UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

TEMA

"PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA AGUA POTABLE A GRAVEDAD PARA LA COMUNIDAD DE CHUWITAYU, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, PROVINCIA DE PASTAZA".

AUTORES

Chango Jaramillo Israel Fernando

Erazo Espín André Alejandro

DIRECTOR DEL PROYECTO/TRABAJO

MSc. Ledesma Acosta Rubén Darío

PUYO – ECUADOR

2020 - 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien/es suscribe/n Chango Jaramillo Israel Fernando con C.I. 160045869-7 y Erazo Espín André Alejandro con C.I. 160055791-0, hacen constar que son autor/es del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Propuesta de tratamiento para agua potable a gravedad para la comunidad de Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Ledesma Acosta Rubén Darío. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 29 días del mes de febrero del 2021.





Chango Jaramillo Israel Fernando

CI: 160045869-7

Erazo Espín André Alejandro

CI: 160055791-0

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Propuesta de tratamiento para agua potable a gravedad para la comunidad de Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza”.

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

_____

Dr. Abril Saltos Ricardo Vinicio, PhD.

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

_____

MSc. Bonilla de Gracia Jesús Antonio.

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

_____

MSc. Cazares Carrión Karem Yael.

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN

EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente M.Sc Rubén Darío Ledesma Acosta, con CI: 1600431827, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Propuesta de tratamiento para agua potable a gravedad para la comunidad de Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza ” ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 6 %.

En el cantón Pastaza, a los 18 días del mes de febrero de 2021.



Firmado electrónicamente por:

RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

M.Sc: Rubén Darío Ledesma Acosta

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN /TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Chango Jaramillo Israel Fernando y Erazo Espín André Alejandro, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



CHANGO JARAMILLO ISRAEL FERNANDO
No. Cédula: 160045869-7



ERAZO ESPÍN ANDRÉ ALEJANDRO
No. Cédula: 160055791-0

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo queremos dedicar primero a Dios por mantenernos con vida, por brindarnos la bendición necesaria para poder llegar hasta estos momentos de nuestra vida universitaria. A nuestras familias, que con su apoyo incondicional nos dieron la fuerza necesaria para jamás darnos por vencidos. A cada uno de nuestros docentes que con su conocimiento brindado nos permitieron formarnos como futuros ingenieros ambientales.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios, por sus bendiciones y por permitirnos cumplir uno de nuestros sueños más anhelados.

A nuestras familias, por haber sido los pilares fundamentales que nos ayudaron a alcanzar esta meta.

El más sincero agradecimiento a los docentes de la Universidad Estatal Amazónica, por compartirnos sus conocimientos y ayudarnos a formarnos como profesionales.

Israel Chango y André Erazo

RESUMEN.

En nuestro proyecto de titulación se realizó una propuesta de tratamiento para agua potable a gravedad para la comunidad de Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza, con el fin de mejorar su calidad de vida mediante la dotación de agua potable que cumpla los parámetros de calidad. El tipo de investigación que se ha seleccionado fue el exploratorio documental. Para el diagnóstico actual de abastecimiento de agua, los métodos que se utilizaron fueron la revisión bibliográfica secundaria, el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Simón Bolívar, informes técnicos y censos. Para el plan de dotación de abastecimiento de agua potable, los métodos que se utilizaron fueron la aplicación de las normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable. Como análisis resultados el sistema actual se puede manifestar que el sistema presenta un funcionamiento regular lo que determina que se debería realizar la construcción de un nuevo proyecto. Dentro del análisis de agua, los resultados del laboratorio se considera que sus valores obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. El periodo de diseño establecido se ha determinado para 20 años, la población estimada para el año 2040 es de 1893 habitantes, el nivel de servicio seleccionado es el nivel lla, la dotación estimada para el final del periodo de diseño se incrementará hasta un valor de 105 l/hab/día, el caudal medio diario obtenido es de 2,76 l/s, el caudal máximo diario de 3,45 l/s y el caudal máximo horario de 8,28 l/s. En conclusión, el abastecimiento actual en la comunidad presenta muchas inconsistencias en su funcionamiento, lo que determina la construcción de un nuevo proyecto. Por último, con el contenido del plan de dotación se podrá contar con la información necesaria para la construcción del nuevo sistema de agua potable, ya que cuenta con los criterios de partida para el dimensionamiento, el análisis del laboratorio y el manual de operación y mantenimiento, con el cual se conseguirá dotar de agua segura a la comunidad y mejorar la vida de sus pobladores.

Palabras clave: Agua, caudal, comunidad, dotación, potable.

ABSTRACT

In our titling project, a treatment proposal was made for gravity drinking water for the community of Chuwitayu, Simón Bolívar parish, Pastaza province, in order to improve their quality of life by providing drinking water that meets the parameters of quality. The type of investigation that has been selected was the documentary exploratory. For the current diagnosis of water supply, the methods used were the secondary bibliographic review, the development plan and land use planning of Simón Bolívar, technical reports and censuses. For the drinking water supply plan, the methods used were the application of design standards for drinking water supply systems. As an analysis of the results of the current system, it can be stated that the system has a regular operation, which determines that the construction of a new project should be carried out. Within the water analysis, the laboratory results are considered to be within the maximum permissible limits. The established design period has been determined for 20 years, the estimated population for the year 2040 is 1893 inhabitants, the selected service level is level lla, the estimated endowment for the end of the design period will increase to a value of 105 l / inhab / day, the average daily flow obtained is 2.76 l / s, the maximum daily flow is 3.45 l / s and the maximum hourly flow is 8.28 l / s. In conclusion, the current supply in the community presents many inconsistencies in its operation, which determines the construction of a new project. Finally, with the content of the endowment plan, it will be possible to have the necessary information for the construction of the new drinking water system, since it has the starting criteria for the sizing, the laboratory analysis and the operation and maintenance manual , with which it will be possible to provide safe water to the community and improve the lives of its inhabitants.

Keywords: Water, flow, community, endowment, drinking.

CONTENIDO

Tabla de contenidos.

