles, mi guía en todo el transcurso de mi vida, y el ser que me ha entregado su amor verdadero e incondicional.

A mi Ángel del cielo mi padre CARLOS MEJIA, y a mi madre MARINA PÉREZ quienes me brindaron su amor, su cariño, su apoyo, su esfuerzo, sus consejos, que me han permitido el día de hoy cumplir un sueño más, gracias por ser unos padres amorosos e inculcarme en mí, el ejemplo del respeto, humildad, apoyo, y sobre todo la valentía, finalmente gracias por enseñarme que no debo temer, que DIOS está siempre conmigo, y si alguno de ustedes se va pronto, desde el cielo serán mi guía en cada paso que realice.

A mis hermanitos, Jhoao, Darwin y Edgar, por su apoyo incondicional en todo este proceso, por estar conmigo en momentos difíciles de mi vida y respaldarme en todo momento. A toda mi familia por brindarme su cariño y palabras de aliento, esto me permitió a no rendirme y ser mejor persona y que de una u otra forma están conmigo en todos mis metas y sueños.

A mis profesores quienes formaron parte de mi vida estudiantil, gracias por sus consejos, dedicación y apoyo, gracias a ustedes adquirí grandes conocimientos que me llevaron a tener un excelente desenvolvimiento en mi vida profesional.

Finalmente, A mis amigos con quienes compartí momentos inolvidables, gracias por apoyarme.

JOSÉ MEJÍA

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento al fondo para la protección del agua “FONAG”, principalmente a Carlita Pérez, y Susana Escandón, por abrirme las puertas y formar parte de sus proyectos y haber realizado mis practicas preprofesionales, así también por colaborarme con el contacto de la comunidad de San Luis y permitir el desarrollo del presente proyecto integrador.

De igual manera a la Escuela Politécnica Nacional, principalmente a la Escuela de Formación de Tecnólogos, a sus autoridades y docentes, quienes, con su apoyo, enseñanza, y dedicación, me hicieron crecer como profesional y con su enseñanza pude crecer día a día en todos los aspectos.

Finalmente, un gran y sincero agradecimiento a mi director de tesis el Ing. Santiago Guerra, quien me acompaño de inicio a fin, su colaboración, su dirección, enseñanza y conocimientos, me permitieron desarrollar el presente trabajo.

JOSE MEJÍA

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ECUACIONES	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. Introducción	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Marco teórico.....	2
1.3.1. El agua.....	2
1.3.2. Fuentes de agua presentes en la naturaleza.....	3
1.3.2.1. Agua superficial.....	3
1.3.2.2. Agua subterránea	4
1.3.3. Contaminación del agua.....	4
1.3.4. Fuentes de contaminación	4
1.3.4.1. Fuentes naturales	5
1.3.4.2. Fuentes artificiales	5
1.3.5 Principales contaminantes del agua	5
1.3.6. Muestreo	6
1.3.7. Tipos de muestra	7
1.3.7.1. Muestra simple.....	7
1.3.7.2. Muestra compuesta	7
1.3.7.3. Muestra integrada	8
1.3.8. Manejo y conservación.....	8
1.3.8.1. Tipos de recipientes.....	8
1.3.8.2. Preparación de recipientes	9
1.3.9. Llenado del recipiente, refrigeración y congelación de muestras.....	9
1.3.9.1. Adición de conservantes.....	9
1.3.10. Parámetros considerados para el análisis	10
1.3.10.1 Parámetros físicosquímicos.....	10
1.3.10.2. Parámetros químicos.....	12

1.3.11. Parámetros microbiológicos	13
1.3.12. Sistema de abastecimiento de agua potable	14
1.3.13. Sistemas convencionales de abastecimiento de agua	15
1.3.14. Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento	15
1.3.15. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento	16
1.3.16. Sistema por bombeo sin tratamiento	16
1.3.17. Sistema por bombeo con tratamiento	17
1.3.18. Obras de captación	17
1.3.19. Obras de conducción	17
1.3.20. Componentes de la línea de conducción	18
1.3.20.1. Tuberías	18
1.3.20.2. Accesorios de tuberías	19
1.3.20.3. Válvulas	21
1.3.21. EPANET programa de simulación	23
2. Metodología	23
2.1. Trabajo de campo	23
2.2. Visita de campo	26
2.3. Método de análisis de parámetros físicos	27
2.4. Métodos para análisis de parámetros químicos	30
2.5. Método de análisis de parámetros microbiológicos	35
2.6. Análisis de la línea de conducción con el programa EPANET	35
3. Resultados y discusión	36
3.1. Fuente 1	36
3.1.1. Resultados de análisis en la fuente 1	36
3.2. Fuente 2	38
3.2.1. Resultados de análisis en la fuente 2	38
3.3. Fuente 3	39
3.3.1. Resultados de análisis en la fuente 3	40
3.4. Evaluación de resultados y comparación con las normas	41
3.5. Evaluación de la línea de conducción	60
3.6. Simulación hidráulica de la línea de conducción	62
4. Conclusiones	65
5. Recomendaciones	66
6. Bibliografía	67
7. Anexos	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de agua	3
Figura 2 Agua superficial.....	3
Figura 3 Fuente subterránea.....	4
Figura 4 Programa de calidad de muestreo.....	6
Figura 5 Muestra simple	7
Figura 6 Muestra compuesta	8
Figura 7 Esquema de medición de solidos	12
Figura 8 Sistema de abastecimiento de agua potable	15
Figura 9 Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.....	15
Figura 10 Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento	16
Figura 11 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.....	16
Figura 12 Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento	17
Figura 13 Diámetros de tuberías	19
Figura 14 TE.....	19
Figura 15 Accesorio Cruz.....	20
Figura 16 Accesorio codo.....	20
Figura 17 Accesorio Filtro.....	20
Figura 18 Válvula mariposa	21
Figura 19 Válvula Globo	21
Figura 20 Válvula Bola.....	22
Figura 21 Válvula diafragma	22
Figura 22 Válvula reguladora de presión	23
Figura 23 Parroquia Lloa	24
Figura 24 Mapa del Barrio San Luis.....	24
Figura 25 Análisis de parámetros físicos	28
Figura 26 Análisis de Dureza.....	31
Figura 27 Oxytop	32
Figura 28 Análisis de Hierro total	34
Figura 29 Análisis de Manganeseo.....	35
Figura 30 Fuente 1	36
Figura 31 Fuente 2	38
Figura 32 Fuente 2	40
Figura 33 Análisis del parámetro de color.....	41

Figura 34 Análisis del parámetro de conductividad	42
Figura 35 Análisis de oxígeno disuelto	43
Figura 36 Análisis del parámetro temperatura	44
Figura 37 Análisis de pH.....	45
Figura 38 Análisis de Turbidez	46
Figura 39 Análisis Cobre	47
Figura 40 Análisis de Dureza Total	48
Figura 41 Análisis de Hierro Total	49
Figura 42 Análisis de Zinc	50
Figura 43 Análisis de Nitratos	51
Figura 44 Análisis de Nitritos	52
Figura 45 Análisis de Manganeseo	53
Figura 46 Análisis de Fosfatos	54
Figura 47 Análisis de DBO5.....	55
Figura 48 Análisis de DQO.....	56
Figura 49 Análisis de solidos totales disueltos	57
Figura 50 Análisis de solidos suspendidos	58
Figura 51 Análisis de coliformes fecales	59
Figura 52 Análisis de coliformes totales	60
Figura 53 Línea de conducción propuesta por el FONAG	61
Figura 54 Simulación de presiones a lo largo de la línea de conducción.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas generales para la conservación de muestras.....	9
Tabla 2 Puntos de ubicación de las fuentes en estudio.....	25
Tabla 3 Materiales y equipos utilizados para el muestreo	26
Tabla 4 Rango de DQO	31
Tabla 5 Volumen para DBO con Base a DQO	32
Tabla 6 Cálculo del caudal en la fuente 1	37
Tabla 7 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 1	37
Tabla 8 Cálculo del caudal en la fuente 2	38
Tabla 9 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 2	38
Tabla 10 Cálculo del caudal de la fuente 3	40
Tabla 11 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 3	40
Tabla 12 Resultados del análisis de Color	41
Tabla 13 Resultados de análisis de Conductividad	42
Tabla 14 Resultados de análisis de Oxígeno disuelto	43
Tabla 15 Resultados de análisis de temperatura	44
Tabla 16 Resultados de análisis de Ph	44
Tabla 17 Resultados de análisis de Turbidez	45
Tabla 18 Resultados de análisis de Cobre.....	46
Tabla 19 Resultados de análisis de Dureza total.....	47
Tabla 20 Resultados de análisis de Hierro total.....	48
Tabla 21 Resultados de análisis de Zinc.....	49
Tabla 22 Resultados de análisis de Nitratos	50
Tabla 23 Resultados de análisis de Nitritos	51
Tabla 24 Resultados de análisis de Manganeso.....	52
Tabla 25 Resultados de análisis de Fosfatos.....	53
Tabla 26 Resultados de análisis de DBO5.....	54
Tabla 27 Resultados de análisis de DQO	55
Tabla 28 Resultados de análisis de sólidos totales disueltos	56
Tabla 29 Resultados de análisis de sólidos suspendidos.....	57
Tabla 30 Resultados de análisis de coliformes fecales	58
Tabla 31 Resultados de análisis de coliformes totales	59
Tabla 32 Coeficientes de fricción de HAZEN WILLIMAS en tuberías	62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Sólidos totales	29
Ecuación 2 Calculo sólidos totales disueltos	29
Ecuación 3 cálculo de Dureza total.....	30
Ecuación 4 Análisis de DBO5	32
Ecuación 5 Cálculo de pérdidas en la tubería	62

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad la evaluación de la calidad de agua de las tres fuentes presentes en el barrio San Luis de Lloa, ya que no cuentan con una red de distribución de agua potable, y se desconoce el estado actual del recurso hídrico. Es fundamental que los habitantes tengan la garantía y confianza de que el agua sea apta para su consumo, éstas sean para uso doméstico o agrícola, debido a que todo ciudadano tiene el derecho de acceder al servicio básico de agua potable, además es importante que el recurso hídrico cumpla con los límites máximos permisibles expuestos en la normativa Ecuatoriana, principalmente la norma INEN 1108.

Se realizaron varias visitas a las fuentes a caracterizar y con la ayuda del presidente de la junta de agua de San Luis de Lloa, se determinaron valores *in situ* con un medidor multiparamétrico, así también se recolectaron muestras siguiendo los lineamientos de la norma INEN 2169:2013. Estas muestras de agua fueron analizadas en el Centro de Investigación y Control ambiental, y en el Laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, los resultados fueron comparados con el libro VI anexo 1 tabla 1 del Texto unificado de legislación ambiental del ministerio del ambiente reforma 2015 número 097-A, así también con la norma INEN 1108 y con la norma técnica para control de descargas líquidas del DMQ ordenanza 138, Anexo I, Tabla 2 esta última se consideró para de esta manera establecer valores referenciales de ciertos parámetros que no están presentes en las normas de calidad. Se concluyó que la mayoría de los parámetros examinados cumplen con las normas previamente mencionadas, excepto el hierro, ya que las rocas presentes en el entorno provocan la presencia del mismo.

Finalmente, se realizó una evaluación de la línea de conducción, con la topografía presentada por el Fondo para la Protección del agua, ya que se prevé la construcción de la misma, la cual, para el desarrollo se tomó como base la Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes emitida por la secretaria del agua SENAGUA, donde se determinaron presiones a lo largo de la distribución, velocidades y el diámetro idóneo para el transporte del caudal adjudicado al Barrio San Luis.

Palabras claves: Recurso hídrico, calidad de agua, línea de conducción, agua potable

ABSTRACT

The present project is based on the evaluation of the water quality of three sources located in San Luis de Lloa neighborhood, it does not have a drinking water distribution network, and the current state of the chemical quality of the water is unknown. It is essential that the inhabitants have the guarantee and confidence that the water is suitable for consumption, whether for domestic or agricultural use, because every citizen has the right of access to basic drinking water services that complies with the specific maximum permissible limits in Ecuadorian regulations, mainly the INEN 1108 Standard.

The sources were visited with the president of the San Luis de Lloa water board, the values were determined *in situ* with a multiparameter, and samples were also collected following the INEN 2169: 2013 standard. These samples were analyzed in the CICAM and LDIA labs, and the results were compared with book VI annex 1 table 2 of the TULSMA, INEN 1108 standard and with the technical norm for the control of liquid discharges of the DMQ ordinance 138, Annex I, Table 1, deducing that the examined parameters complied with the previously determined norms, except iron, since the rocks present in the environment cause its presence.

Finally, an evaluation of the conduction line was made, with the topography presented by the Fund for the Protection of Water, since the construction of the conduction line was specified. To do so, the calculations were adapted, based on the Standard for the Study and Design of Drinking Water Systems and Wastewater Disposal for populations over 1000 inhabitants, norm issued by the Ecuadorian secretariat of water where the pressures along the distribution, the speed and the ideal diameter for the transport of the flow assigned by the secretariat were determined.

Keywords: Water resource, water quality, pipeline, Drinking water

1. Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas en el 2010 reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua potable; derecho a disponer de forma continua de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de calidad. Con ello se reafirma que el agua potable y el saneamiento son esenciales para la realización de los derechos humanos. Asimismo, exhorta a los Estados a desarrollar herramientas y mecanismos apropiados para cumplir con la obligación de dar acceso seguro al agua potable y al saneamiento, incluidas aquellas zonas actualmente sin servicio o con servicio insuficiente (Resolución 64/292). Según Naciones Unidas, al menos 1800 millones de personas en el mundo se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces. En los países de ingresos bajos y medios, el 38 % de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua y se calcula que al menos 842,000 personas mueren cada año como consecuencia de la insalubridad del agua (Senagua, 2010). La Constitución de la República del Ecuador del año 2008, previo a la declaratoria de las Naciones Unidas, señala en el Artículo 12 “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

En general los sistemas de agua de consumo humano han sido realizados por las comunidades a través de mingas con el apoyo económico de proyectos de cooperación. Los sistemas recibieron ayuda financiera y técnica para su construcción, pero ni las juntas ni los usuarios recibieron ninguna capacitación; y, luego de su construcción, no recibieron alguna clase de monitoreo y seguimiento. (Chamorro, 2010). El Barrio San Luis y el FONAG han realizado gestiones en la SENAGUA para el uso de varias fuentes de agua ubicadas en el sector la Playa. El agua será distribuida a cada vivienda mediante tubería (Capito, 2018). Se constató que los pobladores no cuentan con un proceso adecuado de tratamiento del agua y no la distribuyen de manera adecuada hacia sus domicilios. Esta agua cruda es captada de fuentes subterráneas y direccionada hacia una única llave, en la cual las personas deben acercarse para llenar contenedores, los cuales llevan a sus casas, en donde consumen esta agua. Si bien el FONAG (2018) prevé la construcción de una nueva red de abastecimiento y en aproximadamente un año la instalación de un equipo para la desinfección, se requiere realizar una evaluación de la calidad del agua de las fuentes de las cuales se abastece San Luis. Según lo expuesto por Segundo Capito (2018), presidente de la Junta Administradora de Agua, el barrio cuenta con tres ojos de agua, las cuales se encuentran en proceso de adjudicación en la Secretaría Nacional del Agua

(SENAGUA), de los cuales se tomará el recurso hídrico, tanto para consumo humano como para usos agropecuarios. Estos ojos de agua se encuentran en una zona que se caracteriza por ser agropecuaria, donde predomina la agricultura, la ganadería, producción piscícola y avícola, pecuaria, pequeña minería y turismo (GAD Lloa, 2017). Además, Moreno (2005) manifiesta que las aguas subterráneas presentan metales pesados que son constituyentes naturales de la corteza terrestre, de rocas, suelos, sedimentos, erupciones volcánicas y San Luis está ubicado a la cercanía del volcán Guagua Pichincha donde se considera fuente de contaminación por metales.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el estado del agua cruda proveniente de las tres fuentes subterráneas que se prevé la captación para el barrio San Luis en la parroquia Lloa.

1.2. Objetivos específicos

- Recolectar las muestras y evaluar las características físico – químicas y microbiológicas de las fuentes de agua cruda en el Barrio San Luis de Lloa.
- Examinar la línea de conducción, donde se permita la identificación de fallas técnicas previo a la construcción.
- Comparar los resultados obtenidos en los análisis, con las distintas normas ecuatorianas, ya sean TULSMA 2015, INEN 1108 y norma del DMQ.
- Entregar y exponer los resultados de los análisis al Barrio San Luis como sustento de la calidad de las fuentes, de las cuales se tomará el recurso hídrico para uso doméstico.

1.3. Marco teórico

1.3.1. El agua

El agua está presente en un 70% en la superficie del planeta, es posible encontrarla en ríos, lagos, océanos, aire y en el suelo, se considera una fuente de sustento para la vida, ya que aporta en la regularización del clima del mundo. El agua es un recurso renovable finito, se calcula que anualmente se evapora 505.000 km³ de agua en los océanos, pero existe una precipitación de 120 km³, el movimiento masivo de agua se conoce como ciclo hidrológico (Fernandez, 2012).

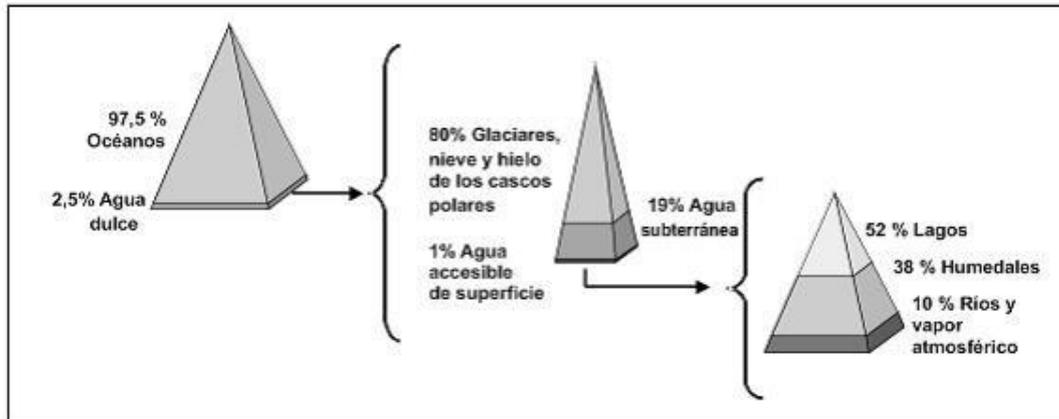


Figura 1 Distribución de agua

Fuente: (revista Química Viva)

1.3.2. Fuentes de agua presentes en la naturaleza

1.3.2.1. Agua superficial

Las aguas superficiales son aquellas que se encuentran en la superficie del suelo, las mismas provienen de las precipitaciones, las cuales sino llegan a filtrarse en las capas del suelo pueden aparecer en reposo en lagunas, lagos, pantanos o ríos. Se conoce dos tipos de aguas superficiales; la primera es agua lítica o corriente estas son masas de agua que se movilizan casi siempre en una misma dirección por ejemplo riachuelos, arroyos; la segunda es agua léntica, esta se denomina masa de agua en reposo o quieta por ejemplo humedales, pantanos, etc. (Miteco , 2020)



Figura 2 Agua superficial

Fuente: (Ministerio de España, 2020)

1.3.2.2. Agua subterránea

Se considera al recurso hídrico presente bajo la superficie del suelo, específicamente en el interior de poros, partículas y rupturas de rocas sólidas. Una de las características más importantes es que mantiene una temperatura estable. Este tipo de agua presenta un 20% de agua dulce, esto equivale a un 3% del total. (Reascos, 2010).



Figura 3 Fuente subterránea

1.3.3. Contaminación del agua

En la actualidad existe un problema mundial de abastecimiento de agua potable y saneamiento, además del problema de contaminación del recurso. La contaminación se genera en la mayoría de los casos de manera antropogénica, debido al vertido de residuos, fertilizantes, químicos o pesticidas que convergen en agua dulce. Según lo expuesto por la ONG InpirAction se estima que a nivel mundial aproximadamente 1000 millones de personas no cuentan con el recurso hídrico, a causa del crecimiento demográfico y el calentamiento global. (Vazquez, 2017).