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN. 1

1.1 Planteamiento del problema. 2

1.1.1 Descripción del problema. 2

1.1.2 Formulación del problema. 3

1.2 Objetivos. 3

1.2.1 Objetivo general. 3

1.2.2 Objetivos específicos. 3

1.3 Justificación. 3

2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. 5

2.1 Marco conceptual. 5

2.2 Marco teórico 6

2.2.1 El agua. 6

2.2.2 Características del agua. 6

2.2.3 Propiedades fisicoquímicas y biológicas. 6

2.2.4 Calidad de agua. 10

2.2.5 Clasificación del agua según su calidad. 13

2.2.6 Sistema de agua potable. 14

2.2.7 Enfermedades causadas por ingerir agua sin tratamiento. 15

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 17

3.1 Localización. 17

3.2 Tipo de investigación. 20

3.3 Métodos de Investigación. 20

3.3.1 Calidad de agua. 21

3.3.2 Bases de diseño. 23

3.3.3 Sistemas de agua potable. 30

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS. 35

4.1 Análisis de resultados del sistema por unidades. 39

4.1.1 Fuente de abastecimiento. 39

4.1.2 Captación. 40

4.1.3 Conducción. 40

4.1.4 Tratamiento. 41

4.1.5 Tanque de reserva. 42

4.1.6 Red de distribución y acometidas domiciliarias. 42

4.2 Análisis de la calidad de Agua. 43

4.2.1 Temperatura. 43

4.2.2 Turbiedad. 43

4.2.3 Color real. 44

4.2.4 pH. 44

4.2.5 Alcalinidad. 44

4.2.6 Dureza. 45

4.2.7 Sulfatos. 45

4.2.8 Hierro. 45

4.2.9 Nitratos. 46

4.2.10 Sólidos totales disueltos. 46

4.2.11 Aspectos bacteriológicos. 46

4.3 Criterios de diseño. 47

4.3.1 Periodo de diseño. 47

4.3.2 Población. 47

4.3.3 Nivel de servicio. 48

4.3.4 Dotación. 48

4.3.5 Pérdidas de agua en el sistema. 49

4.3.6 Caudal medio diario. 49

4.3.7 Caudal máximo diario. 49

4.3.8 Caudal máximo horario. 50

4.3.9 Caudales de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua. 50

4.4 Manual de operación y mantenimiento..... 53

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 71

6. Referencias..... 73

7. Anexos. 81

7.1 Análisis de laboratorio..... 81

Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1 Mapa de ubicación de Chuwitayu..... 17

Ilustración 2 Mapa altitudinal de la parroquia Simón Bolívar..... 18

Ilustración 3 Temperatura y precipitaciones..... 18

Ilustración 4 Mapa hídrico..... 19

Ilustración 5 Diagrama de bloques del tratamiento de agua potable. 31

Ilustración 6. Componentes de un sistema de agua potable..... 54

Ilustración 7. Dosificador por pastillas. 64

Índice de Tablas

Tabla 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional..... 11

Tabla 2 Distribución y cobertura de suelos en la comunidad Chuwitayu 19

Tabla 3 Información hídrica. 20

Tabla 4 Parámetros I 21

Tabla 5 Parámetros II..... 22

Tabla 6 Parámetros III (Químicos) 22

Tabla 7 Parámetros IV (Sustancias tóxicas - metales pesados). 22

Tabla 8 Niveles de servicio para los sistemas de abastecimiento de agua..... 26

Tabla 9 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio. 26
Tabla 10 Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable. 27
Tabla 11 Caudales de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua. 29
Tabla 12 Estado de funcionamiento en la captación. 40
Tabla 13 Estado de funcionamiento de la conducción. 41
Tabla 14 Estado de funcionamiento de la planta de tratamiento. 41
Tabla 15 Estado de funcionamiento de la reserva. 42
Tabla 16 Estado de funcionamiento de la red de distribución. 42
Tabla 17 Evaluación del sistema actual. 43
Tabla 18 Resultado de turbiedad. 44
Tabla 19 Resultado de color real. 44
Tabla 20 Resultado de pH. 44
Tabla 21 Resultado de alcalinidad. 45
Tabla 22 Resultado de dureza. 45
Tabla 23 Resultado de sulfatos. 45
Tabla 24 Resultado de hierro. 46
Tabla 25 Resultado de nitratos. 46
Tabla 26 Resultado de sólidos totales. 46
Tabla 27 Resultados de aspectos bacteriológicos. 47
Tabla 28 Resumen de resultados de los criterios de diseño. 53
Tabla 29 Actividades en la operación de la captación. 60
Tabla 30 Actividades de mantenimiento en la captación 61
Tabla 31 Actividades de operación en la cámara desarenadora. 63
Tabla 32 Actividades de mantenimiento en la cámara desarenadora. 63
Tabla 33 Actividades de operación en el tratamiento. 65
Tabla 34 Actividades de mantenimiento en el tratamiento. 65
Tabla 35 Actividades de operación en la reserva 66
Tabla 36 Actividades de mantenimiento en la reserva. 66
Tabla 39 Actividades de operación en la distribución. 68
Tabla 40 Actividades de mantenimiento en la distribución. 68
Tabla 41 Actividades de operación en las conexiones domiciliarias 69
Tabla 42 Actividades de mantenimiento en las conexiones domiciliarias. 69

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

El agua es un elemento vital imprescindible para todos los seres vivos del planeta, su desaparición pondría en riesgo la existencia del ser humano; a pesar de que existe gran cantidad de agua dulce, no todas las personas tienen acceso a este líquido vital en un estado limpio y sano, especialmente en los países pobres como de África y de América Latina. La desesperación por encontrar agua tanto para consumirla como para dar de beber a los animales, ha hecho que numerosas comunidades manejen sistemas de agua poco salubres, siendo uno de los principales motivos de muerte en niños y niñas la falta de un saneamiento adecuado del agua; sin embargo, la preocupación por erradicar este problema, ha surgido desde hace varios años en la cumbre histórica de las Naciones Unidas, pero aún no se han logrado según los objetivos de desarrollo sostenible (Serrano, 2008).

En nuestro país, especialmente en la región amazónica hay sectores donde pese a los avances tecnológicos y de desarrollo, aún no se ha logrado dotar de una vida digna a diferentes comunidades, en el aspecto de abastecimiento de agua limpia y tratada. Generalmente las personas de ciertas comunidades donde no gozan del servicio de agua potable, están acostumbradas a consumir agua de vertientes o de almacenamientos. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pastaza (GADMP, 2020), la mayoría de la población recibe agua entubada en pocas cantidades y sin un tratamiento adecuado, la comunidad de Chuwitayo es un claro ejemplo de esto.

Dada a la importancia que requiere el consumo de agua tratada, y a la necesidad que presenta la comunidad de Chuwitayo, el proyecto en desarrollo plantea una solución a este problema, el mismo que está orientado a dotar a toda la población de la comunidad agua con un sistema de tratamiento para agua potable a gravedad, siendo ésta segura y de calidad, que disminuirá las enfermedades que afectan la salud de los habitantes producidas por la falta de tratamiento, asimismo, mejorará las condiciones de vida de la comunidad. Como se denota potabilizar el agua trae un sin número de beneficios a corto y largo plazo, por ello, el proyecto preocupado por las generaciones futuras, ha planificado su funcionamiento hasta el año 2040 de acuerdo al crecimiento poblacional del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Simón Bolívar (PDOTSB, 2015).

1.1 Planteamiento del problema.

1.1.1 Descripción del problema.

En el Ecuador según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2018), se estima que 1 millón de personas carecen de agua potable, estas personas especialmente se ubican en zonas rurales y poblaciones marginadas que sufren de deficiencias en el suministro de agua.

Según la Organización Mundial de la Salud (2017), en todo el mundo, alrededor de 3 de cada 10 personas o 2100 millones de personas carecen de servicio de agua potable. Uno de los principales factores para vivir en comunidad es el acceso al servicio de agua potable que deben tener sus habitantes. El agua potable es utilizada para fines domésticos y la higiene personal, así como para beber y cocinar

El agua potable es el agua que se lleva a un proceso de purificación. El mismo que debe cumplir con las normas de calidad para su uso y consumo humano, además de no representar un daño para nuestra salud, es por ello que se transforma en una necesidad básica para una población y el no tenerla genera un problema (Jouravlev, 2004).

El presente trabajo de investigación corresponde al área gestión y conservación ambiental. Este trabajo se llevará a cabo en el período académico 2020-2021. La investigación se va a desarrollar en la comunidad de Chuwitayu que se ubica en la provincia de Pastaza, que pertenece a la parroquia Simón Bolívar, a una distancia de 24 km de su cabecera parroquial Mushullacta y a 62 km de la cabecera parroquial de Puyo (INEN, 1997).

La comunidad no dispone con un servicio de provisión de agua potable, únicamente son abastecidos con agua entubada, hay déficit en cantidad y calidad. Por lo que, los pobladores expresan una inconformidad y piden el apoyo a las autoridades de turno que se realice un proyecto que les permita tener un mejor estilo de vida a través de agua potable de calidad. Esto obliga a priorizar esta propuesta de agua potable para cubrir la demanda básica de la población (GADMP, 2020).

Este problema es preocupante debido a que afecta directamente a sus habitantes, tanto así en su rendimiento laboral y educativo de sus pobladores. Esta inexistencia en la planificación urbana tiene muchas incidencias en la comunidad y el entorno familiar, ocasionando en ellos varias enfermedades por el consumo inadecuado de agua no tratada que ponen en riesgo a hombres, mujeres y niños de la comunidad, lo que produce un alto

índice de enfermedades gastrointestinales, cutáneas y mortalidad por causa de la carencia de agua potable (GADMP, 2020).

1.1.2 Formulación del problema.

¿Qué tratamiento de agua potable conviene aplicar en la comunidad Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza, que cubrirá un periodo de vida útil del proyecto de 5 años, para dotar de agua segura de calidad a sus habitantes para evitar problemas de salud y mejorar el desarrollo de la comunidad?

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Determinar los parámetros de partida para el dimensionamiento del sistema de agua potable de agua potable mediante cálculos e investigaciones en las normativas vigentes para dotar de agua segura a los habitantes de la comunidad Chuwitayu**,** parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar la situación actual de abastecimiento de agua para consumo de la comunidad de Chuwitayu.
- Desarrollar un plan de dotación de abastecimiento de agua potable para el consumo de agua de los habitantes en la comunidad Chuwitayu.

1.3 Justificación.

El agua es un derecho humano vital e irrenunciable, en el caso específico del Ecuador la Constitución de la República establece dicha importancia en sus normas. Por otra parte, en el artículo 264, numeral 4, y los artículos 55 literal d y 137 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COTAD, 2010), establecen que la prestación del servicio de agua potable es competencia exclusiva de los gobiernos municipales, otro motivo para que este servicio esté al alcance de todos los ecuatorianos.

El abastecimiento de agua potable para una comunidad es de suma importancia debido a que con el abastecimiento de agua potable de calidad a sus habitantes se evitará cuestiones de salubridad, es por eso que se debe verificar que estos procesos cumplan con todos los lineamientos y especificaciones de calidad mínimas basándonos en el Código de práctica

para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997).

La población en la actualidad tiene un abastecimiento de agua no potable deficiente, además a ello el agua es limitada a 5 horas al día en cantidad y calidad. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Simón Bolívar (PDOTSB, 2015), el 100% de la gente que habita en Chuwitayu no se siente conforme con el servicio de agua, debido a que carece de todo tipo de tratamientos previos.

En este sentido, cubrir las necesidades básicas de la comunidad Chuwitayu es de mucha trascendencia para sus habitantes, ya que al recibir agua potable de calidad se beneficiará a todas las personas del sector. Por consiguiente, esto permitirá a las personas no exponerse a un sin número de enfermedades, ya que es de conocimiento público que cada año mueren miles de personas por enfermedades provocados por el consumo de agua no tratada, donde la principal preocupación en las comunidades es la muerte de niños menores de cinco años por el difícil acceso a los servicios de salud pública del país (OMS, 2015).

Por último, potabilizar el agua es fundamental para que la comunidad pueda tener probabilidades de desarrollo, ya que el agua es el centro del desarrollo sostenible y resulta fundamental para el desarrollo socio-económico de las poblaciones, así como para la producción y preservación de los ecosistemas, donde los seres vivos somos los que gozamos de estos servicios que presta el ambiente (OMS, 2017).

2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Marco conceptual.

Agua: Es una sustancia líquida desprovista de olor, sabor y color, que existe en estado más o menos puro en la naturaleza y cubre un porcentaje importante (71%) de la superficie del planeta Tierra (Raffino, 2020).

Agua potable: Es el agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o substancias que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales, y debe cumplir con los requisitos de las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1997).

Aguas superficiales: Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015).

Tratamiento: Aquel conjunto de operaciones que tienen como primera finalidad la eliminación o reducción en los niveles de contaminación tanto en las aguas como en los residuos (Ucha, 2009).

Contaminante: Cualquier elemento o sustancia física, química, biológica o radiológica presente en el agua en cantidad que se encuentren sobre los límites permisibles (INEN, 1997).

Carga máxima permisible: Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015).

Metales pesados: Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación (FAO, 2015).

Oxígeno disuelto: Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores (FAO, 2015).