1.3.4. Fuentes de contaminación

La contaminación del agua es un serio problema, ya que afecta a cientos de millones de personas alrededor del mundo. El agua es un recurso limitado y para ciertas poblaciones es difícil encontrar agua fresca o potabilizada. La contaminación se presenta cuando los

contaminantes ingresan a los cuerpos de agua, especialmente producidas por actividades antropogénicas, pero también por contaminantes naturales (GPM, 2019).

1.3.4.1. Fuentes naturales

Este tipo de contaminación se produce dependiendo del tipo de terreno por donde transcurre el agua, ya que es posible que existan componentes de origen natural, procedentes de la interacción entre el suelo y atmósfera, como por ejemplo (calcio, magnesio, hierro, sales minerales). Algunos de ellos no son de peligro para la salud humana y el medio ambiente, pero es necesario llevar un control de la concentración. (García, 2002).

1.3.4.2. Fuentes artificiales

Este tipo de contaminación se produce como consecuencia de la actividad humana. La actividad industrial ha provocado que exista una alta presencia de varios componentes que son de gran peligro para el entorno natural, ya que su eliminación es muy compleja y costosa. (García, 2002)

1.3.5 Principales contaminantes del agua

- **Microorganismos patógenos.** Entre los cuales se tiene los virus, bacterias, protozoarios y varios organismos que transmiten varias enfermedades. Comúnmente estos microbios llegan al agua mediante las heces o residuos orgánicos que producen los seres humanos. La OMS indica que en el agua para consumo humano la presencia de colonias de coliformes debe estar en cero por cien mililitros de agua (Andueza, 2014).
- **Residuos orgánicos.** Es el conjunto de desechos orgánicos originados por los seres humanos o la actividad ganadera. La alta presencia de estos contaminantes incide en la propagación de bacterias que disminuyen el oxígeno en el agua, lo que provoca eutrofización en aguas lenticas. (García, 2002).
- **Sustancias químicas inorgánicas.** Los altos índices de sales, metales tóxicos y ácidos, como por ejemplo el plomo y mercurio producen en los seres vivos daños graves, así también en la disminución de la eficiencia de equipos, ya que pueden producir corrosión en los mismos. (García, 2002).

- **Nutrientes vegetales orgánicos.** En la mayoría de los casos la presencia de algas en el agua provoca eutrofización, por tal motivo es necesario medir la concentración de nitritos, nitratos y fosfatos, ya que son solubles en el agua, y esto provoca una disminución del oxígeno y hace imposible el desarrollo de seres vivos (FAO, 2018).
- **Sólidos disueltos y suspendidos.** La escorrentía superficial provoca una alta presencia de partículas, ya que las precipitaciones inducen al arrastre de materiales de gran volumen, esto altera los niveles de turbidez y como consecuencia dificulta el desarrollo de los organismos acuáticos. (García, 2002).

1.3.6. Muestreo

Al establecer un programa de muestreo de agua para uso doméstico, existe la posibilidad de estructurar las distintas actividades para evitar errores técnicos en la toma de las muestras. El muestreo tiene como objetivo determinar las distintas características del agua, donde es fundamental tomar una porción representativa del recurso hídrico y mantener en conservación, para no obtener modificaciones al momento de ejecutar los estudios en el laboratorio. (Lopez, 2011).

En cuanto a la recolección de las distintas muestras, dependerá del procedimiento analítico a utilizar y del objetivo del análisis, por ende, es necesario asegurar el cumplimiento de las distintas normas nacionales e internacionales. Las técnicas de toma y preservación son de gran importancia, ya que permiten una precisión y exactitud de los datos que se obtendrán en los ensayos. (ITOXDEF, 2011).

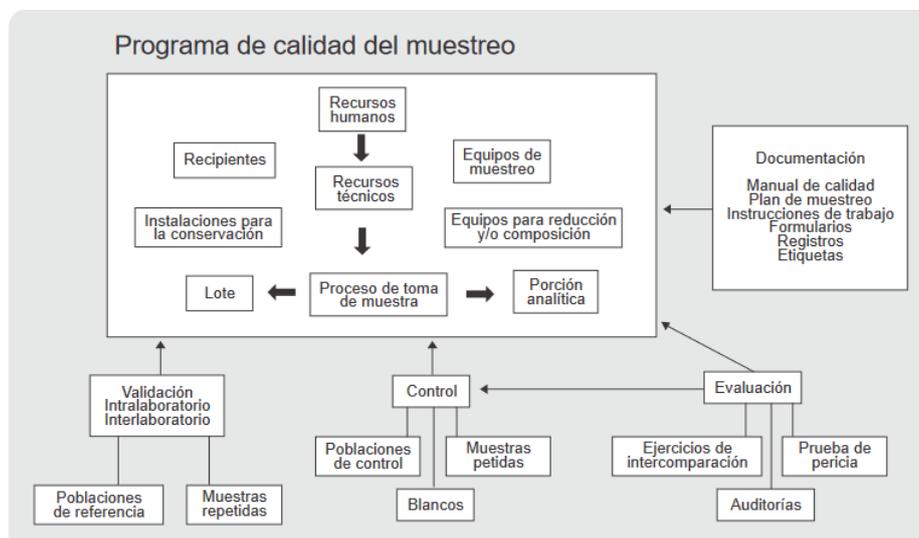


Figura 4 Programa de calidad de muestreo

Fuente: (Mejía, 2020)

1.3.7. Tipos de muestra

1.3.7.1. Muestra simple

Se denomina muestra simple aquella que es recogida en un lugar y en un tiempo determinado para un análisis individual. Cuando se presenten varios puntos de vertido, se relacionará a una muestra simple, la cual es integrada por volúmenes proporcionales al caudal en cada punto. Este tipo de muestra resulta apropiada para evaluar la calidad del agua. Para realizar la recolección de las muestras, se usa un muestreador, ya sea para aguas subterráneas o superficiales o bien se recolecta mediante un balde. (Lopez, 2011).



Figura 5 Muestra simple

Fuente: (CONAGUA México, 2014)

1.3.7.2. Muestra compuesta

Es el resultado de la combinación o el conjunto de muestras simples tomadas en un mismo punto a diferente tiempo. Este tipo de muestra se utiliza como un estándar para los distintos análisis, donde la recolección se da durante 24 horas. Hay que considerar que, para conformar la cantidad de agua, cada muestra simple debe ser proporcional al caudal de salida al momento de la toma (CONAGUA, 2018).



Figura 6 Muestra compuesta

Fuente: (CONAGUA México, 2014)

1.3.7.3. Muestra integrada

Es la composición de varias muestras individuales que se toman en distintos puntos, pero al mismo tiempo, es común que este método de muestreo sea utilizado para la recolección en embalses, lagos o ríos, en donde varían sus características principales como son el ancho y la profundidad (Afanador, 2017).

1.3.8. Manejo y conservación

1.3.8.1. Tipos de recipientes

Es de gran importancia determinar previamente el tipo de recipiente a utilizar, además de considerar varios aspectos como son:

- a) El recipiente y la tapa deben estar libres de contaminación. Los frascos de vidrio o plástico deben estar libres de sustancias tóxicas. Es adecuado la utilización de botellas de polietileno y botellas de vidrio de borosilicato para la toma de muestras, en las que se realizará el análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas naturales (INEN, 2013).
- b) Al utilizar recipientes de vidrio ámbar o frascos opacos se reducen varias actividades fotosintéticas, por lo que se recomienda guardar un juego de recipientes para determinaciones de parámetros especiales, ya que esto inhibe una posible contaminación cruzada. (INEN, 2013).
- c) Tomar precaución con recipientes que fueron utilizados para la toma de muestras con alta concentración de algún elemento, así también, considerar la resistencia del recipiente a temperaturas extremas. (INEN, 2013).

1.3.8.2. Preparación de recipientes

Para determinar las características químicas del agua que sea proveniente de fuentes superficiales o subterráneas es necesario lavar los frascos, para evitar contaminación de la muestra. El limpiador a escoger dependerá de los componentes a ser analizados, por ejemplo, el recipiente de vidrio puede ser lavado con detergente y agua, para de esta manera retirar trazas de polvo o residuos, finalmente se enjuaga con agua desionizada o destilada. (INEN, 2013).

1.3.9. Llenado del recipiente, refrigeración y congelación de muestras

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos, es esencial llenar completamente los frascos y taparlos, esto evitará la agitación y la fase gaseosa. Cabe recalcar que, si se añade un conservante o si se procede a congelar la muestra no es dispensable llenar la botella. En cuanto a la congelación y refrigeración de las muestras, es eficaz si al instante de recolectarlas se coloca en refrigeradores de campo o cajas térmicas, se considera la preservación a una temperatura que va entre 2 °C Y 5 °C. (INEN, 2013).

1.3.9.1. Adición de conservantes

Varios componentes físicos o químicos se mantienen estables al añadir compuestos químicos, la cual se vierte directamente en la muestra. Sus concentraciones varían y entre los más utilizados están los ácidos, soluciones básicas o biácidos. A continuación, se presentan varias técnicas de preservación, dependiendo del parámetro.

Tabla 1 Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis fisicoquímico.

Fuente: (INEN, 2013)

Parámetro	Tipo de recipiente (ml)	Volumen	Técnica de preservación
Cobre	P lavado en ácido o V lavado en ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Color	P o V	500	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
Dureza	P o V	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃
DBO ₅	P o V	1000	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
DQO	P o V	1000	Acidificar a pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄
Fosfatos	P o V	250	Acidificar a pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄

Hierro, Manganeso, zinc	P lavado en acido o V lavado en acido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃
Nitrato	P o V	250	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
Nitrito	P o V	200	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
pH	P o V	100	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
Solidos suspendidos	P o V	500	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
Solidos totales	P o V	100	Se enfría hasta 1°C a 5 °C
Turbiedad	P o V	100	Se enfría hasta 1°C a 5 °C

1.3.10. Parámetros considerados para el análisis

1.3.10.1 Parámetros fisicoquímicos

Color

Se considera un parámetro de medición importante, ya que se relaciona con la estética del recurso hídrico. Su origen procede de vegetales como son el plancton, ácidos húmicos, turba, además de varios metales, tales como el hierro, cobre, manganeso, cromo o solidos suspendidos y disueltos. Los efectos del color en el sistema acuático se centran en la disminución de la transparencia, es decir la visibilidad, lo que provoca la reducción de procesos fotosintéticos. (Lafuente, 1990)

Conductividad

Se conoce como una medida de capacidad, para transportar corriente eléctrica. Esto permite establecer la concentración de iones presentes en el agua. Cabe recalcar que la contribución de cierta especie iónica a la conductividad es distinta, su valor no se relaciona con el número total de iones de una solución, depende de gran manera de la temperatura. (Johnson, 1980).

Oxígeno disuelto

Mide la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en un líquido. Permite verificar si existe vida vegetal o animal, si se presenta niveles altos de OD dificulta la supervivencia de cualquier organismo. Por otro lado, es importante tener en cuenta los niveles de salinidad, ya que, puede afectar la presencia de oxígeno disuelto. El OD se relaciona con la temperatura, es decir si el agua mantiene niveles altos de temperatura dificulta la presencia de oxígeno (MedidordePH, 2014).

pH

El pH se define como el logaritmo inverso de la concentración de protones. La medición del pH es esencial en aguas de origen natural, ya que interfiere en varias en reacciones biológicas y químicas, como por ejemplo puede producirse corrosión e incrustaciones en las redes de distribución. Se puede afirmar que no tiene efectos directos en la salud, pero si tiene influencia en los procesos de tratamiento, se considera que en aguas estas sean crudas o tratadas, deberían tener un pH entre 5 y 9 (Johnson, 1980).

Temperatura

La medición de temperatura tiene gran importancia, ya que incide en el desarrollo de distintos procesos. Cuando existe el aumento de temperatura se presentan modificaciones en la solubilidad de las sustancias, así también la actividad biológica. Esto se evidencia al momento de que las fuentes reciben agua residual de procesos industriales. La temperatura se analiza mediante termometría o bien un multiparámetro "in situ". (Jiménez, 2019).

Sólidos

En ciertos casos el agua puede contener partículas suspendidas, así también compuestos solubles, mediante la suma de las dos se conoce los sólidos totales (ST), los cuales se clasifican en filtrables y no filtrables. Para determinar los sólidos en suspensión, el líquido pasa por un filtro de fibra de vidrio con poros de 1,2 micrómetros. La fracción filtrada hace referencia a los sólidos coloidales y disueltos, donde está constituida por partículas que van desde los 0,001 y 1 micrómetro, las mismas se encuentran compuestas de moléculas inorgánicas y orgánicas. (Jiménez, 2019)

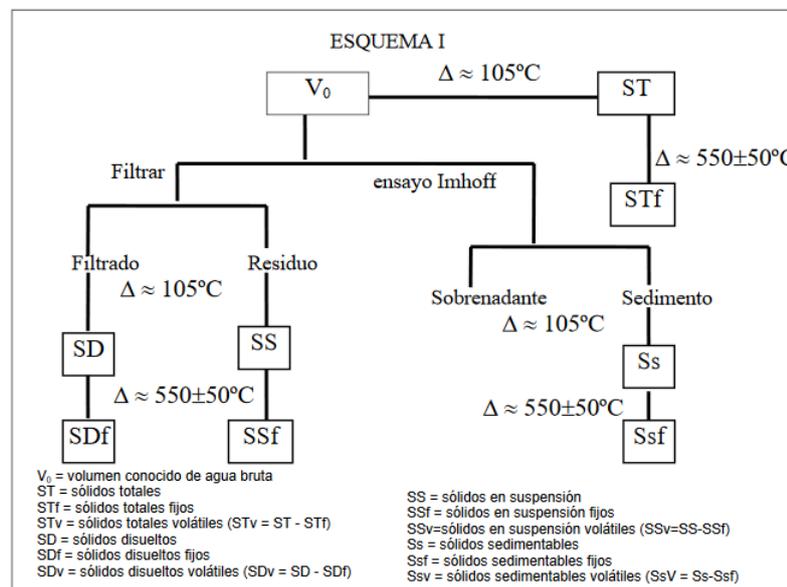


Figura 7 Esquema de medición de solidos

Fuente: (Libro Gestión ambiental,2000)

1.3.10.2. Parámetros químicos

Cobre

La corrosión en tuberías por motivo de la presencia de cobre se asocia a aguas subterráneas con alta dureza, con concentraciones de CO_2 superiores a 5 mg/l. El cobre es muy común y su origen es natural, la absorción de este elemento es necesario, ya que es esencial para la salud de los seres humanos, pero si se presenta en altas concentraciones puede causar daños. Las mayores concentraciones de cobre se agrupan en sedimentos de agua, además en las partículas de suelo. (Lenntech , 2020).

DBO₅

Se define como la cantidad de oxígeno disuelto utilizada por los microorganismos, en los procesos de degradación de materia orgánica biodegradable, en un tiempo de 5 días. La DBO5 se puede ver afectada por la temperatura del entorno, los tipos de microorganismos y los compuestos nutritivos; si se mantienen constantes los tres aspectos anteriormente mencionados, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se expresa en términos del tiempo de vida media, es decir la descomposición de la mitad del valor inicial de materia orgánica. (Moran, 2020).

DQO

La medición de DQO se utiliza para conocer la cantidad de materia orgánica presente en aguas subterráneas, superficiales, y residuales. Así también se denomina un parámetro de contaminación, donde se conoce la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica presente en la muestra, y se oxida mediante un agente fuertemente oxidante en medio ácido. Comúnmente se utiliza el dicromato de potasio y es necesario el uso de un catalizador como es el sulfato de plata. (USAL , 2013).

Dureza

La dureza se refiere a la presencia de ciertos cationes disueltos en el agua, lo cual interfieren en la obtención de espuma, y a su vez generan un precipitado insoluble. Agua con alta dureza dificulta la cocción de legumbres y favorecen en la aparición de incrustaciones. Si se consume agua con una lata concentración de dureza, es posible la formación de cálculos vesiculares y renales. Cabe recalcar que la dureza la constituyen los cationes polivalentes como son las sales magnésicas y cálcicas. (Spehar, 1992).

Fosfatos

Se componen del fosforo inorgánico presente en forma de mineral, pero también existen en forma de solución como partículas. Comúnmente el agua proveniente de las precipitaciones contiene fosfatos que filtran por los suelos agrícolas. Altas concentraciones de fosfato producen el crecimiento desmedido de algas, lo que provoca la disminución de oxígeno en el agua. (Bolaños, 2017)

Hierro y Manganeseo

Tanto el manganeseo como el hierro producen daños en los suministros de agua y se presentan en aguas de origen subterráneo y lagos estratificados. Las aguas con la presencia de estos compuestos al ser expuestas al aire provocan turbidez por acción del oxígeno. Estos elementos al oxidarse en Fe^{+++} y Mn^{4+} forman precipitados coloidales, en caso de evidenciarse concentraciones bajas, dan sabores metálicos al agua. El agua con manganeseo y hierro no tiene efectos graves en la salud de las personas. (Cardona, 2011)

Nitratos y Nitritos

Los nitratos y nitritos se consideran compuestos inorgánicos, son derivados del nitrógeno y están presentes en el recurso hídrico de forma natural. En muchas aguas subterráneas se evidencia niveles altos de nitratos, esto se da por la intensificación de las prácticas ganaderas y agrícolas. Los niveles de nitratos en el agua potable se encuentran por debajo de los 10 mg/l de concentración, pero si se evidencia una concentración superior a 50 mg/l puede presentar un peligro para la salud humana. (Bolaños, 2017).

Cinc

El cinc no se presenta comúnmente en aguas naturales, pero en algunos casos se puede encontrarlo de manera coloidal, iónica o inorgánica. Influye tanto en el desarrollo y crecimiento encefálico y funciones sensitivas. En dosis bajas el Cinc no tiende a ser toxico, pero, si se asocia con el cadmio principalmente en acuíferos, es un potencial peligro el consumo de agua con estos contaminantes. (Bolaños, 2017).

1.3.11. Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales

Los coliformes fecales se definen como un grupo de organismos capaces de fermentar lactosa a 44 o 45°C, las mismas pueden ser bacterias de género *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Enterobacter*, aunque su origen es fecal. La contaminación del agua por

materia fecal es un elemento de importancia sanitaria, debido a que las excretas contienen una gran variedad de microorganismos que pueden afectar a la salud de la población, es importante recalcar que los coliformes fecales no sobreviven mucho tiempo en vida libre, pero, si se presenta una estabilidad en el entorno donde permanecen su reproducción puede ser alta, por tal razón es sustancial realizar tratamientos primarios para de esta manera evitar enfermedades; para el control de este contaminante biológico se puede añadir cloro o el uso de lámparas UV para de esta manera asegurar una desinfección del agua. (Amado, 2017).

Coliformes totales

Los coliformes totales pueden ser bacterias anaerobias o aerobias, consideradas gram negativas. Es posible su reproducción en presencia de sales biliares o con tensoactivos, carecen de citocromo oxidasa y tiene como función el fermentar la lactosa dando como productos ácidos, aldehído y gas a 35 °C o 37 °C, en 48 horas. Los coliformes por general cuentan con la actividad β - galactosidasa. Mayormente se las encuentra en el medio ambiente, agua para el consumo humano y heces. (Amado, 2017)

1.3.12. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable consta de un conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios, cuyo objetivo es conducir el agua hacia un destino final, comúnmente para satisfacer las necesidades de una población, desde un origen que puede ser: subterráneo, superficial, hasta el hogar de los usuarios. En zonas rurales, se utiliza un sistema de abastecimiento por gravedad, en algunos con tratamiento o sin tratamiento, ya que las fuentes se encuentran en una mayor altitud a la de los consumidores. El sistema consta de los siguientes elementos: (Andrango, 2020).