Coliforme fecal: Es un subgrupo de la población total coliforme y tiene una correlación directa con la contaminación fecal producida por animales de sangre caliente. La principal característica bioquímica usada para su identificación es la habilidad de fermentar la lactosa con producción de gas, a 44,5 °C o de crecer en otros medios selectivos de 44 °C a 44,5 °C (INEN, 1997).

Tratamiento convencional para potabilizar el agua: Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección (FAO, 2015).

Tratamiento primario: Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual (FAO, 2015).

Tratamiento secundario: Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos (FAO, 2015).

2.2 Marco teórico.

2.2.1 El agua.

Es un compuesto simple, pero que es indispensable para la vida, debido a que es necesaria para las funciones vitales de los seres bióticos, cubriendo más del 70% de la superficie del planeta, la misma que se encuentra almacenada en: océanos, lagos, ríos, etc., de los cuales sólo el 2,5% corresponde a agua dulce, siendo sustento de la vida y ayudando a regular el clima en el mundo. Es un material flexible, solvente y un excelente reactivo para varios procesos metabólicos, encontrándose en tres fases: sólido, líquido y gaseoso. Se estima que al año se evapora aproximadamente 505,000 km3 de agua presente en los océanos (Fernández, 2012).

2.2.2 Características del agua.

El agua tiene una alta capacidad calorífica, absorbiendo grandes cantidades de calor sin elevar demasiado la temperatura, además tiene la propiedad de expandirse cuando llega a su punto de congelación. Alta constante dieléctrica, que permite que se disoluciones las sustancias iónicas. Alta tensión superficial y alto calor de vaporización. (Fernández, 2012).

2.2.3 Propiedades fisicoquímicas y biológicas.

Los parámetros físicos tienen incidencia directa sobre las características visibles del agua como son: color, olor, turbiedad, etc. (Moreno, 2011).

2.2.3.1 Color.

Está estrechamente relacionada con la turbidez y en ocasiones ser independiente de la misma, no existe un responsable del color, pero se le puede atribuir a la presencia de taninos, lignina, ácidos fúlvicos, etc. Además de la presencia de descomposición de materia orgánica, presencia de hierro (Fe), Manganeso (Mn), entro otros compuestos presentes en el agua (Pradillo, 2016).

2.2.3.2 Turbidez.

Esta se caracteriza por la dificultad que tiene la luz para pasar por el agua, debido a ciertos materiales insolubles que se encuentran en suspensión, coloidales o que sean muy delgados, los mismos que se encuentran en aguas superficiales y que por lo general dificultan el paso de la luz hacia el mismo (Payeras, 2011).

2.2.3.3 Temperatura.

La temperatura tiene gran influencia en el desarrollo de los seres vivos, debido a que un aumento significativo de la temperatura puede afectar directamente a los procesos que ellos realicen, resultando letal para muchas especies, además de aumentar la cantidad de sólidos disueltos (SD) presentes en el agua, muchos de los cuales el origen del aumento es provocado por los vertidos que se desechan a cuerpos de agua (ríos, lagos, mares, etc.) en procesos industriales, debido al intercambio de calor (Jiménez, 2000).

2.2.3.4Transparencia.

La transparencia es la profundidad con la que penetra la luz en el agua, la misma que dependiendo del porcentaje de transparencia que exista, puede ayudar a que se dé la fotosíntesis en las plantas (Goyenola, 2007).

2.2.3.5 Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es la concentración de oxígeno que puede tener agua en una cierta temperatura, también se lo denomina porcentaje de saturación, y su unidad es el mg/L (Water Boards, 2020).

2.2.3.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para poder desarrollarse y oxidar la materia orgánica que se encuentre en una muestra de agua. Su unidad de medida es mg/L (Lecca y Lizama, 2014).

2.2.3.7 Demanda química de oxígeno (DQO).

Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica presente en el agua residual, el mismo que necesita estar bajo ciertas condiciones como: temperatura y tiempo, para que el agente oxidante actúe. El DQO siempre es mayor que la DBO5, debido a que no toda la materia es oxidable de manera química. Su unidad de medida es mg/L (Coy, 2007).

2.2.3.8 Carbono orgánico total (COT).

Indica la medida de carbono orgánico, expuesto en una muestra de agua superficial. Su unidad de medida es mg/L. Este parámetro nos ayuda a estimar la calidad del agua, en el lugar donde se toma la muestra. El carbono orgánico total en altas concentraciones puede disminuir considerablemente los niveles de oxígeno necesarios para desarrollarse vida en un medio acuático (Ramírez *et al*., 2008).

2.2.3.9 Cloruro, cloro e hipoclorito.

Estos compuestos químicos cuando están presente en el agua, se deben principalmente a la acción antropogénica, es decir, la desinfección del agua, esto debido a su poder del cloro para neutralizar todos los patógenos que contiene. La cantidad de cloro se puede medir mediante espectrofotometría, cabe señalar que la excesiva cantidad de cloro en una fuente hídrica puede conllevar a la muerte de todo ser vivo presente en la misma (Gómez, 2020).

2.2.3.10 Amoniaco, nitritos y nitratos.

El amoniaco es un compuesto químico formado principalmente durante la biodegradación de la materia orgánica; por aquellos compuestos orgánicos nitrogenados como pueden ser: proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, etc., mismos que pertenecen a los seres vivos, cabe destacar que la presencia de estos tipos de compuestos como son: el amonio, nitratos y nitritos en una fuente hídrica sugiere que ha sido contaminada o alterada de una forma negativa, para calcular la cantidad de dichos compuestos se puede realizar un estudio de espectrofotometría de adsorción (Gómez, 2020).

2.2.3.11 Fósforo total.

El elemento químico como es el fósforo cuando se une con el nitrógeno, son el alimento esencial para todos los seres vivos, es por ello que cuando la presencia de ellos en una

cantidad excesiva puede ocasionar un gran problema como es la formación de grandes cantidades de biomasa, o más llamado, eutrofización (Carpio, 2004).

2.2.3.12 Iones metálicos pesados.

Entre los cuales se encuentra el Hierro (Fe), que es indispensable para la vida, de igual manera también se encuentran elementos como: Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y entre otros de gran toxicidad, representando un problema para la vida de los seres vivos y su desarrollo en altas concentraciones (Cuizanoa *et al*., 2010).

2.2.3.13 Detergentes.

Provienen de la actividad antropogénica, los mismos que se elaboran a partir del azul de metileno y la extracción del cloroformo. Están formados por un agente tensoactivo, el mismo que modifica la tensión superficial del agua, en grandes cantidades es muy perjudicial para el agua debido a que contribuye a la eutrofización (Peraza y Delgado, 2012).

2.2.3.14 Toxicidad.

Para la potabilización del agua es de suma importancia caracterizarla, para conocer todos los contaminantes y saber si el agua es apta para ir al proceso de desinfección, es decir, si está dentro de los límites máximos permisibles (Gobierno de España, 2010).

2.2.3.15 Dureza.

Es la presencia de iones de calcio y magnesio en una muestra de agua, una muestra de agua con bajos niveles de dureza como son carbonatos de calcio y magnesio se conocen como blandas y hablando en términos biológicos son pocamente productivas, mientras que, las aguas con altos niveles de dureza resultan ser muy productivas para pocas especies que se pueden adaptar a estos medios Ciclo Integral del Agua (FACSA, 2017).

2.2.3.16 Aluminio.

Usualmente es encontrado junto con el agua, esto se debe a que se desprende del suelo, es un elemento principal de varias arcillas que se encuentran a orillas de los ríos, cuando está presente con el agua, esto se debe a su solubilidad, además su presencia denota que el pH del agua es bajo (Padrillo, 2016).

2.2.3.17 Alcalinidad.

Es la capacidad que tiene el agua para neutralizar los ácidos, comúnmente conocida como reacción buffer, que pueden ser causadas por los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos disueltos en el agua (Knight, 2020).

2.2.3.18 Manganeso.

Metal que se encuentra en la naturaleza, no presenta un peligro para la salud, a comparación de otros metales como son el hierro o plomo, cabe destacar que sus presencias en sistemas de agua potable favorecen el crecimiento de ciertos microorganismos (Marin, 2011).

2.2.3.19 Coliformes totales y fecales.

Se realiza un análisis a nivel bacteriano presente en una muestra de agua, de esta manera se puede determinar el nivel de contaminación por agentes patógenos en las aguas residuales, que pueden resultar altamente peligrosas para la vida de los seres vivos, así podemos prevenir epidemias provocadas por enfermedades que se origen por el consumo del agua que no esté previamente tratada y en ella esté presente coliformes fecales y sus derivados (Ortega, Vidal y Sandra, 2008).

2.2.3.20 Sulfatos.

Los sulfatos son compuestos que se encuentran en el suelo de forma natural, pero debido al lavado del suelo por la acción de la lluvia, este llega al agua. Se encuentran principalmente en fuentes hídricas subterráneas y en aguas que han sido intervenidas por la acción humana (Ecofluidos Ingenieros S.A, 2012).

2.2.4 Calidad de agua.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) menciona que las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación (Ministerio del Ambiente, 2017)

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Libro VI Anexo 1 es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente ley establece los criterios de calidad de las aguas para sus usos, en los cuales se detallan los siguientes:

Tabla 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Límite Máximo permisible**
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
aluminios	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1
Amonio	NH4	mg/l	0,05
Arsenico	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1
Coliformes totales	nmp/100ml		3000
Coliformes fecales	nmp/100ml		600
Color	Color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
DBO5	DBO5	mg/l	2
Dureza	CaCO3	mg/l	500
Bifelino policrorados/PCBs	concentración de PCBs totales	mg/l	0,0005
Fluoruro total	F	mg/l	1,5
Hierro total	fenol	mg/l	1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo permisible
Manganeso total	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1
Olor y sabor			es permitido el olor y sabor por el tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	0.D	mg/l	no menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata total	Ag	mg/l	0,05
Plomo total	Pb		0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-sep
Selenio total	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Sulfatos	SO4	mg/l	400
Temperatura		°C	condición natural +0.3 grados
Tensoactivos	sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		NTU	100
Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5
Benceno	C6H6	ug/l	10

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo permisible
Benzeno		ug/l	0,01
Etilbenceno		ug/l	700
Estireno		ug/l	100
Tolueno		ug/l	1000

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (TULSMA, 2015)

2.2.5 Clasificación del agua según su calidad.

2.2.5.1 Tratamiento del agua.

"El agua es uno de los recursos primordiales para la vida, es aquel que necesitamos los seres humanos, ya que sin ella no podríamos subsistir, además es un recurso que si no se lo maneja con responsabilidad se lo considera como limitado. Por ello y por la gran demanda, cada vez es más necesario recurrir a métodos o sistemas que nos permitan obtener agua potable, es decir, apta para su consumo. De aquí surge la importancia de las plantas de tratamiento de agua potable, que son estructuras creadas para captar el agua de los ríos o lagos y procesarla hasta convertirla en agua potable. Un sistema de tratamiento de agua potable es un conjunto de estructuras y elementos de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano" (Ingeniería de purificación, 2019).

2.2.5.2 Tratamiento de agua potable por gravedad.

"El sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento es un conjunto de estructuras para llevar el agua a la población mediante conexiones domiciliarias. Consta de diferentes procesos físicos y químicos necesarios para hacer posible que el agua sea apta para el consumo humano, reduciendo y eliminando bacterias, sustancias venenosas, turbidez, olor, sabor, etc. Se dice sistema por gravedad porque el agua cae por su propio peso, desde la captación al reservorio y de allí a las conexiones domiciliarias" (Instituto Técnico y Asesoría en Construcción de Agua, 2018, pág. 92).

2.2.5.3 Tratamiento de agua potable por bombeo.

"El bombeo y tratamiento constituye un método común utilizado para limpiar aguas subterráneas. Se utilizan bombas para extraer el agua subterránea hacia la superficie,

donde se puede limpiar (tratar) con mayor facilidad. El agua subterránea es aquella que se acumula bajo el suelo en espacios entre las partículas de tierra y las fisuras dentro de las rocas. El agua subterránea fluye por debajo de la tierra y puede desembocar en ríos o lagos. Numerosas personas utilizan el agua subterránea para cubrir sus necesidades de agua diarias" (Environmental Protection Agency, 2003).

2.2.6 Sistema de agua potable.

"Conjunto de obras necesarias para: captar, conducir, potabilizar, almacenar y distribuir agua apta para el consumo humano" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.1 Captación.

"Estructura que permite derivar el caudal necesario, desde la fuente hacia el sistema de abastecimiento de agua potable" (INEN, 1997, pág. 21)

2.2.6.2 Conducción.

"Conductos u obras que permiten el transporte del agua, desde la captación hasta las unidades de tratamiento, en condiciones seguras e higiénicas" (INEN, 1997, pág. 21)

2.2.6.3 Estación de bombeo.

"Conjunto de estructuras de protección e hidráulicas, incorporadas con equipo electromecánico encargado de elevar el agua hasta una cota superior" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.4 Sistema apropiado de potabilización.