- Fuente natural (agua superficial o subterránea)
- Captación
- Conducción
- Tratamiento de agua
- Almacenamiento
- Sistema de distribución

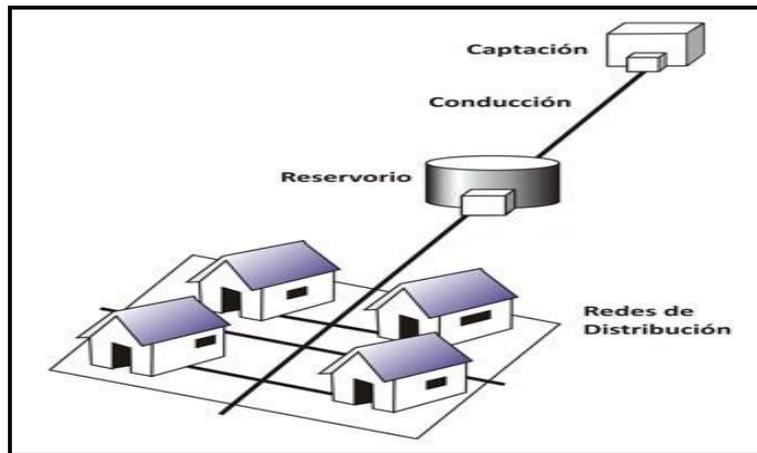


Figura 8 Sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: (Libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados)

1.3.13. Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

1. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento
2. Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento
3. Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento
4. Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

1.3.14. Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

Su abastecimiento va desde fuentes subterráneas que nacen de manera espontánea en la capa superficial del terreno en forma de manantiales. Estas aguas no contemplan un tratamiento complejo, ya que su calidad es aceptable, únicamente necesitan una simple desinfección, comúnmente esta agua pasa por filtros de los estratos del subsuelo. (Villacis, 2018).

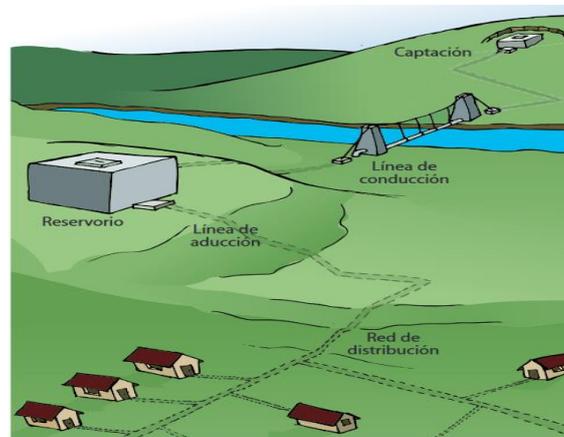


Figura 9 Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

Fuente: (CIDBIMENA, 2019)

1.3.15. Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

Este tipo de sistema se abastece de fuentes de agua de origen superficial como son: lagos, canales, ríos, etc. La calidad del agua no es óptima, debido que, al estar a la intemperie recibe contaminación natural o antropogénica, por lo cual es necesario un tratamiento de desinfección y clarificación previo a su distribución. (CIDBIMENA, 2019).

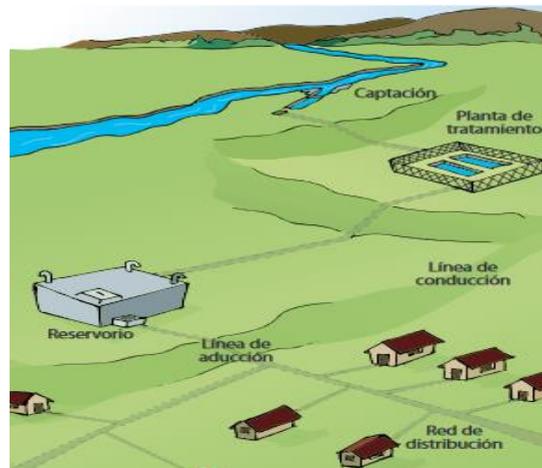


Figura 10 Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

Fuente: (CIDBIMENA, 2019)

1.3.16. Sistema por bombeo sin tratamiento

Este sistema se abastece generalmente de pozos perforados o excavados, de esta manera se extrae agua subterránea. El recurso es normalmente de buena calidad, por lo cual es distribuida después de una simple desinfección. (CIDBIMENA, 2019).

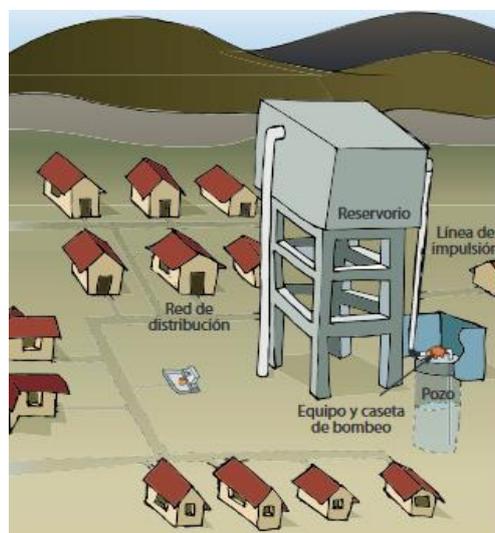


Figura 11 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

Fuente: (CIDBIMENA, 2019)

1.3.17. Sistema por bombeo con tratamiento

Este sistema aprovecha aguas de origen superficial, ubicadas a una cota menor o nivel inferior al punto de distribución, la inversión económica para estos proyectos es muy alta, la calidad del recurso hídrico no es la adecuada para lo cual es necesario una planta de tratamiento previo a la distribución hacia la población. (Villacis, 2018)

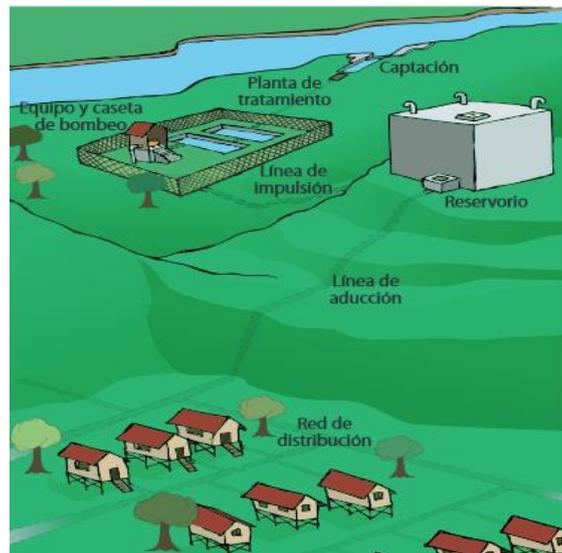


Figura 12 Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

Fuente: (CIDBIMENA, 2019)

1.3.18. Obras de captación

Son las obras civiles y equipos electromecánicos, que se utiliza para disponer y reunir adecuadamente el agua de origen subterráneo o superficial. El tipo de construcción varía de acuerdo a las fuentes de abastecimiento. La obra de captación consta de una estructura colocada directamente en la fuente, con el fin de conducir hacia la línea de conducción, es importante determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua antes de recolectar el recurso hídrico (Villacis, 2018).

1.3.19. Obras de conducción

Se considera obra de conducción al conjunto de estructuras hidráulicas, cuyo objetivo es el transporte de agua desde la captación hasta un punto final, este puede ser una planta de tratamiento o un tanque de regulación. Mayormente se utilizan tuberías. Las

obras de conducción forman parte de un sistema de agua potable, dependiendo su diseño tiene un impacto económico en la operación del mismo (Villacis, 2018)

1.3.20. Componentes de la línea de conducción

La línea de conducción es la parte de un sistema de distribución de agua potable cuyo objetivo es el transporte de agua, desde la captación, mediante gravedad o bombeo, hasta un tanque de almacenamiento, regulación o una planta de potabilización, así también se considera en la línea de conducción, al conjunto de estructuras de operación, conductos, accesorios, etc. Los accesorios pueden ser válvulas de tipo *check*, purga, expulsoras de aire, combinadas entre otras. La ubicación de estas dependerá del proyecto a implementar (SIAPA, 2014).

1.3.20.1. Tuberías

Las tuberías son componentes básicos en cualquier sistema de distribución de agua. Existen tuberías de distinto material como pueden ser: plástico, metal o polietileno. Entre los tipos de tubería que más se utilizan están: los de PVC, PEX, CPVC, debido a que no representa un gran costo, además que resisten temperaturas elevadas. Es posible transportar agua a alta presión y están disponibles a diferentes diámetros (HIDROTEC, 2020).

Las tuberías de PVC, son muy resistentes a materiales corrosivos y es posible unir las con adhesivos especiales dependiendo el ancho, también son utilizadas en el transporte de líquidos y gases de manera segura. El PVC se limita al transporte de líquidos con temperaturas no superiores a los 60 grados centígrados, lo que hace inadecuado a la conducción de agua caliente. Este tipo de tubería es de gran uso en sistemas de abastecimiento de agua (Villacis, 2018).

Las tuberías de Acero inoxidable tienen mayor resistencia a materiales férricos y a la corrosión, pero su costo es alto. La ventaja de este tipo de tubería es que son fácilmente limpiables y desinfectables, cuando se requiera. Por otro lado, las tuberías de cobre mayormente se aplican, pero es necesario soldarlas para unir las; se caracterizan por ser flexibles o rígidas (Villacis, 2018). A continuación, se presentan en la figura 13 los distintos diámetros calculados y los valores estándares de fabricación.

Nominal Pipe Size NPS [pulgadas]	Diametro Nominal DN [mm]	Nominal Pipe Size NPS [pulgadas]	Nominal Diameter DN [mm]	Nominal Pipe Size NPS [pulgadas]	Nominal Diameter DN [mm]
1/8	6	6	150	48	1200
1/4	8	8	200	52	1300
3/8	10	10	250	56	1400
1/2	15	12	300	60	1500
3/4	20	14	350	64	1600
1	25	16	400	68	1700
1 1/4	32	18	450	72	1800
1 1/2	40	20	500	76	1900
2	50	24	600	80	2000

Figura 13 Diámetros de tuberías

Fuente: (VAM, 2019)

1.3.20.2. Accesorios de tuberías

Los accesorios son el conjunto de piezas ya sean mecanizadas o moldeadas, donde se unen a los equipos o tuberías, para de esta manera asegurar una efectiva unión y distribución. Se clasifican en varios grupos según su función que desempeñan en la distribución. Las características que se toman en cuenta son: el material de fabricación, diámetro nominal, espesor y resistencia. Los accesorios más utilizados son:

TE (T): Su forma es de T, la cual permite realizar una conexión a tres bandas, los diámetros en las salidas pueden ser de distinto tamaño o del mismo.



Figura 14 TE

Fuente: (Novacero, 2020)

Cruz (X): Su forma es una cruz, donde se une cuatro pasos, también se le denomina racor en cruz, T con salidas laterales.



Figura 15 Accesorio Cruz

Fuente: (Poolaria, 2020)

Codo (C) Accesorio de forma curva, se utiliza para desviar la dirección recta del fluido. Son fabricados en una sola pieza con características específicas.



Figura 16 Accesorio codo

Fuente: (Fontariscal, 2020)

Filtros (F): Se considera un accesorio de seguridad, el cual permite la retención y control de contaminantes y partículas no deseadas.



Figura 17 Accesorio Filtro

Fuente: (Tualerep, 2020)

1.3.20.3. Válvulas

Se define como un aparato mecánico, donde se puede iniciar, regular o detener la circulación de fluidos, mediante una pieza movable, lo cual obstruye de manera parcial uno o más orificios de la conducción (UAB, 2019). A continuación, se detallan los distintos tipos de válvulas existentes:

Válvulas de mariposa: Se encarga de controlar el recorrido del fluido, por medio de un disco circular, tiene un eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido del transporte del agua.



Figura 18 Válvula mariposa

Fuente: (válvulas, 2020)

Válvulas de globo: El cierre se realiza mediante un tapón o disco que obstruye el paso del líquido, contiene múltiples orificios y con un control preciso de la circulación.

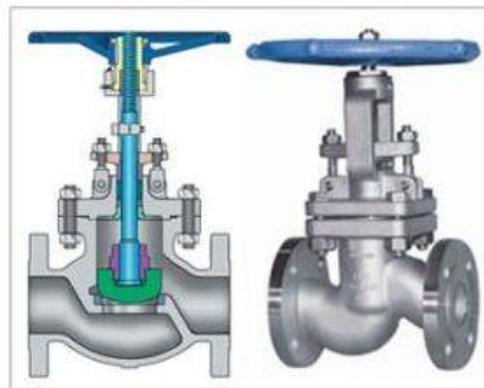


Figura 19 Válvula Globo

Fuente: (Andes, 2020)

Válvulas de bola: Son de un cuarto de vuelta, lo cual una bola gira en medio de asientos elásticos. Esta acción permite la circulación del fluido, y obstaculiza al momento que la bola gira 90 grados.



Figura 20 Válvula Bola

Fuente: (GTM, 2020)

Válvulas de diafragma: Son de vueltas múltiples, donde se efectúa el cierre mediante un diafragma que está sujeto al compresor, el vástago de la válvula desciende y a su vez el diafragma produce la obstaculización del líquido (VAM INDUSTRY, 2018).



Figura 21 Válvula diafragma

Fuente: (Fluid, 2020)

Válvulas reguladoras: Se utilizan para regular el caudal del fluido. La más utilizada es la reguladora de presión, la misma que permite reducir la presión del agua de una red de distribución, mediante el estrangulamiento en la tubería (VAM INDUSTRY, 2018).



Figura 22 Válvula reguladora de presión

Fuente: (Grainger, 2020)

1.3.21. EPANET programa de simulación

Es un programa libre, la cual fue desarrollada por la EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos), el mismo realiza la simulación del comportamiento hidráulico, así también de la calidad del agua en redes y tuberías a presión. Se diseñó para el uso con sistemas de distribución de agua potable, aunque es posible realizar cualquier análisis de un fluido no compresible o a presión. Además, permite seguir la evolución del fluido en las conducciones como su nivel, la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución.

El software permite analizar sistemas hidráulicos en tuberías, a partir de características físicas de la tubería y dinámica de los nudos, para de esta manera encontrar u obtener los caudales y presión, los elementos que toma en cuenta el programa para la simulación están: las tuberías, depósitos, embalses, nodos, adicionalmente, accesorios, válvulas y bombas (Agua, 2020) .

2. Metodología

2.1. Trabajo de campo

Ubicación

La parroquia Lloa, pertenece a una de las 33 parroquias rurales del cantón Quito, provincia Pichincha, se encuentra ubicada a 9 km del DMQ, específicamente al sur este, ubicado en las faldas del volcán Guagua Pichincha. San Luis es uno de los 12 barrios que conforma la mencionada parroquia.

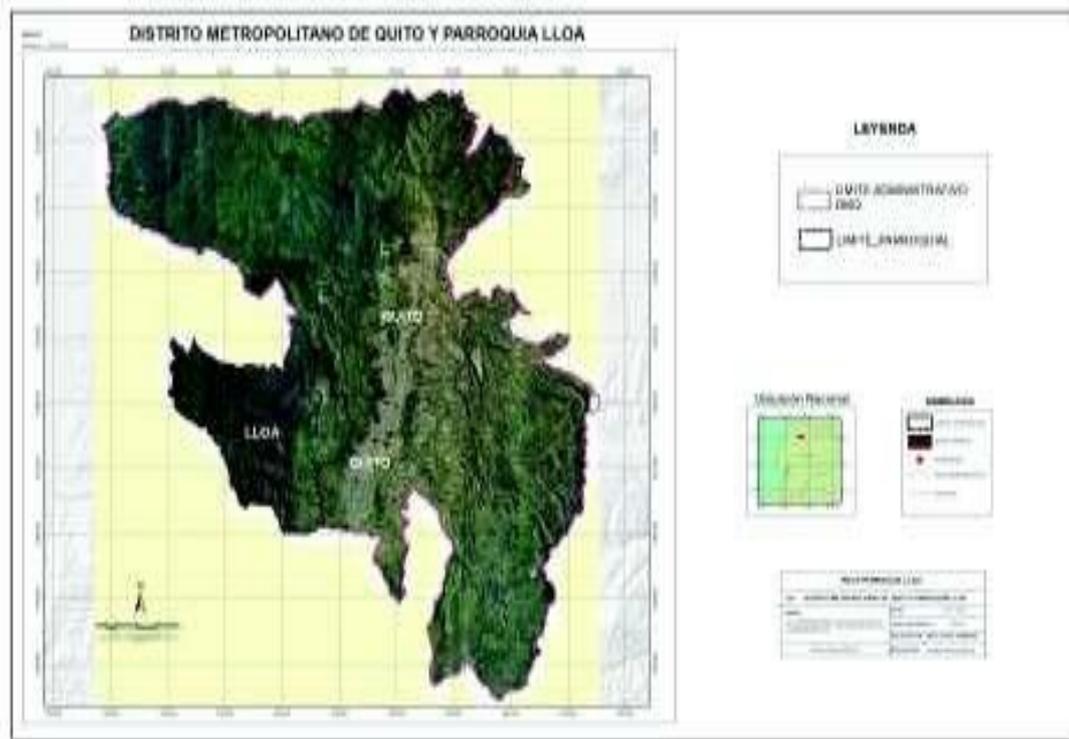


Figura 23 Parroquia Lloa
 Fuente: (Consultora Morales, 2015)



Figura 24 Barrio San Luis de la parroquia Lloa
 Fuente: (Google Earth, 2020)

Uso y cobertura del suelo

Lloa cuenta con una gran extensión de terreno y diversidad de microclimas, esto provoca que los suelos sean fértiles y muy productivos, principalmente favorece a la siembra de cebada, papas, hortalizas y legumbres (Consultora Morales, 2015).

Hidrografía

San Luis se encuentra en la zona hídrica de la parroquia Lloa, aproximadamente produce un caudal de 60 l/s, lo cual permite una operación óptima de las fuentes en época seca, por esta zona pasa el río Blanco, el mismo forma parte del río Esmeraldas (EPMAPS, 2018).

El barrio San Luis al ser considerado una zona de interés hídrico, mantiene convenios con el fondo para la protección del agua FONAG, los mismos van encaminados al cuidado y conservación de las fuentes hídricas, esto se debe a que la EMMAPS recolecta agua de esta zona para ser distribuida al sector sur del distrito metropolitano de Quito. Si bien San Luis cuenta con fuentes hídricas con caudales altos, no existe una distribución directa hacia sus hogares, por tal razón han optado por la auto distribución, donde los moradores prevén recolectar de los siguientes puntos. (ver tabla 2).

Tabla 2 Puntos de ubicación de las fuentes en estudio

coordenadas	Nombre de del ojo de agua	Coordenada x	Coordenada y	Altitud
UTM	Fuente 1	772713	9976498	3420
zona 17 M	Fuente 2	772741	9976417	3370
	Fuente 3	772664	9976473	3332



Figura 25 Fuentes de agua
Fuente: (Google Earth, 2020)

2.2. Visita de campo

De acuerdo con la información proporcionada por el presidente de la junta de agua de San Luis de Lloa, (Caipito, 2020), el barrio realizó conjuntamente con el FONAG (Fondo para la protección del agua) la adjudicación de tres fuentes en la SECRETARIA DEL AGUA (SENAGUA) en el año 2018. Cabe recalcar que ninguna de estos ojos de agua cuenta con un nombre por lo cual se rigen de acuerdo con su ubicación y las coordenadas preestablecidas. Las fuentes de agua se encuentran a 2,5 km de la población aproximadamente. Producto de las 3 visitas a la comunidad, con el acompañamiento de equipos para mediciones de parámetros *in situ* se determinó que habitan 16 familias cada una de ellas con 5 miembros.

El FONAG, diseñó un plano de la línea de conducción, donde los materiales proporcionados fueron: 3 km de tubería de 2 pulgadas, válvulas de aire, válvulas de desagüe y materiales para la acometida. Fueron donados en el año 2018, pero por problemas en el paso de servidumbre, no se ha procedido a la construcción, para aquello el Barrio San Luis se sometió a instancias legales con los dueños de los terrenos donde se encuentran ubicadas las fuentes de agua.