"Conjunto de obras y estructuras simples, de fácil operación y mantenimiento, utilizadas para acondicionar el agua de modo que sea apta para el consumo humano" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.5 Desinfección.

"Eliminación de microorganismos patógenos" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.6 Tanque de almacenamiento.

"Depósito cerrado destinado a mantener una cantidad de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.7 Red de distribución.

"Conjunto de tuberías y accesorios que permiten llevar el agua hasta los consumidores" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.8 Grifo público.

"Punto de abastecimiento de agua potable, para un determinado conjunto de viviendas" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.6.9 Unidad de agua.

"Conjunto de grifos públicos, lavanderías y duchas, al servicio de la población" (INEN, 1997, pág. 21)

2.2.6.10 Conexión domiciliaria.

"Derivación que conduce el agua desde la red de distribución hasta la vivienda" (INEN, 1997, pág. 21).

2.2.7 Enfermedades causadas por ingerir agua sin tratamiento.

Si el agua es consumida sin ningún tipo de tratamiento, esto puede llegar a ser mortal, debido a los patógenos, coliformes fecales, bacterias, etc., por ende, el agua debe tener límites máximos y mínimos permisibles; a fin de que su consumo sea ideal y que no pueda causar enfermedades**.**

Ingerir agua cruda, es decir, sin ningún tratamiento puede ocasionar:

2.2.7.1 Diarrea.

Enfermedad que hace que las personas pierdan líquido y electrolitos, lo que supone la deshidratación y lleva en algunos casos a causar la muerte en el paciente. Los niños y las niñas que padecen episodios repetidos de esta dolencia son más vulnerables ante la desnutrición y otras enfermedades (OMS, 2015).

2.2.7.2 Disentería.

Enfermedad provocada por bacterias, esta enfermedad causa diarrea en los pacientes. En las personas adultas rara vez sucede, aunque bien es cierto que los niños y las niñas son sus principales víctimas (OMS, 2015).

2.2.7.3 Cólera.

Es una infección bacteriana aguda del intestino que provoca numerosos episodios de diarrea y vómitos intensos, los cuales, a su vez, pueden generar deshidratación aguda y provocar la muerte (OMS, 2015).

2.2.7.4 Paludismo.

Es una enfermedad provocada por un parásito transmitido a través ciertos tipos de mosquitos que habitan en zonas de aguas estancadas o en sitios donde el agua no goza de la calidad suficiente (OMS, 2015).

2.2.7.5 Esquistosomiasis.

Esta anomalía es causada por parásitos que penetran la piel de las personas que se están lavando o bañando en fuentes de agua contaminado, provocando infecciones que dañan el hígado, los intestinos, los pulmones y la vejiga, entre otros órganos (OMS, 2015).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Localización.

La comunidad de Chuwitayu se ubica en la provincia de Pastaza, pertenece a la parroquia Simón Bolívar, esta se encuentra a una distancia de 24 km de su cabecera parroquial Mushullacta y a 62 km de la cabecera cantonal Puyo, tiene una población de 850 habitantes, y sus límites son los siguientes:

- **Norte**: Tsuraku
- **Sur:** Morona Santiago
- **Este:** Copataza
- **Oeste**: Morona Santiago (PDOTSB, 2015).



Ilustración 1 Mapa de ubicación de Chuwitayu.
Fuente: (PDOTSB, 2015).

Es decir, cuenta con asfalto; que conduce desde la ciudad de Puyo hacia Macas. Se ubica en las coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S X 187099.8 y 9788879.48 a 728 msnm. Chuwitayu presenta un relieve con pendientes planas, consta de un clima tropical cálido -húmedo (PDOTSB, 2015).

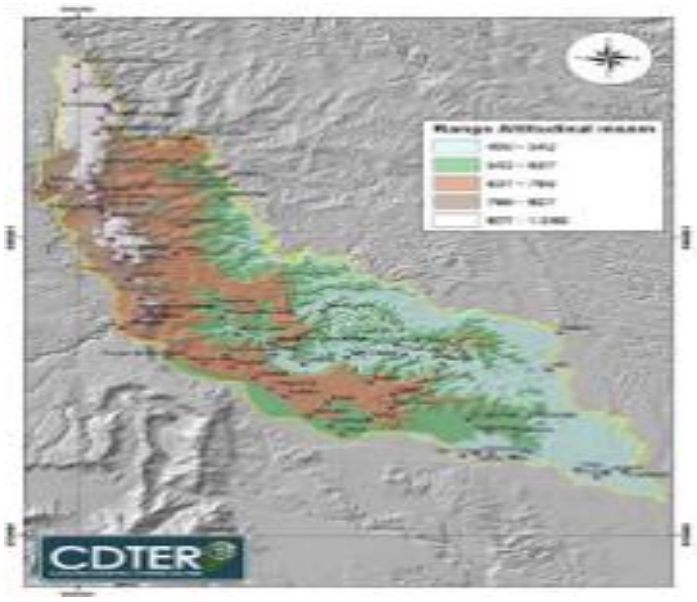

Ilustración 2 Mapa altitudinal de la parroquia Simón Bolívar.
Fuente: (PDOTSB, 2015).

Además, según Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar (2015), su bosque presenta una característica de ser secundario que contiene un terreno quebradizo, el cual se origina por escurrimiento de agua lluvia. La temperatura promedio anual es de 22,5 ºC.

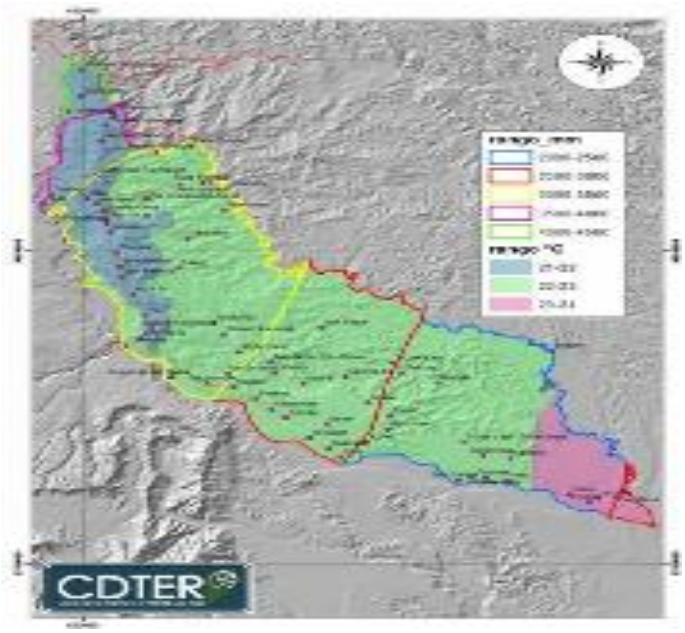

Ilustración 3 Temperatura y precipitaciones.
Fuente: (PDOTSB, 2015).

La parroquia en su forma global presenta un 30 por ciento de un relieve plano con pendientes menores al 5 por ciento, superficie ocupada totalmente por bosques.

Tabla 2 Distribución y cobertura de suelos en la comunidad Chuwitayu.

Tipo	**Área (Ha)**	**%**
Bosque	71.344,26	69,70
Humales	3.824,42	3,74
Vegetación arbostiva	2.044,38	2,00
Zona urbana	269,77	0,26
Áreas agropecuarias	24.874.06	24.30

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar (2015).

La red hídrica de la parroquia responde al sistema hidrográfico del río Pastaza, siendo parte de la red superior de la cuenca hídrica, formando parte de las principales cuencas hidrográficas amazónicas que tiene el país (PDOTSB, 2015). De acuerdo a los informes secundarios presentados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (EMAPAST-EP), existe una fuente superficial, el riachuelo sin nombre (S/N). Se encuentra en medio de un bosque secundario, en un terreno bastante quebradizo. Su origen es por escurrimiento de agua lluvia con un caudal de 0.2 l/s.

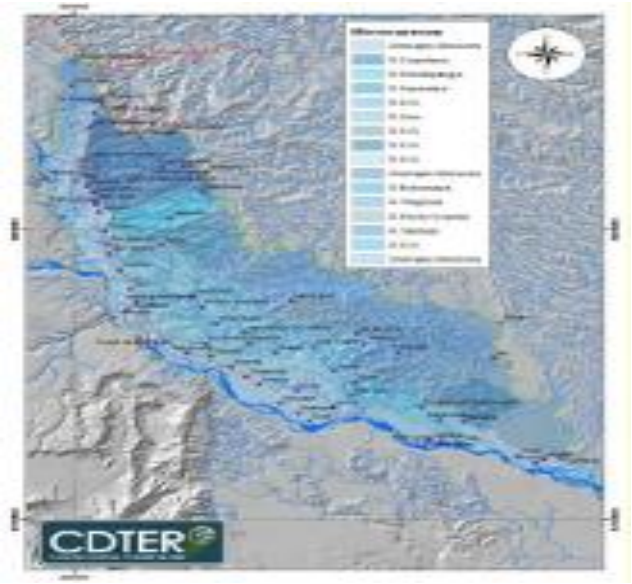

Ilustración 4 Mapa hídrico.
Fuente: (PDOTSB, 2015).

Tabla 3 Información hídrica.

DESCRIPCIÓN	Hectáreas	%
Río Copataza	71114,5	69,4
Río Tashapi	3241,6	3,2
Áreas menores del R. Pastaza	28157,3	27,5
Total	102513,3	100,0

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar (2015).

3.2 Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se ha seleccionado es el exploratorio documental, ya que este tipo de investigación realiza estudios exploratorios analíticos, teóricos e históricos. Por su aplicabilidad este diseño nos permitió proponer nuevos conceptos o modelos de comprensión o medición de variables. En este tipo de investigación se utilizó instrumentos centrados en bibliografía secundaria (proyectos de estudio realizados por EMAPAST-EP, informes técnicos del GAD Municipal de Pastaza, artículos, tesis relacionados a tratamientos de agua para consumo humano, entre otros).

El diseño exploratorio siempre se preocupa por la fidelidad de información. Toda información, se estudia en profundidad, para descubrir incoherencias y contradicciones. En este diseño hay que ser racionalmente selectivos. Ya que el propio investigador es quien define y selecciona los datos bibliográficos a utilizar; es posible que seleccione solo aquellos que concuerde con su propuesta (Vara, 2015).

3.3 Métodos de investigación.

Para el objetivo 1 el que hace referencia al diagnóstico actual de abastecimiento de agua para consumo de la comunidad de Chuwitayu, los métodos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación son la revisión bibliográfica secundaria. La misma que fue facilitada por EMAPAST EP, del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Simón Bolívar, informes técnicos relacionados al abastecimiento del agua para consumo de la comunidad, censos del 2010 y revisión del estudio de agua potable de la comunidad.

Para el objetivo 2, en el cual se desarrolló un plan de dotación de abastecimiento de agua potable para el consumo de los habitantes en la comunidad de Chuwitayu, donde dicho objetivo del plan tiene el alcance en el análisis del agua, los parámetros de partida para el dimensionamiento de los sistemas de agua potable y el manual de operación y mantenimiento. Los métodos que se utilizaron son: la revisión bibliográfica secundaria y aplicación de las normas: Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Norma CO 10.7-602: 2014 (INEN, 2014); Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 (INEN, 1997); Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias. Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana. Ecuador; Texto unificado de legislación ambiental del ministerio del ambiente.

3.3.1 Calidad de agua.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización es el organismo competente que emite el código que se práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural tiene a cargo la actualización, revisión y preparación de normas relacionadas al agua potable, con una población de máximo 1000 habitantes (INEN, 1997).

El presente código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, tiene los siguientes parámetros que son esenciales que el agua debe cumplir para que su consumo sea seguro:

Tabla 4 Parámetros I

Parámetros	**Unidades**	**Límite deseable**	**Límite máximo permisible**
Turbiedad	NTU	5	20
Cloro residual	mg/l U	0.5	0.3 –1.0
Ph		7..0 –8.5	6.5 –9.5

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (INEN, 1997)

Tabla 5 Parámetros II

Parámetros	Unidades	Límite deseable	Límite máximo permisible
Coliformes totales	NMP/100ml UC	Ausencia	Ausencia
Color	Pt-Co	5	30
Olor		Ausencia	Ausencia
Sabor		Inobjetable	Inobjetable

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (INEN, 1997).

Tabla 6 Parámetros III (Químicos)

Parámetros	Unidades	Límite deseable	Límite máximo permisible
Dureza total	mg/l CaCO3	120	300
Sólidos totales disueltos	mg/l	500	1000
Hierro	mg/l	0,2	0.8
Manganeso	mg/l	0,05	0.3
Nitratos NO3-	mg/l	10	40
Sulfatos	mg/l	50	400

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (INEN, 1997)

Tabla 7 Parámetros IV (Sustancias tóxicas - metales pesados).