Las muestras fueron recolectadas con base a la norma INEN 2169:2013, a continuación, se detallan los equipos utilizados en campo:

Tabla 3 Materiales y equipos utilizados para el muestreo

Materiales y equipos	Fotografía
Frascos ámbar de un litro	
Frascos de plástico de un galón	

<p>Frascos esterilizados</p>			
<p>Mandil y guantes de Nitrilo</p>			
<p>Cooler grande con hielo</p>			
<p>Turbidímetro</p>			
<p>Multiparámetro</p>			
<p>Etiqueta</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA _____ LLENAR LOS SIGUIENTES DATOS COLECTADO POR: _____ ENVIADO POR: _____ FIRMA: _____ </td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"> MUESTRA TIPO DE MUESTRA _____ OJO DE AGUA _____ RIO _____ LAGO _____ COMENTARIOS: _____ </td> </tr> </table>	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA _____ LLENAR LOS SIGUIENTES DATOS COLECTADO POR: _____ ENVIADO POR: _____ FIRMA: _____	MUESTRA TIPO DE MUESTRA _____ OJO DE AGUA _____ RIO _____ LAGO _____ COMENTARIOS: _____
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA _____ LLENAR LOS SIGUIENTES DATOS COLECTADO POR: _____ ENVIADO POR: _____ FIRMA: _____	MUESTRA TIPO DE MUESTRA _____ OJO DE AGUA _____ RIO _____ LAGO _____ COMENTARIOS: _____		

2.3. Método de análisis de parámetros físicos

Para la determinación de los valores de conductividad, pH, oxígeno disuelto y turbidez se utilizó un multiparámetro marca HORIBA U-50. Este equipo permite medir y visualizar 11 parámetros de manera simultánea, cuenta con una pantalla LCD para una fácil

lectura, la conexión es rápida con la unidad de control y resiste a choques y pruebas de agua (ver Figura 25).

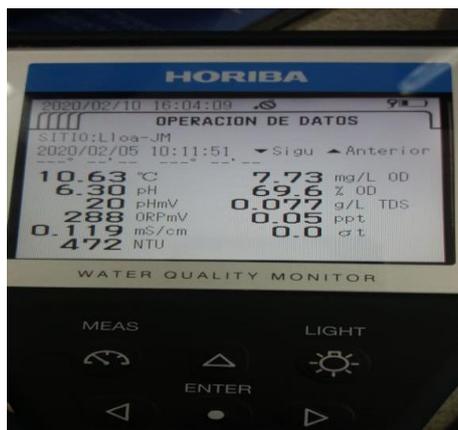


Figura 26 Análisis de parámetros físicos

Análisis de color

La medición de este parámetro se llevó a cabo con el espectrofotómetro UV Visible, se escogió en el equipo la medición longitud de onda de 455nm, donde se procedió de la siguiente manera: se prepararon dos celdas, la primera con 10 ml de la muestra recolectada y la segunda correspondiente al blanco, aquí se añadieron 10 ml de agua destilada. Para conocer el valor, se insertó el blanco en el espectrofotómetro para encerrar y por consiguiente la celda con la muestra.

Análisis de sólidos

Previamente se prepararon las cápsulas de evaporación (Tarado de crisoles). Como punto de partida en el análisis se encendió la estufa a una temperatura de 105^o C, después se colocaron los crisoles necesarios con su respectiva identificación y correctamente limpios en la estufa durante 24 horas. Por consiguiente, se llevó los crisoles al desecador hasta el momento de ser usados, finalmente se pesó y se registró los datos.

Determinación de sólidos totales

Primero se agitaron las muestras para homogenizarla. Con la ayuda de una pipeta se colocaron 25 ml de muestra de agua en el crisol previamente tarado. Se llevaron las muestras a la estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas, tiempo en el cual el agua se evaporó completamente. Una vez transcurrido este período se tomó el crisol y se colocó en el desecador por un período de una hora. Una vez que el crisol se encontraba a temperatura ambiente, se pesó rápidamente para evitar cambios en el

valor por exposición al aire y/o degradación del residuo y finalmente se registró los datos.

$$ST = \frac{P2 - P1}{V_m} \times 1000$$

Ecuación 1 Sólidos totales

Donde:

P2 = Peso del residuo seco + crisol tarado en mg

P1 = Peso del crisol tarado en mg

V_m = volumen de la muestra en mL

Determinación de sólidos disueltos

Se agitó la muestra de agua para homogenizarla, después con la ayuda de una pipeta se colocaron 25 ml de muestra de agua sobre un filtro y un Kitasato; de esta manera se filtró la muestra por completo. Se tomó el papel filtro y se colocó sobre el crisol pesado con él previamente. Los crisoles fueron colocados en la estufa a 105 °C por 24 horas, tiempo en el cual el agua se evaporará por completo. Una vez transcurrido ese período se tomaron los crisoles y se los colocaron en el desecador por un período de una hora hasta que estos se enfríen. Una vez los crisoles se encontraban a temperatura ambiente se pesó rápidamente para evitar cambios en el peso por exposición al aire y/o degradación del residuo.

Nota: Los crisoles únicamente fueron tomados con las pinzas, ya que el contacto de estos materiales con la piel alteraría el peso del crisol y por ende los resultados de la práctica

$$SDT = \frac{(P2 - P1) * 1000}{V_m}$$

Ecuación 2 Cálculo sólidos totales disueltos

Donde:

P2 = Peso del residuo seco + crisol tarado (mg)

P1 = Peso del crisol respectivamente tarado (mg)

V_m = Volumen de muestra que es filtrada la cual se colocó en la cápsula.

2.4. Métodos para análisis de parámetros químicos

Análisis de cobre

Para la determinación de la concentración de cobre se tomó como base el método 8506 del manual HACH, donde se procedió de la siguiente manera: Se llenó la celda con 10 ml de muestra de agua, posteriormente se añadió un sobre del reactivo CuVer1 en polvo, de esta manera se procedió a agitar la cubeta varias veces mediante rotación para que exista la mezcla, se dejó reposar por dos minutos para que exista reacción.

Para la preparación del blanco se llenó la celda con 10 ml de muestra, de esta manera se colocó en el espectrofotómetro y se seleccionó el programa 135 Cobre Bicin y por consiguiente el botón CERO, finalmente la cubeta con el reactivo se introdujo en el equipo previamente limpio y se presionó la tecla MEDICIÓN, donde el resultado se evidenció en mg/l Cu.

Análisis de dureza total

El análisis se inició con la medición de 25 ml de muestra de agua y se colocó en una probeta, posteriormente se vertió en un matraz de Erlenmeyer, a su vez se añadió 4 gotas de NH₄Cl (solución buffer pH = 10) y 3 gotas del compuesto negro de eriocromo al volumen vertido en el matraz de Erlenmeyer. Se agitó el matraz hasta obtener una coloración violeta. Posteriormente se añadió 25 ml de EDTA en la bureta y se tituló hasta obtener una transición de color violeta a azul, finalmente se registró el valor de titulación (Figura 26).

Fórmula para el cálculo de dureza total

$$\text{Dureza total mg} \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{V_{\text{EDTA}} * M_{\text{EDTA}} * 100091}{V_{\text{MUESTRA}} \text{ml muestra}}$$

Ecuación 3 cálculo de Dureza total



Figura 27 Análisis de Dureza

Análisis de DQO

Se inició añadiendo 2 ml de muestra de agua cruda en el vial que contiene los diferentes agentes Químicos. Se agitó el vial para homogenizarla y posteriormente se destapó el vial por un momento. Por consiguiente, la muestra permaneció en el digestor por dos horas. Antes de introducir el vial se calibró el equipo con un vial de agua destilada. Finalmente se puso el tubo de la muestra en el espectrofotómetro y se anotó el resultado.

Tabla 4 Rango de DQO

Fuente: (Chacón, 2016)

Rango 100-150 mg/L	Rango 1,0 – 15,0	Agua destilada
0	0	2
400	4	1,8
800	8	1,6
1200	12	1,4
1500	15	1,25

Análisis de DBO

Para el análisis de DBO5 se midió el volumen de la muestra de agua cruda con la ayuda de una bureta, (el rango de medición será de acuerdo con la calidad del agua). Por consiguiente, se llenó la botella ámbar con la cantidad medida, después se colocó una barra de agitación magnética dentro y se añadieron dos gotas de un inhibidor de nitrificación. Adicionalmente se puso el receptáculo de caucho en el cuello de la botella, aquí se añadió dos patillas de NaOH, luego se tapó la botella ámbar con la cabeza del OxyTop. Para encerrar el equipo se presionaron los botones S y M al mismo tiempo hasta que se evidenció el número cero en el lector. finalmente, se la dejó en incubación por 5 días a una temperatura de 20°C (Ver Figura 26).



Figura 28 Oxytop

Obtenido los valores se procedió a calcular la concentración con la siguiente ecuación:

$$\text{DBO5} \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{V5} - \text{V1}}{\text{V prom}}$$

Ecuación 4 Análisis de DBO5

Donde:

V1: Valor del Quinto día en mg/l

V5: Valor del Quinto día en mg/l

VPROM: Valor promedio de DBO5

Tabla 5 Volumen para DBO con Base a DQO

Fuente: (Bunce, 2019)

Volumen de la muestra (ml)	Rango de medida DQO (mg/l)	Factor
----------------------------	----------------------------	--------

432	0-40	1
365	40-80	2
250	80-200	4
164	2000-400	10
97	400-800	20
43,5	800-2000	50

Análisis de Nitratos

Con la ayuda de una cubeta se midieron 10 ml de muestra de agua cruda, a su vez se añadió un sobre de reactivo NitraVer 3 y posteriormente se tapó con un corcho el recipiente. Seguido se agitó la cubeta por un minuto y se dejó reposar por 5 minutos. Para la preparación del blanco el blanco se añadió 10 ml de muestra en la cubeta y se limpió de manera eficiente el exterior de la cubeta antes de ingresar al espectrofotómetro. Para determinar el valor de concentración se escogió el programa (355 Nitrato RA PP), finalmente se insertó la muestra y se oprimió el botón MEDICIÓN.

Análisis de Nitrito

Se inició añadiendo 10 ml de muestra de agua cruda en la cubeta, así también se añadió un sobre de reactivo de nitrito NitriVer 3, por consiguiente, se agitó la cubeta mediante rotación para obtener una mezcla, y se estableció un reposo de 20 minutos. La preparación del blanco se realizó después que transcurrió los 20 minutos, donde se añadió 10 ml de muestra en una segunda cubeta, es importante limpiar externamente la cubeta antes de introducir al equipo. Para conocer el valor de concentración, se eligió el programa (371 N Nitrito RB PP), posteriormente se introdujo el blanco y se presionó el botón cero, finalmente se insertó la cubeta con la muestra y se oprimió el botón MEDICIÓN.

Análisis de ortofosfatos.

Como punto de partida en el análisis de la concentración de ortofosfatos, se procedió a colocar 10 ml de muestra de agua cruda en la cubeta, y un sobre de reactivo PhosVer. Posteriormente se agitó la cubeta por 30 segundos para mezclar el reactivo y se dejó reposar por 2 minutos. Para preparar el blanco se añadió en una segunda cubeta 10 ml de muestra de agua cruda, es importante limpiar externamente la cubeta antes de introducir al equipo. Para la lectura de la concentración en el espectrofotómetro, se eligió el programa (490 P React. PV), introducir el blanco y seleccionar en la pantalla CERO,

finalmente insertar la cubeta con la muestra de agua y presionar la tecla MEDICIÓN y esperar que indique el valor de concentración.

Análisis de Hierro total

Para la determinación de la concentración de Hierro se tomó como base el método 8008 del manual HACH, donde se procedió de la siguiente manera: Se llenó la celda con 10 ml de muestra de agua cruda, posteriormente se añadió un sobre del reactivo FerroVer en polvo, de esta manera se procedió a agitar la cubeta varias veces mediante rotación para que exista la mezcla, se dejó reposar por tres minutos para que exista reacción, cabe recalcar que se tornará anaranjado si existe presencia de hierro. Mientras tanto para la preparación del blanco se llenó la celda con 10 ml de muestra, de esta manera se colocó en el espectrofotómetro y se seleccionó el programa (265 Hierro Ferro Ver) y por consiguiente se oprimió el botón CERO, finalmente la cubeta con el reactivo se introdujo en el equipo previamente limpio y se presionó la tecla MEDICIÓN, donde el resultado se evidencia en mg/l Fe (Ver Figura 28).



Figura 29 Análisis de Hierro total

Fuente: (Mejía, 2020)

Análisis de Manganeso

Para la determinación de la concentración de Manganeso se tomó como base el método 8149 del manual HACH, donde se procedió de la siguiente manera: Para el análisis de concentración de manganeso, se utilizó el equipo espectrofotómetro, donde se procedió a seleccionar el programa (290 Manganeso RB PAN). Para preparar la muestra se agregó 10 ml de agua recolectada, por consiguiente, se añadió un sobre de reactivo (ácido ascórbico) en polvo, después de procedió a tapar para disolver. Así también se agregó 12 gotas de solución del reactivo (Cianuro Alcalino), y se agito la celda para mezclar. Finalmente, se añadió 12 gotas de solución indicadora PAN 0,1%, y se mezcló mediante movimientos circulares de la celda.

La celda permaneció en reposo durante 2 minutos exactos, antes de introducir la muestra para establecer la concentración se inserta el blanco (celda con agua desionizada) y se presionar la tecla CERO. A continuación, se introduce la celda preparada y seleccionar la opción MEDIR (Ver Figura 29).



Figura 30 Análisis de Manganeso

Fuente: (Mejía, 2020)

2.5. Método de análisis de parámetros microbiológicos

Con la ayuda de una pipeta se añadió 10 ml de solución tampón de fosfatos en los tubos de ensayo de 25 ml, y 5 ml de medio EC en los tubos de ensayo de 10 ml, se cubrió los tubos con tapones de algodón. Una vez añadido los medios de cultivo, se llevó a esterilizar en el autoclave a 121 °C. Para el proceso de inoculación, se homogenizó la muestra, por consiguiente, se añadió 1 ml con la micropipeta en el primer tubo de la gradilla, a su vez se procedió a inocular en los tubos de 25 ml, cabe mencionar que para cada dilución se utilizó una punta nueva.

Para la siguiente inoculación se añadió la dilución del primer tubo y también del segundo tubo, de la misma manera se tomó 1ml y se cultivó en los siguientes tubos de ensayo. Ya completada las diluciones establecidas se llevó a la incubadora a 35 ± 0,5 °C durante dos días.

2.6. Análisis de la línea de conducción con el programa EPANET

Con la ayuda del programa EPANET, se procedió a simular la línea de conducción, donde el propósito fue determinar el diámetro adecuado de la tubería para transportar

el caudal adjudicado al barrio San Luis de la parroquia Lloa. Entre los aspectos que se tomó en cuenta fueron: el tipo de tubería a adquirir, las pérdidas por fricción producidas por válvulas y accesorios, presiones y velocidades, además se consideró la ubicación de válvulas de desagüe y reductoras de presión en todo el tramo de la tubería. Finalmente se propuso la construcción de dos tanques al inicio y final de toda la línea de conducción.

3. Resultados y discusión

Para establecer el diagnóstico de la calidad de las fuentes hídricas se tomó como base la Norma INEN 1108 perteneciente a requisitos de agua potable, se consideró la mencionada norma debido a que es expuesta por una entidad estatal esto aumenta la confiabilidad de los estudios, así también permite mantener estándares de calidad. Por otro lado, se consideró el TULSMA o acuerdo 097A, y la ordenanza 138 del DMQ, normas que permiten establecer límites máximos permisibles de calidad de agua, dando referencia de si o no cumplimiento y a su vez una explicación técnica del estado de las fuentes de agua en estudio.

3.1. Fuente 1

Está ubicada en la cota 3420 msnm, se evidencia en el entorno alta cantidad de arenilla, y vegetación, lo cual cubre totalmente la fuente, además presenta contaminación por heces fecales de animales de la zona, y de acuerdo con un análisis organoléptico el sabor es aceptable y con un color transparente (Ver Figura 31).



Figura 31 Fuente 1

3.1.1. Resultados de análisis en la fuente 1

Tabla 6 Cálculo del caudal en la fuente 1

Formula	Volumen en litros	Tiempo en segundos	Resultado l/s
$\frac{v}{t}$	0,4	240	0,002

Tabla 7 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 1

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	INEN 1108	CUMPLE SI O NO CON LAS NORMAS
Cobre	mg/L	0,31	2	2	SI
Color	Pt-Co	4	75	15	SI
Conductividad	μS/cm	0,119	1500	-	SI
Dureza total	mg/L	30,03	500	-	SI
DBO₅	mg/L	<2	<2	-	SI
DQO	mg/L	<10	<4	-	NO
Fosfatos	mg/L	2,29	-	-	-
Hierro	mg/L	0,45	1,0	0,3	NO
Nitrato	mg/L	-0,7	50,0	50	SI
Nitrito	mg/L	0,007	0,2	3,0	SI
Manganeso	mg/L	0,107	1,0	0,4	SI
Oxígeno disuelto	mg/L	7,73	6	-	NO
pH		6,30	6 - 9	6,5	SI
Sólidos suspendidos	mg/L	459	-	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	152	500	1000	SI
Temperatura	°C	10,63	-	-	SI
Turbiedad	NTU	472	100,0	5	NO
Zinc	mg/L	0,28	3,0	5,0	SI
Coliformes fecales	NMP / 100 mL	1,1	1000	<1,1	SI
Coliformes totales	NMP / 100 mL	9,2	50	-	SI

3.2. Fuente 2

Se encuentra ubicada en la cota 3370 msnm, alrededor de la fuente se evidenciaron rocas de color anaranjado, así también vegetación propia de la zona. Presenta sólidos de gran tamaño, y partículas de tierra que son propias del terreno, se presume que el recurso presente alta concentración de hierro (Figura 32).



Figura 32 Fuente 2

3.2.1. Resultados de análisis en la fuente 2

Tabla 8 Cálculo del caudal en la fuente 2

Formula	Volumen en litros	Tiempo en segundos	Resultado l/s
$\frac{v}{t}$	0,2	60	0,003

Tabla 9 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 2

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	CUMPLE SI O NO CON LAS NORMAS
Cobre	mg/L	0,13	2	2	SI
Color	Pt-Co	2	75	15	SI
Conductividad	μS/cm	0,095	1500	-	SI
Dureza	mg/L	34,03	500	-	SI
DBO ₅	mg/L	<2	<2	-	SI
DQO	mg/L	<10	<4	-	NO
Fosfatos	mg/L	1,17	-	-	-

Hierro	mg/L	1,40	1,0	0,3	NO
Nitrato	mg/L	0,80	50,0	50	SI
Nitrito	mg/L	0,004	0,2	3,0	SI
Manganeso	mg/L	0,11	1,0	0,4	SI
Oxígeno disuelto	mg/L	5,58	6	-	SI
pH		6,66	6 - 9	6,5	SI
Sólidos suspendidos	mg/L	125	-	-	-
Sólidos totales	mg/L	130	500	1000	SI
Temperatura	°C	9,64	-	-	SI
Turbiedad	NTU	20	100,0	5	NO
Zinc	mg/L	0,25	3,0	5,0	SI
Coliformes fecales	NMP / 100 mL	<1,1	1000	<1,1	SI
Coliformes totales	NMP / 100 mL	<1,1	50	-	SI

3.3. Fuente 3

Se ubica en la cota 3332 msnm, el entorno de la fuente presenta alta vegetación propia de la zona, se evidenció contaminación por heces de animales, no existe práctica ganadera ni agrícola cercana al recurso hídrico, las condiciones del terreno provocan que el agua se torne de color café, es decir, la escorrentía produce el arrastre de partículas de tierra, esto altera la calidad del agua, teniendo niveles altos de turbidez (Figura 33).



Figura 33 Fuente 2

3.3.1. Resultados de análisis en la fuente 3

Tabla 10 Cálculo del caudal de la fuente 3

Formula	Volumen en litros	Tiempo en segundos	Resultado l/s
$\frac{v}{t}$	0,6	360	0,002

Tabla 11 Resultados de los parámetros analizados en la fuente 3

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR OBTENIDO	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	CUMPLE SI O NO CON LAS NORMAS
Cobre	mg/L	0,02	2	2	SI
Color	Pt-Co	4	75	15	SI
Conductividad	μS/cm	0,135	1500	-	SI
Dureza	mg/L	38,03	500	-	SI
DBO ₅	mg/L	<2	<2	-	SI
DQO	mg/L	<10	<4	-	SI
Fosfatos	mg/L	1,106	-	-	-
Hierro total	mg/L	0,06	1,0	0,3	SI
Nitrato	mg/L	1,8	50,0	50	SI
Nitrito	mg/L	0,010	0,2	3,0	SI
Manganeso	mg/L	0,01	1,0	0,4	SI
Oxígeno disuelto	mg/L	7,87	6	-	SI
pH		6,63	6 - 9	6,5	SI
Sólidos suspendidos	mg/L	<100	-	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	98	500	1000	SI
Temperatura	°C	11,02	-	-	SI
Turbiedad	NTU	415	100,0	5	NO
Zinc	mg/L	0,21	3,0	5,0	SI
Coliformes fecales	NMP / 100	3,6	1000	<1,1	NO

	mL				
Coliformes totales	NMP / 100 mL	3,6	50	-	SI

3.4. Evaluación de resultados y comparación con las normas

De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y mediante la comparación con las normas INEN 1108 y el libro VI Anexo 1 del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA), se obtuvo lo siguiente:

Color

A continuación, en la figura 34, se presenta los resultados del análisis de color en las tres fuentes.

Tabla 12 Resultados del análisis de Color

Parámetro	Fuente 1 (Pt-Co)	Fuente 2 (Pt-Co)	Fuente 3 (Pt-Co)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
COLOR	4	2	4	75	15	NE

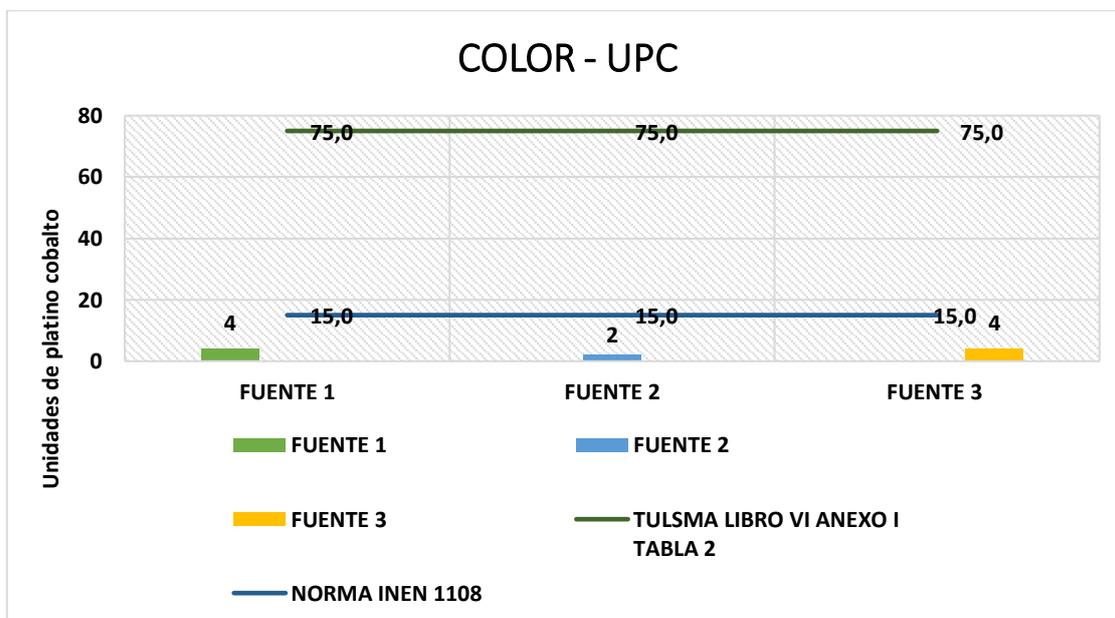


Figura 34 Análisis del parámetro de color

Los valores obtenidos en el análisis de color de las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del TULSMA correspondientes a; “Agua apta para el consumo humano”, los valores de color son óptimos para el consumo. El valor referente en la norma es de 15 Pt-Co.

Conductividad

A continuación, en la figura 35, se presenta los resultados del análisis de Conductividad en las tres fuentes.

Tabla 13 Resultados de análisis de Conductividad

Parámetro	Fuente 1 μS/cm	Fuente 2 μS/cm	Fuente 3 μS/cm	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
CONDUCTIVIDAD	0,119	0,095	0,135	1500	NE	NE

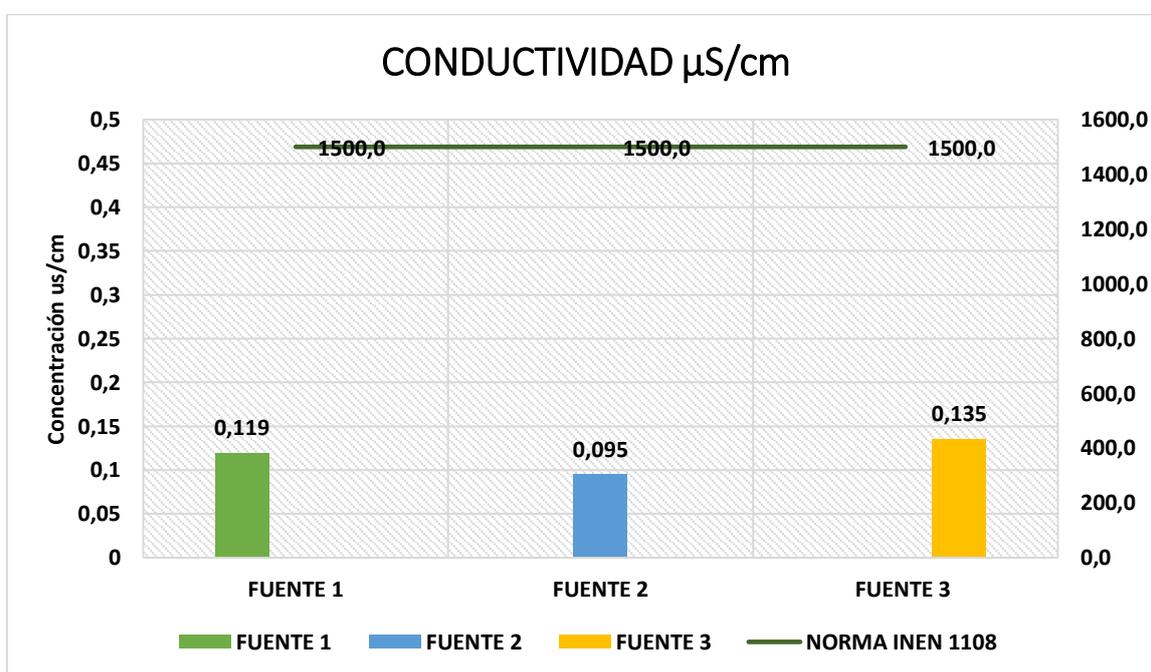


Figura 35 Análisis del parámetro de conductividad

El análisis de conductividad en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI anexo 1 del TULSMA, cabe recalcar que en la norma INEN 1108 no se encuentra regulada. El valor referencial es de 1500 μS/cm. La conductividad se relaciona directamente con la concentración de solidos disueltos, de esta manera se permite deducir un estimativo de la cantidad de solidos disueltos en el agua.

Oxígeno disuelto

A continuación, en la figura 36 se muestran los resultados de oxígeno disuelto del análisis realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 14 Resultados de análisis de Oxígeno disuelto

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 2	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
OXIGENO DISUELTO	7,73	5,58	7,87	6	NE	NE

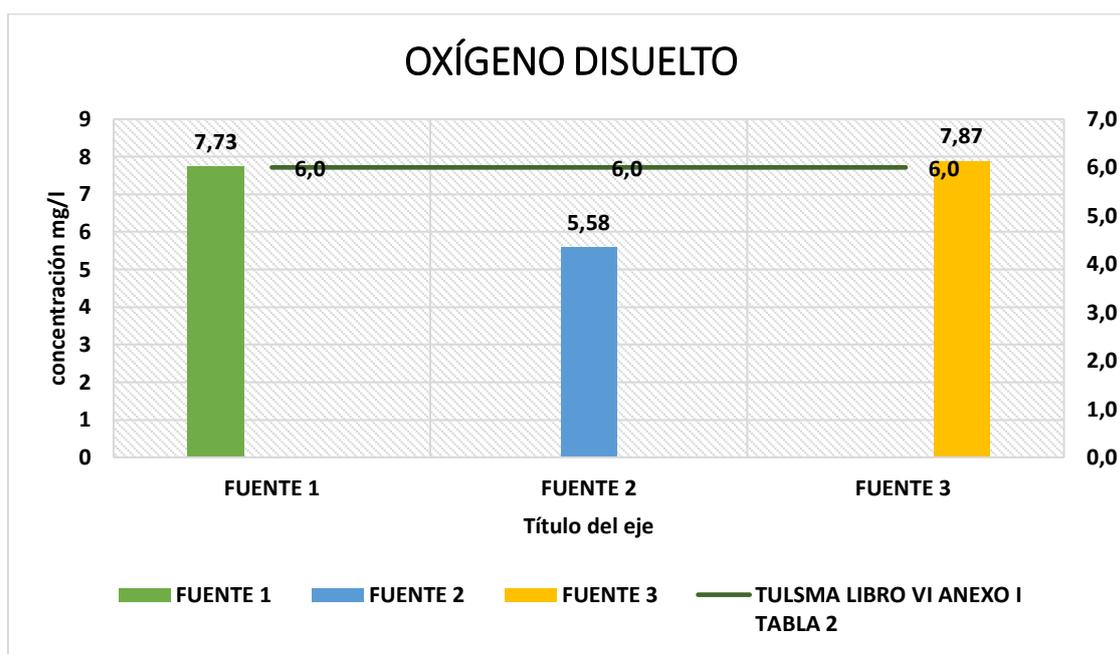


Figura 36 Análisis de oxígeno disuelto

En el libro VI Anexo 1 del TULSMA, señala que el oxígeno disuelto no debe ser mayor a 6 mg/l. se observa que las fuentes 1 y 3 no cumplen con el límite máximo permisible, por otro lado, la fuente 2 está dentro del valor referencial de concentración. Es importante considerar que en lagos y ríos presentan un desequilibrio de los factores biológicos, esto provoca bajas concentraciones de oxígeno. Si se evidencia niveles altos de oxígeno disuelto señalan una mejor calidad, en cambio si existe niveles bajos será complicado la supervivencia de cualquier organismo. El oxígeno es un elemento esencial para mantener la vida acuática, además que puede afectar en varios indicadores como son, el olor, el sabor y la claridad del agua.

Temperatura

A continuación, en la figura 37 se muestran los resultados del análisis de temperatura, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 15 Resultados de análisis de temperatura

Parámetro	Fuente 1 (°C)	Fuente 2 (°C)	Fuente 3 (°C)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
TEMPERATURA	10,63	9,64	11,02	NE	NE	<35

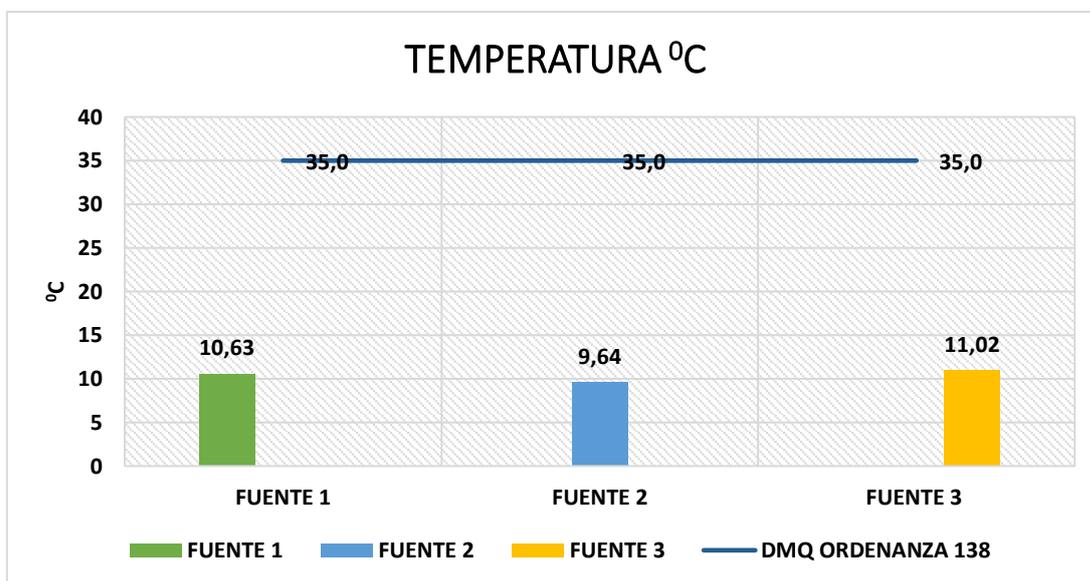


Figura 37 Análisis del parámetro temperatura

El análisis de temperatura en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, reflejan valores que cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la ordenanza 138 del distrito metropolitano de Quito, la norma indica que la temperatura debe permanecer a <35 grados centígrados en condiciones naturales. Se debe considerar que la temperatura varía dependiendo la zona, y las condiciones climáticas. Es importante determinar la temperatura del agua, ya que puede ayudar a confirmar o predecir otras condiciones del agua, la temperatura se encuentra influenciada con otros factores de calidad como el oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno (DBO5).

pH

A continuación, en la figura 38 se muestran los resultados del análisis de pH, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 16 Resultados de análisis de Ph

Parámetro	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
pH	6,30	6,66	6,63	6 – 9	6,5 – 8,5	5 – 9

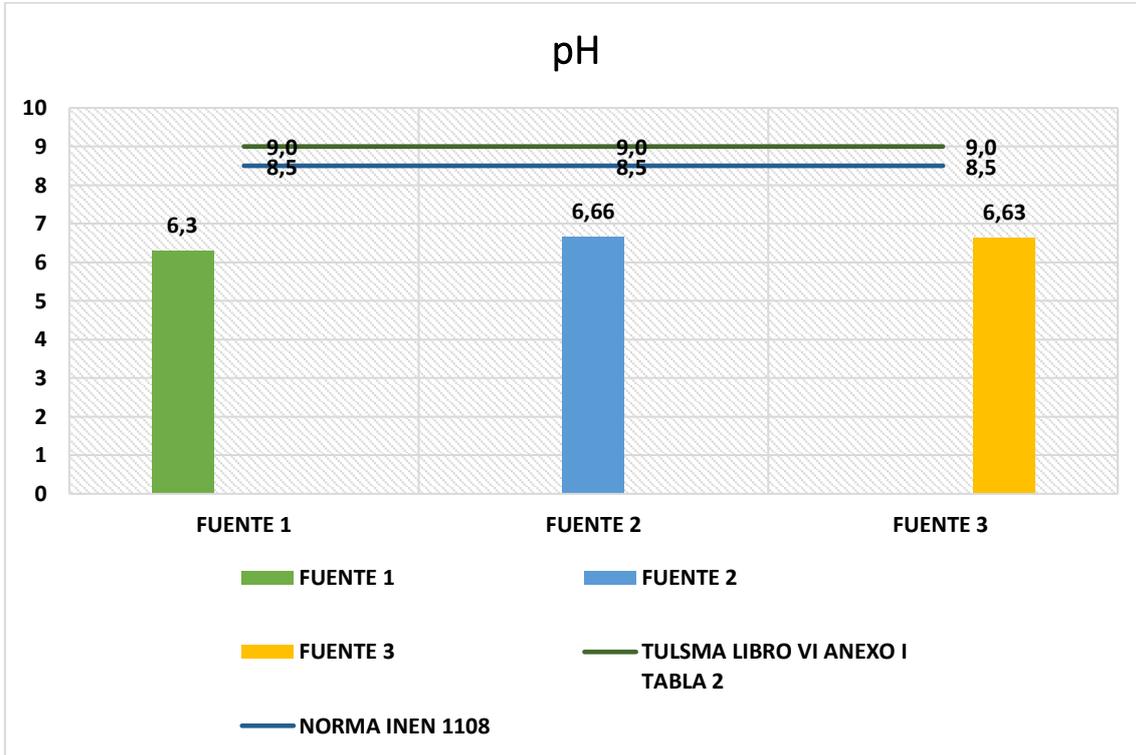


Figura 38 Análisis de pH

Los valores obtenidos en el análisis de pH de las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA correspondientes a; “agua apta para el consumo humano”, con esta afirmación el recurso puede ser distribuida hacia los moradores del sector. El valor referente en la norma es de 6 a 5.

Turbidez

A continuación, en la figura 39 se muestran los resultados del análisis de turbidez, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 17 Resultados de análisis de Turbidez

Parámetro	Fuente 1 (NTU)	Fuente 2 (NTU)	Fuente 3 (NTU)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
TURBIDEZ	472	20	415	100	5	NE

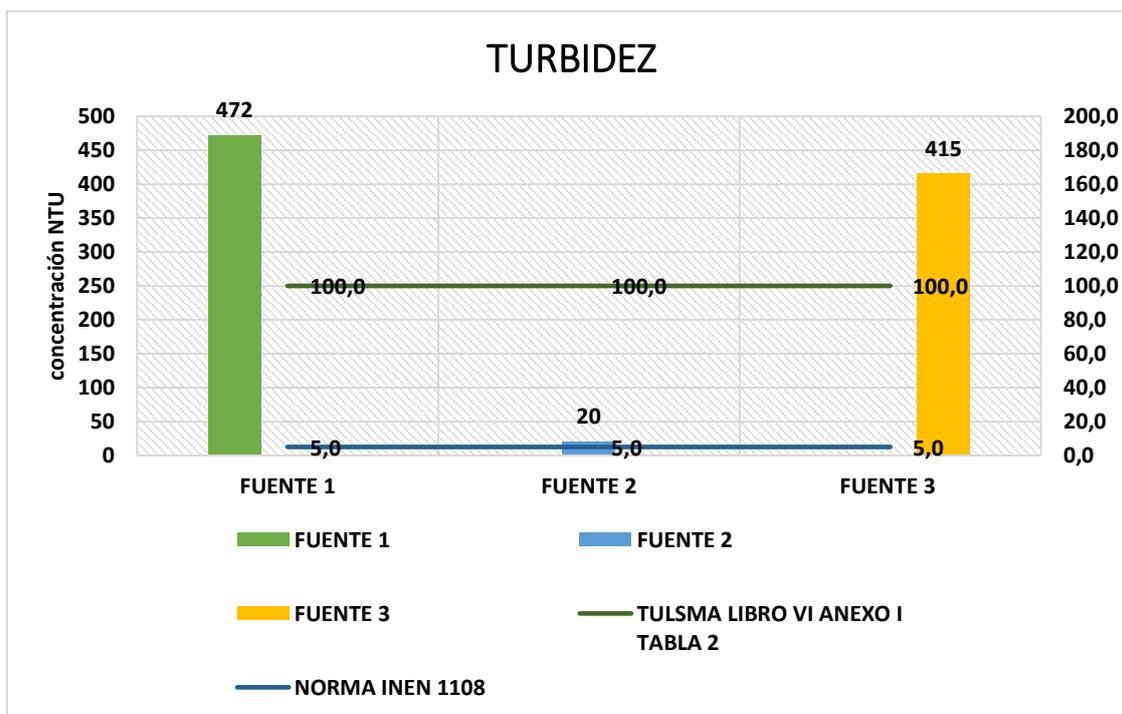


Figura 39 Análisis de Turbidez

Los valores obtenidos en el análisis de Turbidez de las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, no cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, debido a que las fuentes son de origen subterráneo y la escorrentía superficial desplaza arena, y la dilución de esta inhibe el paso de la luz al agua, lo cual dificulta los procesos acuáticos. El valor referente en la norma es de 5 mg/l.

Cobre

A continuación, en la figura 40 se muestran los resultados del análisis de Cobre, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 18 Resultados de análisis de Cobre

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
COBRE	0,31	0,13	0,02	2	2	2,0

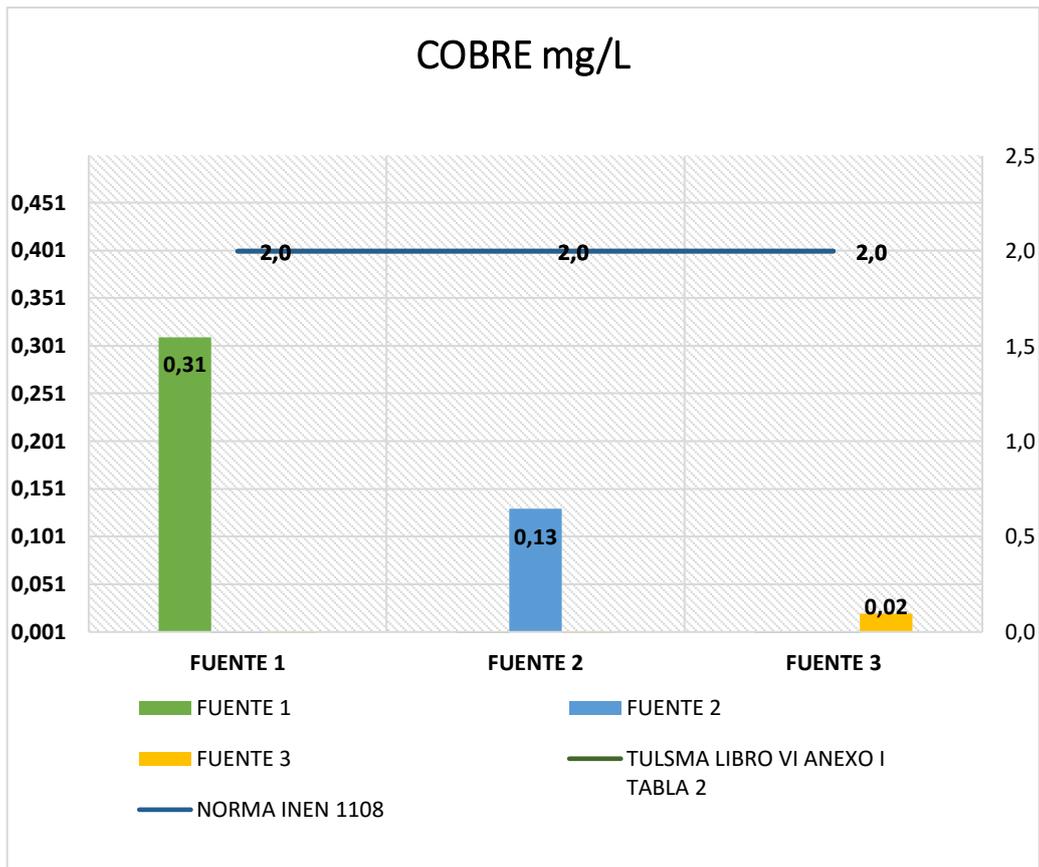


Figura 40 Análisis Cobre

Los valores obtenidos en el análisis de Cobre de las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, para lo cual se puede afirmar que la concentración presente en el agua es óptima para el consumo humano. El valor referente en la norma es de (1 y 2 mg/l).

Dureza total

A continuación, en la figura 41 se muestran los resultados del análisis de turbidez, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 19 Resultados de análisis de Dureza total

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
DUREZA TOTAL	30,03	34,03	38,03	500	NE	NE

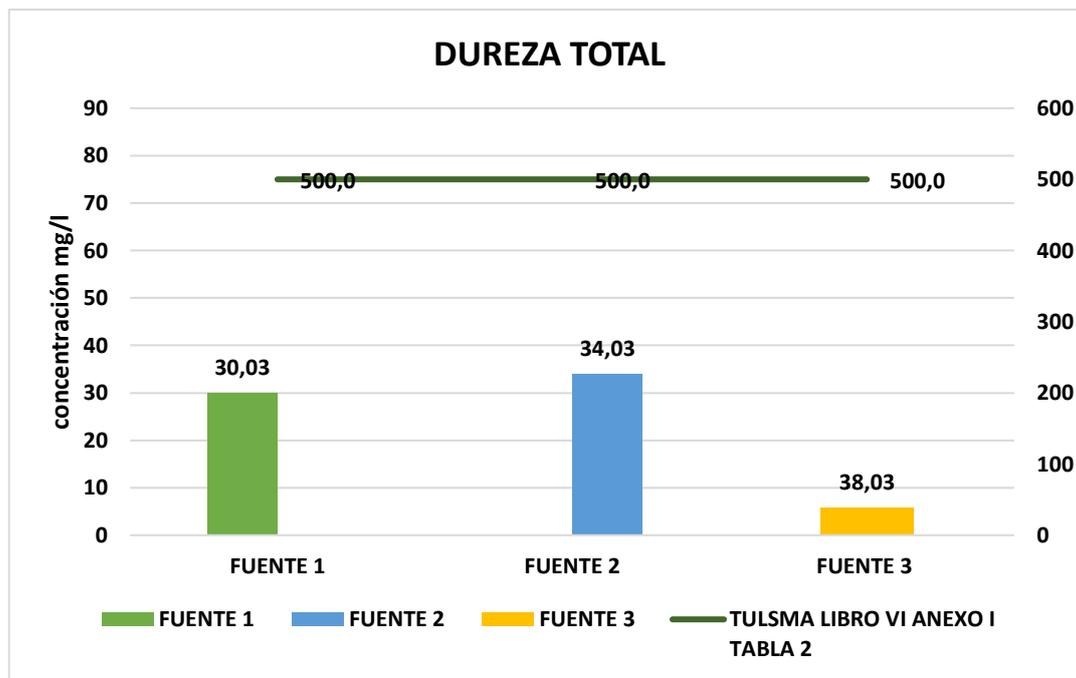


Figura 41 Análisis de Dureza Total

El análisis de Dureza total en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, esto se debe a que las fuentes no presentan un alto contacto con formaciones geológicas, lo cual reduce la concentración de dureza. El valor referencial es de 500 mg/l. hay que considera que, si se presentan altas concentraciones de este parámetro en el agua, produce incrustaciones en la tubería, esto conlleva a originar corrosión en estructuras metálicas.

Hierro Total

A continuación, en la figura 42 se muestran los resultados del análisis de Hierro total, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 20 Resultados de análisis de Hierro total

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
HIERRO TOTAL	0,45	1,40	0,06	1,0	0,3	10

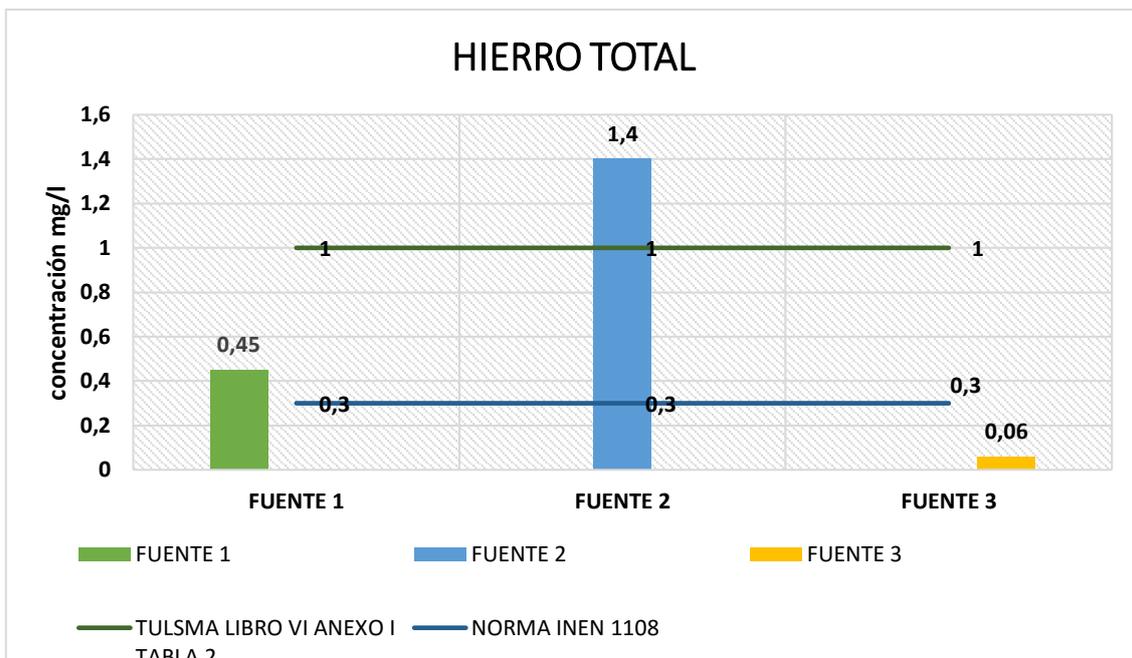


Figura 42 Análisis de Hierro Total

El análisis de Hierro total en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que no se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA y en la norma INEN 1108, esto se debe a las condiciones geográficas de la zona, donde es importante un tratamiento previo antes de ser distribuida. Entre las acciones para reducir la carga contaminante de este elemento es someter al agua a un proceso de aireación y filtración. El valor referencial es de 0,3 mg/l.

Zinc

A continuación, en la figura 43 se muestran los resultados del análisis de Zinc, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 21 Resultados de análisis de Zinc

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
ZINC	0,28	0,25	0,21	3,0	5,0	2,0

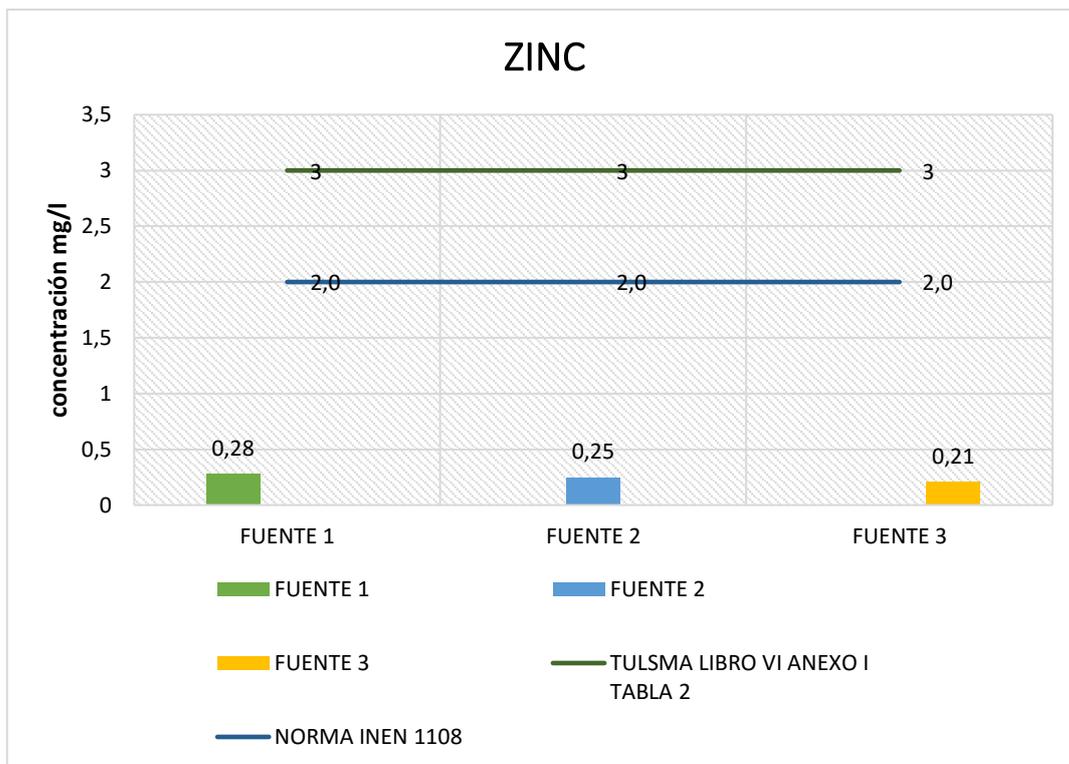


Figura 43 Análisis de Zinc

Los valores obtenidos en el análisis de Zinc en las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, por lo tanto, la concentración de Zinc en el agua es apta para el consumo humano. El valor referente en la norma es de (3 y 2 mg/l). es importante considerar que el Zinc está presente de manera natural, lo cual no produce alteraciones a la salud de la población, pero si se presenta en altas concentraciones es posible que se experimente efectos a la salud humano como la pérdida de apetito, disminución de la sensibilidad, olor y sabor.

Nitratos (NO₃)

A continuación, en la figura 44 se muestran los resultados del análisis de Nitratos, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 22 Resultados de análisis de Nitratos

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
NITRATOS	-0,7	0,80	1,8	50	50	NE

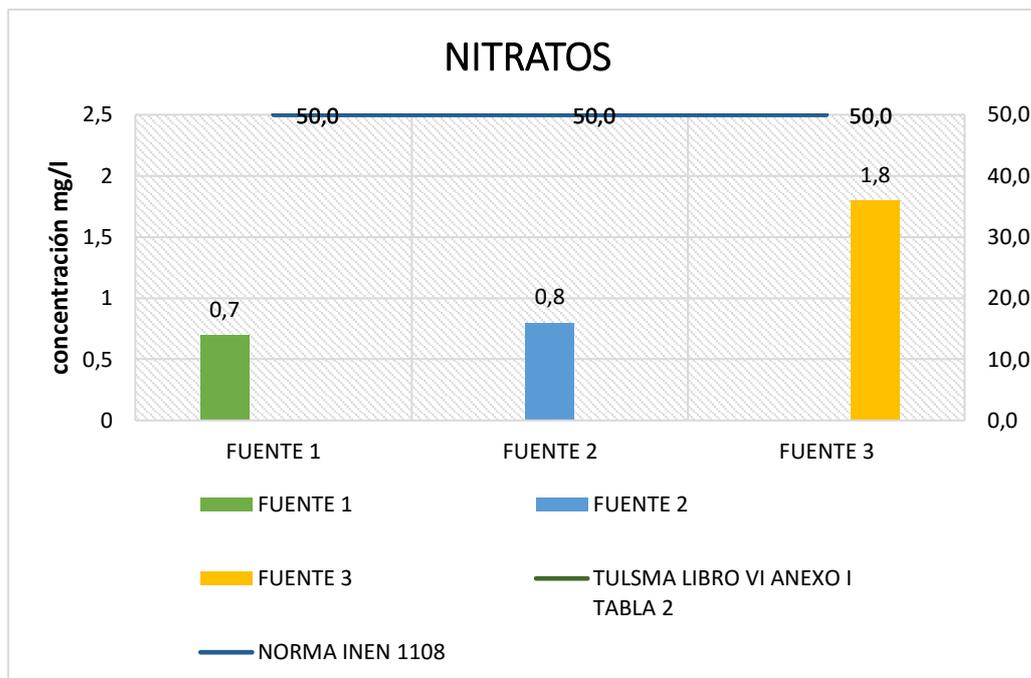


Figura 44 Análisis de Nitratos

Los valores obtenidos en el análisis de Nitratos en las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA. Se evidencia valores bajos, indicando que no existe contaminación a causa de actividad ganadera o agrícola, si bien este compuesto está presente de forma natural, su aumento se debe a actividades humanas. El nitrato se encuentra de manera frecuente en aguas subterráneas en áreas rurales, si se evidencia altas concentraciones de nitratos es por motivo de fertilizantes, sistemas sépticos o almacenamiento de estiércol.

Nitritos (NO₂)

A continuación, en la figura 45 se muestran los resultados del análisis de Nitritos, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 23 Resultados de análisis de Nitritos

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
NITRITOS	0,007	0,004	0,010	0,2	3	NE

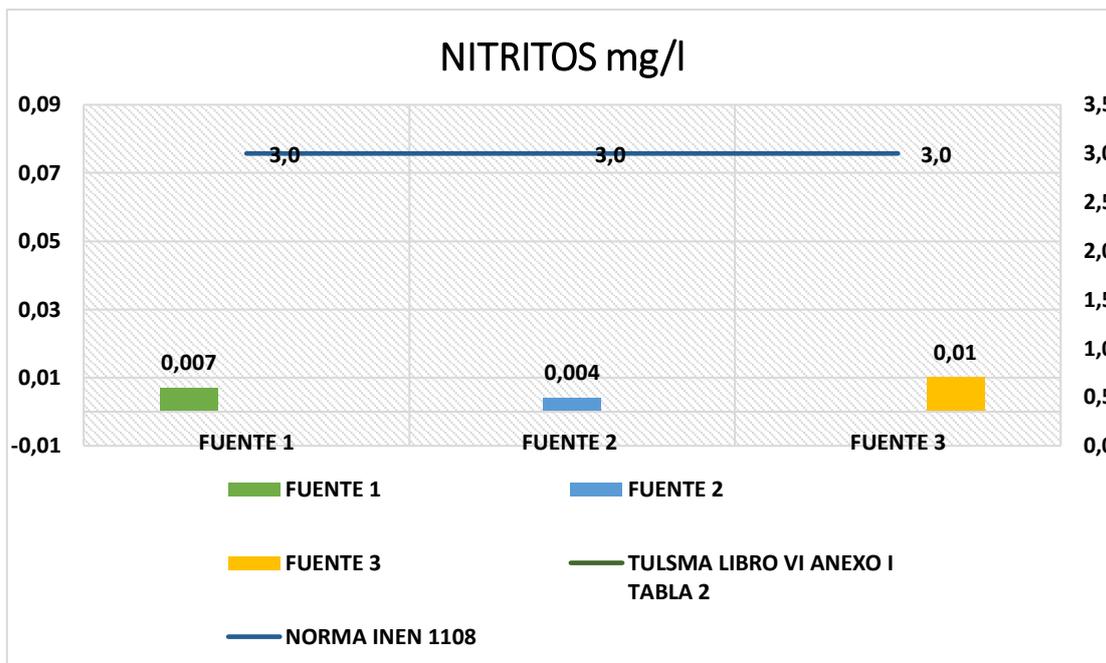


Figura 45 Análisis de Nitritos

Los valores obtenidos en el análisis de Nitritos en las tres fuentes de agua presentes en el Barrio San Luis de Lloa, cumplen con el límite máximo permisible expuesto en la norma INEN 1108 (3 mg/l) y en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA (1 mg/l), donde la concentración presente en el agua es apta para el consumo humano. Afirmando que no existe contaminación por motivo de actividades antropogénicas. Es importante recalcar que los nitritos se encuentran de manera natural tanto en el suelo y agua, para lo cual se considera un nutriente fundamental para muchos seres vivos, el exceso de nitritos en el agua tiene origen en las filtraciones profundas.

Manganeso

A continuación, en la figura 46 se muestran los resultados del análisis de Nitratos, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 24 Resultados de análisis de Manganeso

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
MANGANESO	0,107	0,11	0,01	0,1	0,4	2,0

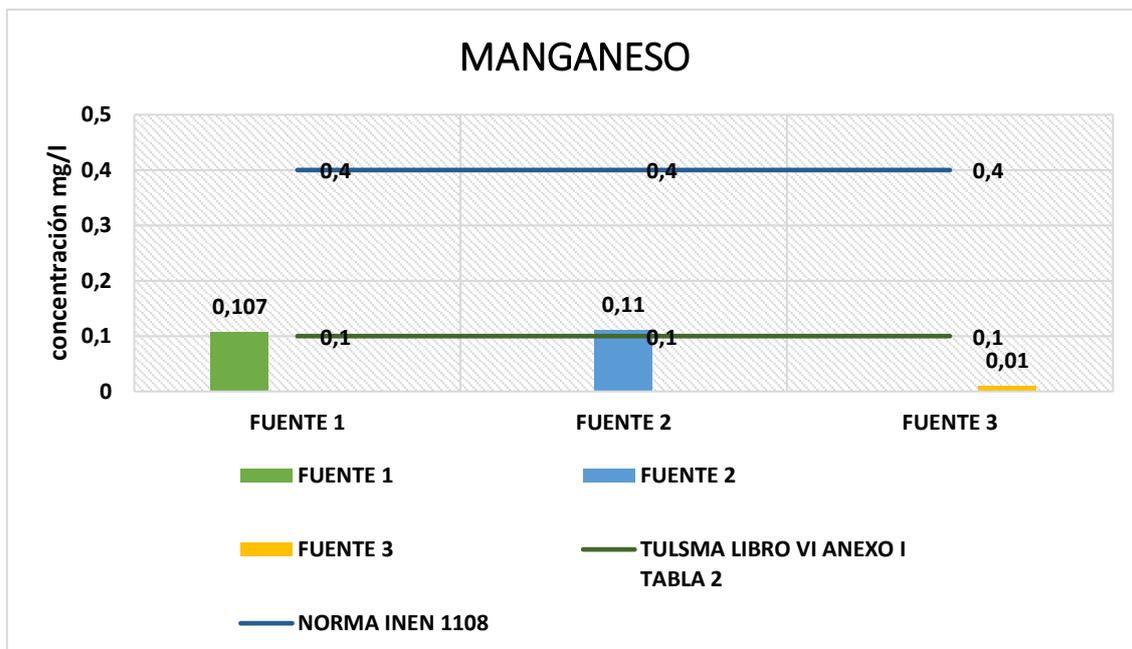


Figura 46 Análisis de Manganeseo

El análisis de Manganeseo en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA y en la norma INEN 1108, lo cual, se deduce que el agua puede ser distribuida a los moradores del sector. El valor referencial es de 0,4 mg/l. la concentración de Hierro en pozos no supera los 0,06 mg/l, el manganeseo es un elemento importante para los seres vivos, para lo cual no presenta riesgos para la salud, aunque se su concentración es alta aporta al agua turbiedad y modifica su sabor.

Fosfatos

A continuación, en la figura 47 se muestran los resultados del análisis de Fosfatos, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 25 Resultados de análisis de Fosfatos

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN	DMQ ORDENANZA 138
FOSFATOS	2,29	1,17	1,106	NE	NE	NE

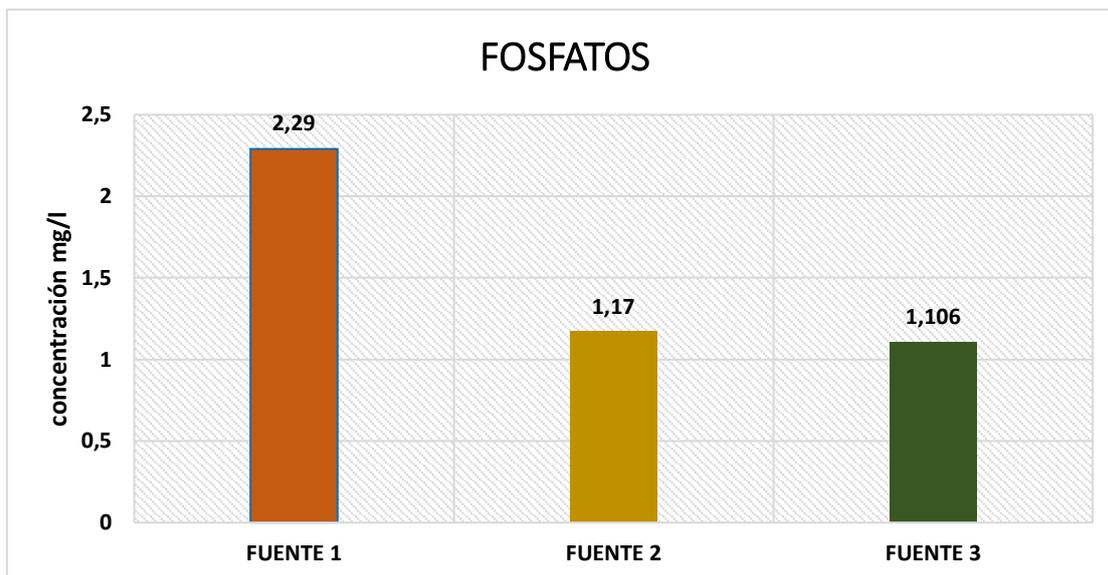


Figura 47 Análisis de Fosfatos

Si bien en ninguna de las normas Ecuatorianas se regula la concentración de fosfatos, este parámetro nos permite tener una idea de la presencia de contaminantes producidos por fertilizantes eliminados ya sean del suelo, agua o viento, este compuesto se puede encontrar en forma de solución, partículas o en organismo acuáticos, habitualmente su presencia se debe por la contaminación de detergentes, o abonos orgánicos, lo cual puede presentarse en la zona, ya que su actividad económica del Barrio es la agricultura, es importante considerar que los fosfatos se encuentran de forma coloidal o sólida.

DBO₅

A continuación, en la figura 48 se muestran los resultados del análisis de DBO₅, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 26 Resultados de análisis de DBO₅

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
DBO ₅	<2	<2	<2	2	NE	100

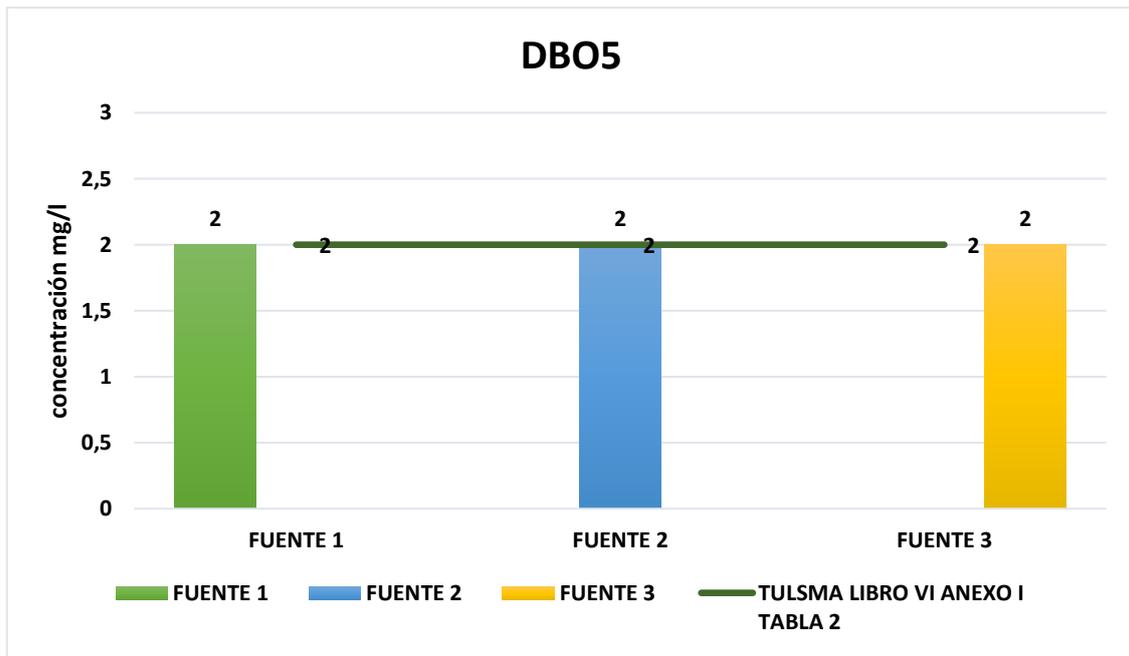


Figura 48 Análisis de DBO5

El análisis de DBO5 en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, lo cual, se deduce que el agua puede ser distribuida a los moradores del sector. El valor referencial es de 2 mg/l. este parámetro mide el grado de contaminación del agua, partiendo de su contenido de sustancias biodegradables. La DBO5, muestra además la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente, así también la cantidad de oxígeno que se consume para su depuración. En ambientes naturales con realmente bajos no superan los <3 mg/l.

DQO

A continuación, en la figura 49 se muestran los resultados del análisis de DQO, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 27 Resultados de análisis de DQO

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
DQO	<10	<10	<10	<4	NE	160

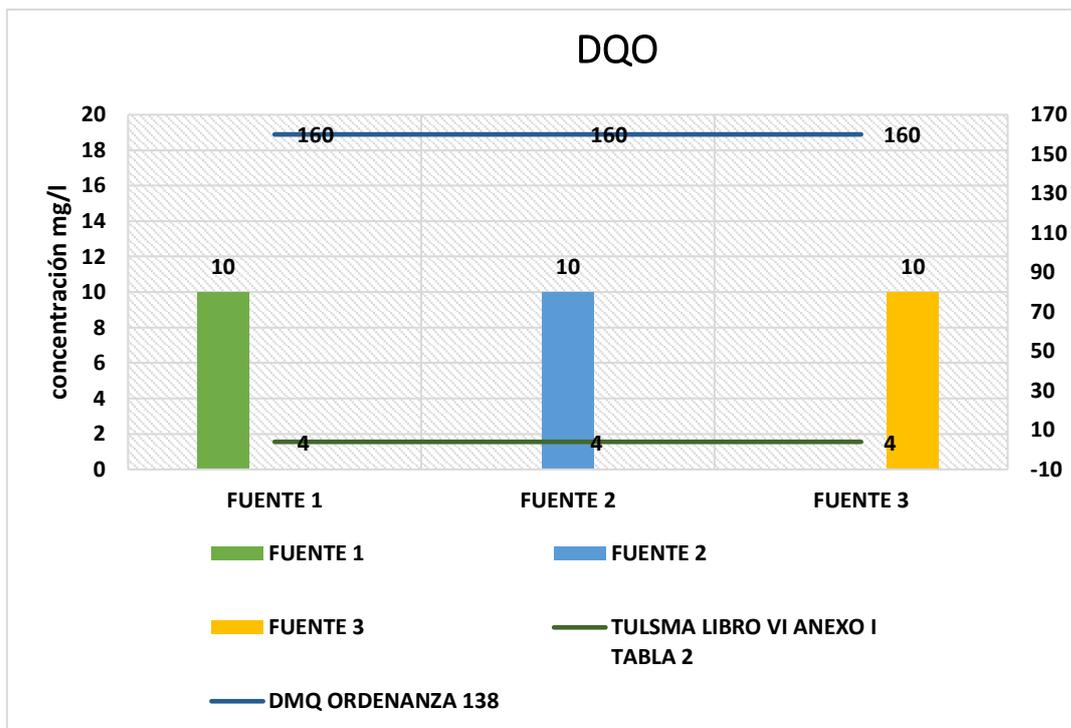


Figura 49 Análisis de DQO

El análisis de DQO en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que no se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA, lo cual, se deduce que el agua necesita un tratamiento previo a ser distribuida a los moradores del sector. El valor referencial es de <4 mg/l. El análisis de DQO, nos permite establecer la concentración de materia orgánica presente en el recurso hídrico.

Sólidos disueltos totales

A continuación, en la figura 50 se muestran los resultados del análisis de sólidos disueltos totales, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 28 Resultados de análisis de sólidos totales disueltos

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 1	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	152	130	98	500	1000	NE

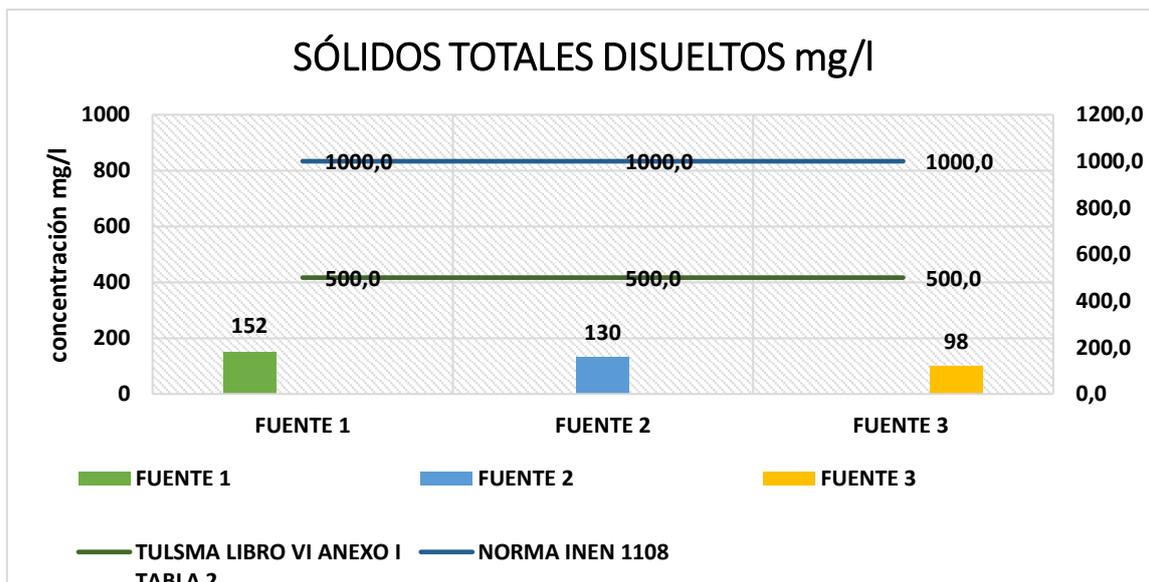


Figura 50 Análisis de sólidos totales disueltos

El análisis de Sólidos totales en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA y en la norma INEN 1108, lo cual, se deduce que el agua es apta para el consumo humano. El valor referencial es de 500 mg/l. los sólidos disueltos totales se consideran compuestos inorgánicos presentes en el agua como son las sales, metales pesados, si se presenta en una alta cantidad de concentración pueden ser perjudiciales para la salud.

Sólidos suspendidos

A continuación, en la figura 51 se muestran los resultados del análisis de sólidos suspendidos, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 29 Resultados de análisis de sólidos suspendidos

Parámetro	Fuente 1 (mg/l)	Fuente 2 (mg/l)	Fuente 3 (mg/l)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 2 (mg/l)	NORMA INEN 1108 (mg/l)	DMQ ORDENANZA 138 (mg/l)
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	459	125	<100	NE	NE	80

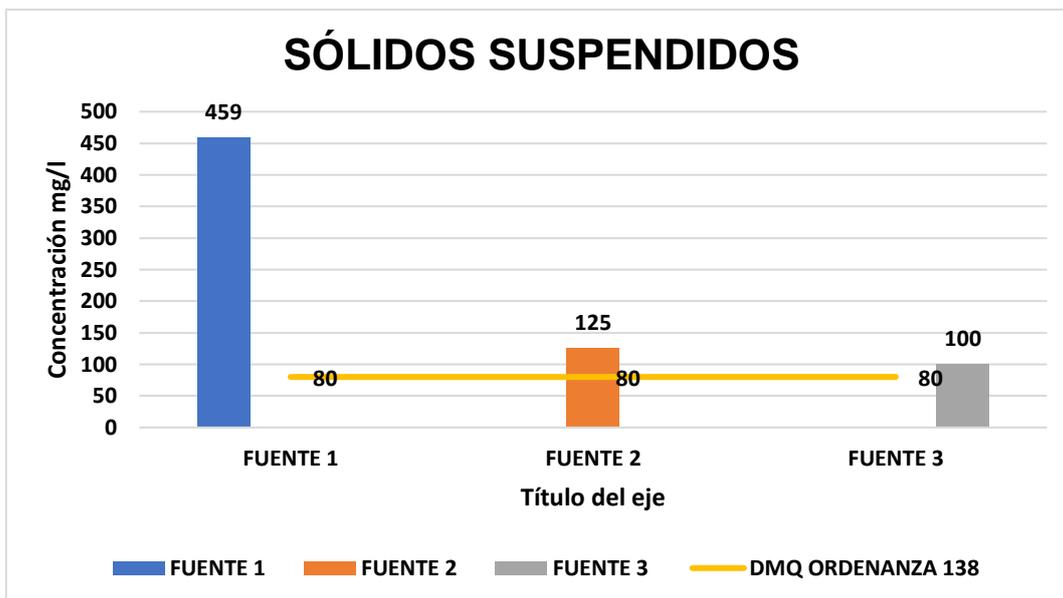


Figura 51 Análisis de sólidos suspendidos

De acuerdo con el análisis de sólidos suspendidos, realizada en las tres fuentes de agua, ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, se establece que no cumplen el límite máximo permisible expuesto en la norma técnica para el control de descargas líquidas del distrito metropolitano de Quito, la cual supera los 80 mg/l de concentración, para lo cual es necesario realizar una filtración previa a su captación. Los sólidos suspendidos pueden ser de origen inorgánico u orgánico, desempeñan un papel significativo como contaminantes, ya que la mayoría de patógenos son transportados en la superficie de las partículas.

Coliformes Fecales

A continuación, en la figura 52 se muestran los resultados del análisis de coliformes fecales, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 30 Resultados de análisis de coliformes fecales

Parámetro	Fuente 1 (NMP)	Fuente 2 (NMP)	Fuente 3 (NMP)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 2	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
COLIFORMES FECALES	1,1	<1,1	3,6	1000	<1,1	NE

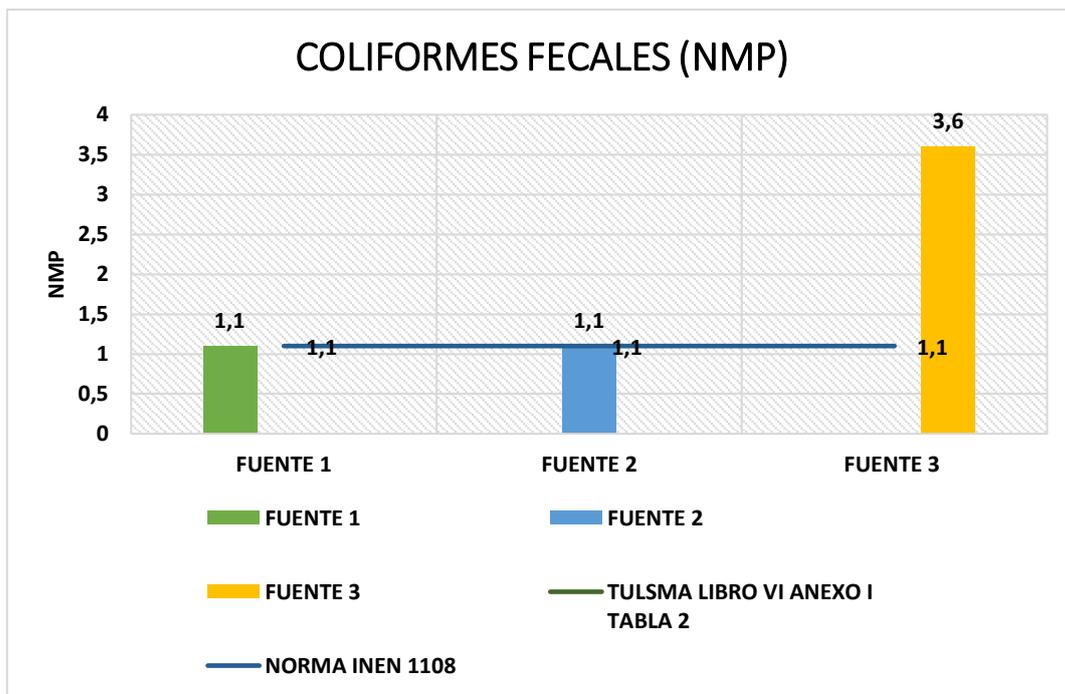


Figura 52 Análisis de coliformes fecales

El análisis de coliformes fecales en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en la norma INEN 1108, pero es necesario una desinfección, ya que la fuente tres sobrepasa la cantidad de coliformes. El valor referencial es de <1,1 NMP. Cuando se detecta la presencia de coliformes fecales en cualquier fuente de agua, se considera la especie bacteriana *Escherichia coli*, como el indicador de contaminación fecal.

Coliformes totales

A continuación, en la figura 53 se muestran los resultados del análisis de coliformes totales, realizado en las tres fuentes del Barrio San Luis.

Tabla 31 Resultados de análisis de coliformes totales

Parámetro	Fuente 1 (NMP)	Fuente 2 (NMP)	Fuente 3 (NMP)	TULSMA LIBRO VI ANEXO I TABLA 2	NORMA INEN 1108	DMQ ORDENANZA 138
COLIFORMES TOTALES	9,2	<1,1	3,6	50	NE	Remoción mayor al 99,9 %

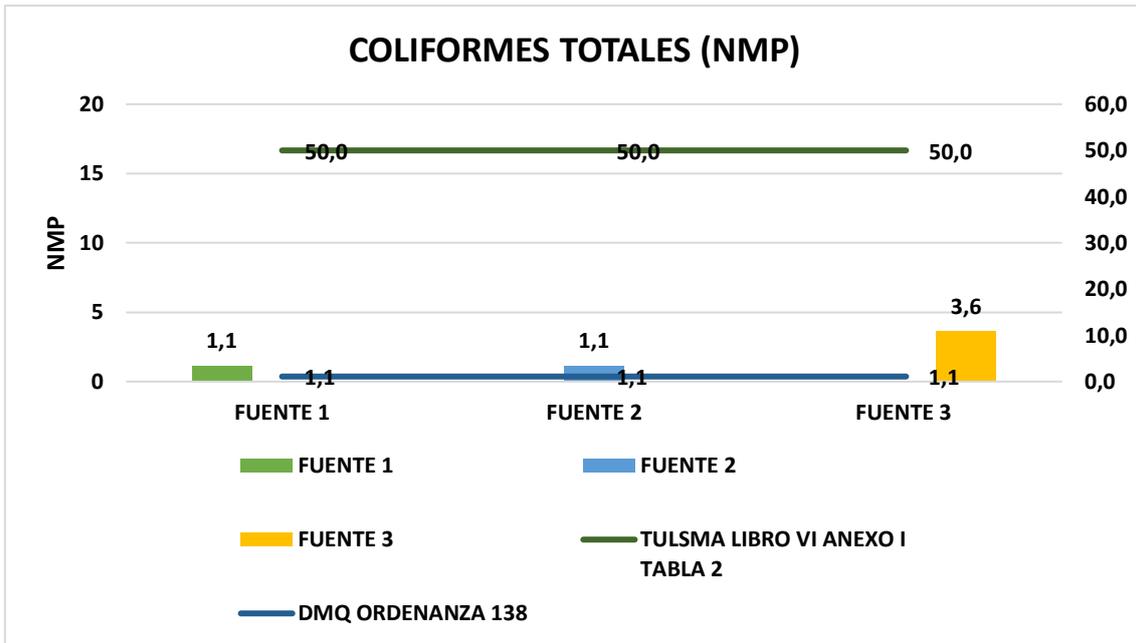


Figura 53 Análisis de coliformes totales

El análisis de coliformes totales en las tres fuentes de agua ubicadas en el barrio San Luis de Lloa, Reflejan valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible, expuesto en el libro VI Anexo 1 del Texto unificado de legislación del ministerio del ambiente TULSMA. El valor referencial es de 50 NMP. Mediante la medición de coliformes totales nos permite tener una alerta de contaminación, la detección de estos nos permite aplicar de un sistema de vigilancia, tomando en cuenta los perjudicas a la salud que pueden provocar la presencia de patógenos.

3.5. Evaluación de la línea de conducción

El barrio San Luis prevé construir una línea de conducción para abastecer de agua a los habitantes de la zona proveniente de las fuentes analizadas. Se estima que en el Barrio habiten un total de 17 familias con 5 miembros cada una. El Fondo para la protección del agua FONAG, está inmerso en el desarrollo del proyecto. Actualmente el proyecto de distribución se encuentra en etapa de planificación. El FONAG planteó un diseño de la línea de conducción, la misma propone colocar una tubería de 2 pulgadas, la cual recorrerá 3 km, así también se contempla el uso de válvulas de aire y desagüe en todo el tramo. Entre las interrogantes que presenta la línea de conducción y para lo cual es necesario evaluarlo son las características hidráulicas como: la presión, la velocidad y el caudal, también si las mismas cumplen con el límite máximo permisible de operación, tomando en cuenta normativas Ecuatorianas de diseño. Por otro lado, en el prototipo no se evidencia los puntos de captación, y no enfatiza si cumple con la regulación Nro. DIR-

ARCA-RG-004-2016 correspondiente a “Autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, es decir se desconoce si se contempló en el diseño el caudal adjudicado. (ver Gráfico 54).

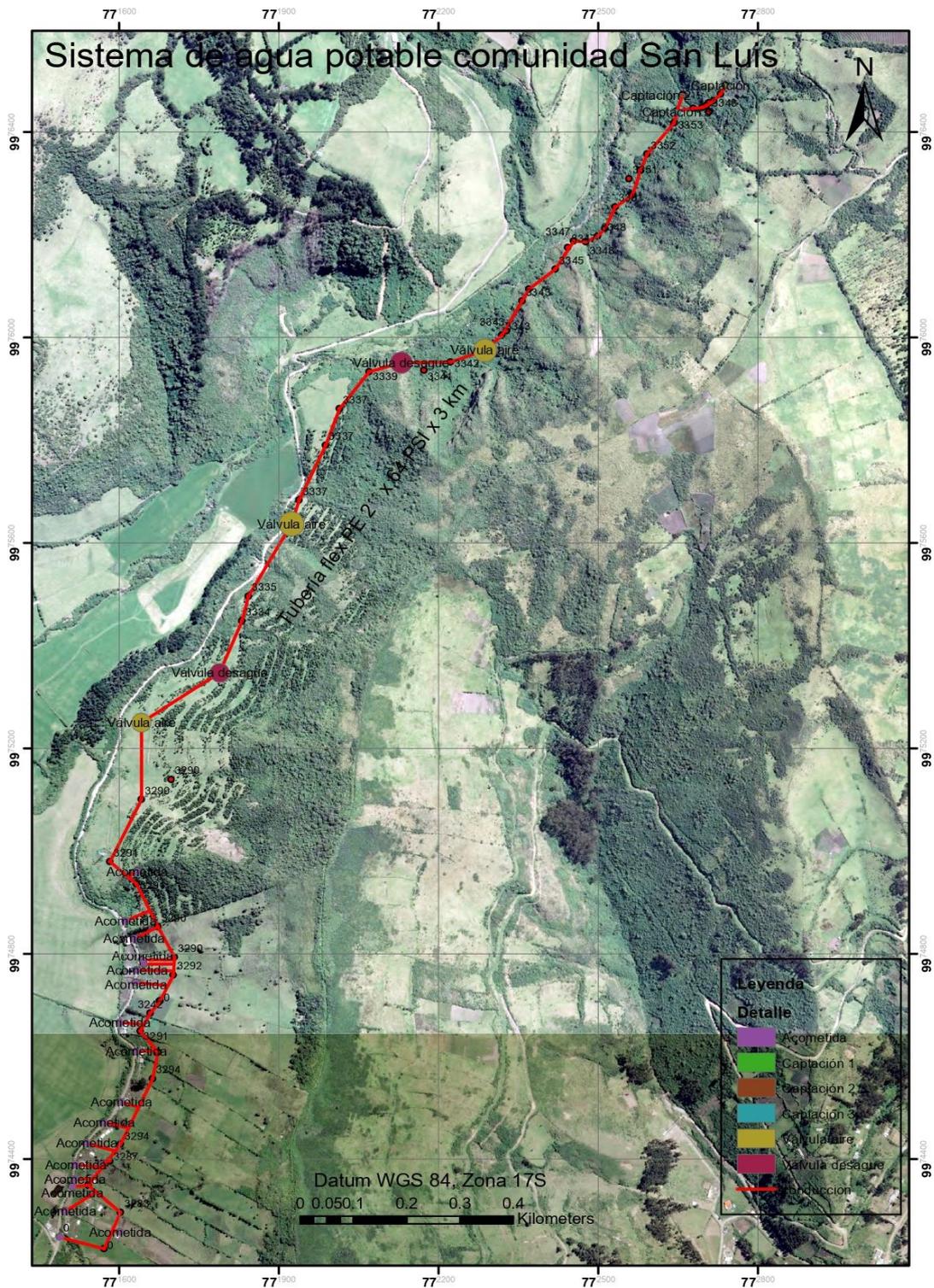


Figura 54 Línea de conducción propuesta por el FONAG

Fuente: (Fonag, 2019)

3.6. Simulación hidráulica de la línea de conducción

Para el análisis técnico de la línea de conducción, Se estableció como base el valor del caudal de adjudicación emitida por la secretaria del agua (SENAGUA), la cual es de 0,18 l/s, de esta manera con la ayuda del simulador EPANET se llegó a establecer el diámetro idóneo de la tubería, para de esta manera poder transportar el caudal antes mencionado. Además de la simulación se obtuvo valores de presiones en los puntos y el valor de la velocidad del agua en el interior de la tubería. Se contempló todo tipo de pérdidas en el diseño de la línea de conducción.

$$hf_{[m]} = 10,67 \cdot \left(\frac{Q_{[m^3/s]}}{C} \right)^{1,852} \frac{L_{[m]}}{D_{[m]}^{4,87}}$$

Ecuación 5 Calculo de pérdidas en la tubería

Donde:

hf: perdida por fricción en la tubería

Q: Caudal

C: coeficiente de fricción

L: Longitud

D: Diámetro

Tabla 32 Coeficientes de fricción de HAZEN WILLIMAS en tuberías

Material	Coeficiente de fricción de HAZEN-WILLIAMS C
Hierro Fundido Sin recubrimiento Interno	130
Acero Sin Recubrimiento Interno	120
PVC, PEAD	150
Acero Galvanizado	120
Concreto (Superficie Rugosa)	120
Concreto Centrifugado	130

Cálculo de perdida por fricción en la tubería

$$hf(m) = 10,67 * \left(\frac{0,0002}{150} \right)^{1,852} * \frac{3000}{0,0191^{4,87}} = 99.1 m$$

Cálculo de pérdidas por válvulas

$$hf: \# \text{ de Valvulas} * K$$

$$hf(m) = 40 m$$

La grafica de la línea de conducción fue realizada en el software AUTOCAD 2013, se consideró la ubicación de un tanque al inicio y al final de la distribución, por consiguiente, en el programa EPANET, se dibujó el tramo de conducción, donde se ingresó datos del diámetro de la tubería necesaria para transportar el caudal adjudicado, de la misma manera las cotas, perdidas por fricción por motivo de la tubería y perdidas por válvulas y accesorios. Ya ingresados los datos, el software presenta valores de caudal, velocidades y presión.

Para establecer los límites máximos permisibles de las características hidráulicas en la línea de conducción, se tomó como base bajo la “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, emitida por la secretaria del agua (SENAGUA), donde señala, que en los sistemas de abastecimiento de agua debe existir presiones mínimas de 10 metros de columna de agua y una presión máxima de 60-70 metros de columna de agua.

En el tramo inicial de la conducción se evidencia que la presión es de 31,56 mca, (metros de columna de agua), mientras transcurre el agua, aumenta hasta 62,5 mca, siendo valores aceptables. En la etapa final de la línea de conducción existe una disminución muy considerable de la presión alcanzando un valor de 7,37 mca, pero no se considera un valor crítico. Se concluye que la presiones se encuentran dentro del límite máximo permisible, donde es posible la distribución del recurso hídrico. A continuación, se presenta la variación de presión en los puntos.

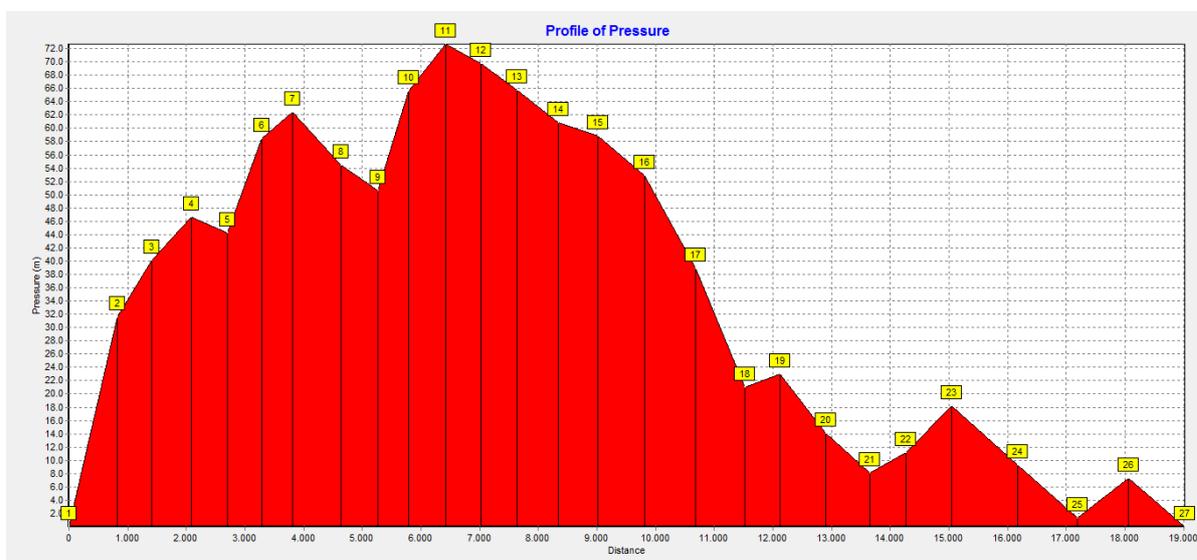


Figura 55 Simulación de presiones a lo largo de la línea de conducción

Fuente: (EPANET, 2020)

En cuanto a la velocidad, se estima que opere con un valor de 0,41 m/s (metros por segundo) en todo el tramo de la línea de conducción y con un caudal de 0,20 l/s (litros por segundo), la norma CPE INEN 5, correspondiente al “Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”, señala que la velocidad no debe ser inferior a 0,6 m/s, donde el valor establecido en la simulación no cumple con el límite máximo permisible, por otro lado en la “Norma CO 10.7 - 602 – Revisión” correspondiente a “Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural” indica que la velocidad mínima de diseño es de 0.45 m/s, donde el valor obtenido de velocidad esta próximo al valor esta norma. En un estudio realizado por (Mena, 2016), detalla que las velocidades para poblaciones rurales están en el rango de 0,35 m/s a 2,5 m/s, deduciendo que el valor obtenido en nuestra simulación cumple con el límite máximo permisible para su operación.

Como resultado general del análisis, se necesitaría una tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas, para transportar el caudal adjudicado por la secretaria del agua. En cuanto a la construcción de los tanques para la captación, se propone colocar el primer tanque en la cota 3391 msnm y el segundo tanque en cota 3313 msnm, finalmente en todo el tramo de la línea de conducción se plantea la ubicación de válvulas de desagüe y válvulas reductora de presión. Con todo lo expuesto anteriormente, el diseño cumple con las normativas Ecuatorianas, donde puede ser aplicado el modelo en el Barrio San Luis de Lloa. Para verificar los prototipos de simulación (verificar el ANEXO 4).

4. Conclusiones

- Se obtuvieron las muestras de las tres fuentes del barrio San Luis, y de acuerdo con los valores obtenidos en los análisis de los distintos parámetros, el recurso hídrico necesita un tratamiento previo a su distribución para que de esta manera sea apta para el consumo humano, ya que no cumple con todos los límites máximos permisibles expuestos en la norma INEN 1108 y el libro VI anexo del texto unificado de la legislación secundaria acuerdo 097A.
- La fuente una y dos no cumplen con el límite máximo permisible de concentración de Hierro, ya que el entorno natural presenta rocas con este tipo de mineral, cabe recalcar que la escorrentía superficial, hace que se presente contaminación en el recurso hídrico, donde es primordial generar una estrategia de tratamiento.
- La presencia de Hierro en el agua produce un mal sabor y un aspecto nada estético, aunque no son peligrosos para la salud, es posible que produzca daños en la tubería de conducción y en válvulas-accesorios, por otro lado, produce manchas rojas- cafés en la ropa, porcelanato, platos, vasos, etc.,
- Mediante el análisis microbiológico de las tres fuentes de agua, se determinó que la fuente tres no cumple con el nivel máximo aceptable de coliformes totales y fecales, deduciendo que el agua presenta contaminación por heces y bacterias que afectan a la salud humana.
- La línea de conducción propuesta por el fondo para la protección del agua no cumple con la regulación Nro. DIR-ARCA-RG-004-2016 correspondiente a “Autorizaciones de uso y aprovechamiento del agua, por otro lado, no se presenta la ubicación de los tanques de captación y finalmente, se desconoce las características hidráulicas de operación.
- El diseño propuesto en el presente proyecto cumple con los valores mínimos de operabilidad de velocidad y presión, expuestos en la Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes y la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

- Se propuso la ubicación de un tanque de captación general al inicio de la conducción y otro tanque al final, así también de válvulas de desagüe y reguladoras de presión en todo el tramo de la línea de conducción, y finalmente para el diseño se contempló todos los componentes hidráulicos.

5. Recomendaciones

- Para reducir la concentración de Hierro, se recomienda un método fisicoquímico, es decir aireación y filtración de arena, o bien un tratamiento con fosfatos, de esta manera se reduce la concentración de hierro presentes en las fuentes uno y dos. Para el tratamiento por desinfección de coliformes fecales y totales, utilizar el compuesto hipoclorito de calcio.
- Los moradores deben mantener protegidas las fuentes hídricas para evitar contaminación, antropogénica y natural, de esta manera evitar problemas futuros. Es importante cuidar las instalaciones y la línea de conducción, se espera realizar técnicas de participación ciudadana, para concientizar el correcto uso del agua y mantener una equitativa distribución a los moradores del sector.
- Tomar como base la línea de conducción propuesta en este proyecto, ya que cumple con todas las características hidráulicas de operación, la cual se recomienda el uso de una tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro interno y la ubicación de un tanque inicial en la cota 3391 msnm y un tanque final en la cota 3313 msnm.
- Es necesario que los pobladores, revisen la memoria técnica, ya que se describe los análisis realizados, así también se presenta mapas de la línea de conducción, finalmente detalla el proceso de operación y mantenimiento de todo el sistema de distribución de agua.

6. Bibliografía

- *Agua.* (2020). Obtenido de <https://blogdelagua.com/tematica/abastecimiento/que-es-epanet/>
- Amado, M. (2017). *Determinacion bacteriologica de la calidad del agua de consumo humano, en el departamento de Arequipa* . Arequipa : UNSAA.
- Andrango, K. (2020). *Evaluacion de un sistema de abastecimiento y tratamiento de agua en la comunidad de san fransisco de cruz loma.* Quito: EPN.
- Bolaños, J. D. (2017). *Determination of nitrites, nitrates, sulfates and phosphates in drinking water as indicators of contamination caused by human activities, in two cantons of Alajuela, province of Costa Rica.* Alajuela : DOI.
- Cardona, D. C. (2011). *Caracterización del agua cruda del Rio Vieja* . Pereira: UTP.
- CIDBIMENA. (2019). *Sistmeas de agua potable y saneamiento utilizados en el ámbito rural* . Tegucigalpa: Desastres.
- Fernandez, A. (2012). El agua un recurso esencial . *Quimica Viva*, 147-170.
- Garcia, G. (2002). *Ciencias de la tierra y el Medio Ambiente* . Mexico : Masón.
- *HIDROTEC.* (2020). Obtenido de <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-tuberias-de-agua/>
- INEN. (2013). *Agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservacion de muestras* . Quito : NTE.
- *ITOXDEF.* (11 de Junio de 2011). Obtenido de https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTO_COLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf
- Jiménez, A. A. (2019). *Determinacion de parametros fisico-quimicos de calidad de aguas* . Madrid: Leganes.
- Johnson, W. W. (1980). *Handbook of acute toxicity of chemicals to fish and aquatic.* Washington D.C. : United States Departernent of the Interior,.
- Lafuente, C. (1990). *Quimica del agua* . Madrid: Bellisco.
- *Lenntech* . (12 de Enero de 2020). Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>
- Lopez, J. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestra de agua* . Colombia : ISBN.

- *Miteco* . (21 de Febrero de 2020). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>
- Moran, F. (12 de 01 de 2020). *Espol* . Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>
- Reascos, B. (2010). *Evaluacion de calidad de agua para consumo humano en cotacachi* . Ibarra: UTN.
- *SIAPA*. (Febrero de 2014). Obtenido de https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf
- Spehar, R. C. (1992). *Effects of Pollution on Freshwater Fish. Water Pollution Journal*. New York: WPCF.
- *UAB*. (2019). Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf
- *USAL* . (12 de 12 de 2013). Obtenido de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>
- *VAM INDUSTRY*. (2018). Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf
- Vazquez, E. (21 de Agosto de 2017). *Agua*. Obtenido de <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>
- Villacis, K. (Junio de 2018). Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19455/1/CD-8849.pdf>
- Villacis, K. (2018). *Evaluación de la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del canton Rumiñahui* . Quito : EPN.