Parámetros	Unidades	Límite deseable	Límite máximo permisible
Arsénico	mg/l	0.00	0.05
Plomo	mg/l	0.00	0.05
Mercurio	mg/l	0.00	0.00
Cromo exavalente	mg/l	0.00	0.05
Cadmio	mg/l	0.00	0.005
Selenio	mg/l	0.00	0.01
Cianuro	mg/l	0.00	0.00
Cloroformo	mg/l	0.00	0.20

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (INEN, 1997)

3.3.2 Bases de diseño.

La propuesta de tratamiento de agua potable de la comunidad Chuwitayu los dimensionamientos del plan están basados en las normas emitidas por el Ministerio del Ambiente y Agua, que está encargada de estudiar, establecer normas y especificaciones para proyectos en el ámbito nacional para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Donde menciona las siguientes especificaciones:

3.3.2.1 Período de diseño.

Un sistema de agua potable, como toda obra de ingeniería, se proyecta de manera que permita satisfacer las necesidades de la población en estudio, durante varios años en el futuro (INEN, 1997).

El período de diseño, constituye uno de los parámetros fundamentales para el dimensionamiento de toda obra de infraestructura sanitaria, dentro del cual se espera que las estructuras e instalaciones del proyecto funcionen eficientemente, brindando un servicio adecuado a todos sus usuarios actuales y futuros. Por lo tanto, el período de diseño puede ser definido como el lapso de tiempo para el cual el sistema y sus partes funcionarán eficientemente, ciento por ciento para satisfacer las necesidades actuales y futuras, sin que se requieran ampliaciones, ni inversiones iniciales que signifiquen un esfuerzo desproporcionado con la realidad de las actuales generaciones (INEN, 1997)

En la fijación del tiempo para el cual se consideró funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser analizadas, a fin de obtener un proyecto técnico y económicamente factible de construir, operar y mantener. Para determinar el período de diseño del sistema de agua potable de la comunidad de Chuwitayu se han analizado los siguientes aspectos:

a) La durabilidad de las estructuras e instalaciones, lo cual dependerá de la calidad y características de los materiales y equipos empleados, la calidad y técnicas constructivas, las condiciones externas.
b) Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones o adecuaciones en las unidades existentes o nuevas.
c) Capacidad económica nacional y local y facilidad de financiación para la ejecución de las obras.

En base a lo expuesto anteriormente, y por las condiciones socioeconómicas de la comunidad se plantean el horizonte de diseño del proyecto en 20 años, considerando los períodos de diseño de los diferentes componentes que a su vez toman en cuenta la vida útil de los materiales, con los que están construidos o fabricados (INEN, 1997, pág. 18)

3.3.2.2 Población.

El dimensionamiento, es decir el tamaño y la capacidad de las obras futuras, de un proyecto de infraestructura sanitaria está íntimamente ligado al número de pobladores que se desea servir, por consiguiente la determinación de la población futura es un parámetro de suma importancia para el desarrollo e implementación de este tipo de proyectos por lo que se hace necesario realizar una proyección lógica de la población y su distribución, mediante un análisis previo de las tendencias de crecimiento y la aplicación de métodos que se ajusten precisamente a las tendencias citadas (INEN, 1997, pág. 18).
La determinación de la población depende de muchos parámetros difíciles de balancear; los datos obtenidos a través de los censos no siempre son representativos de la población, a la que se quiere dotar de infraestructura sanitaria. Para efectuar el análisis del crecimiento poblacional del proyecto Chuwitayu, se han tomado en cuenta los datos obtenidos en los censos nacionales realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), a nivel provincial, cantonal, parroquial (INEN, 1997, pág. 18)

3.3.2.3 Cálculo de la población de diseño.

Para el cálculo de la población futura los métodos de crecimiento: método aritmético, método geométrico y exponencial, son elegidos según el tipo de población y dependiendo de las características socioeconómicas de la misma.

En cuanto al índice de crecimiento, por falta de información estadística no se puede determinar directamente de la comunidad, para nuestro caso tomaremos el índice obtenido para la parroquia Simón Bolívar con datos de dos períodos 1990- 2001 y 2010 (INEC, 2020).

Para el estudio de la población actual se realizó con información del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar (PDOTSB, 2015), donde estable que la población de la comunidad Chuwitayu es de 850 habitantes en el año 2015,

para lo cual se realizó una estimación de la población futura hasta el presente año 2020 y por consiguiente, una estimación futura de la población para el año 2040. De la misma forma, se ha obtenido la tasa de crecimiento poblacional en base a los datos obtenidos del último censo poblacional donde establece una tasa de crecimiento de 3,26% para la comunidad.

3.3.2.4 Método geométrico.

Para el cálculo de la población futura, se empleará el método geométrico mencionada en la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 2014):

$$Pf = Pa * (1+r)^n$$

Ecuación 1. Método geométrico.

En donde:

Pf: Población futura (habitantes).

Pa: Población actual (habitantes).

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal.

n: Período de diseño (años) (“Ingeniería Civil al día,” 2020)

3.3.2.5 Nivel de servicio.

El mejoramiento puramente técnico de las condiciones de los servicios debe ir acompañado de la aceptación y participación activa de la comunidad, de acuerdo a las normas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), denominado niveles de servicio para sistemas de abastecimiento.

Tabla 8 Niveles de servicio para los sistemas de abastecimiento de agua.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
P	AP EE	– Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencia y capacidad económicas del usuario.
la	AP	– Grifos públicos.
	EE	– Letrinas sin arrastre
lb	AP	– Grifos públicos más unidades de agua para el lavado de ropa y baño
	EE	– Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP	– Conexiones domiciliarias, con grifo por casa
	EE	– Letrinas con o sin arrastre de agua.
llb	AP ERL	– Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa – Sistemas de alcantarillado sanitario.

Nomenclatura: AP: Agua Potable; EE: Eliminación de excretas; ERL: Disposición de residuos líquidos.
Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020)
Fuente: (INEN, 1997, pág. 19)

3.3.2.5 Dotación.

La dotación está definida como la cantidad de agua suministrada en un día a cada usuario, expresado en l/hab*día, la misma que está relacionada por el rango de población actual, condiciones climatológicas y geográficas del área en estudio y el nivel de servicio a entregarse a la población (INEN, 1997, pág. 19).

La dotación básica expresada en litros por habitante y por día (l/hab*día) constituye un parámetro de suma importancia, para el dimensionamiento de todas las unidades que constituyen el sistema de agua potable; de acuerdo a las dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio expuesta en la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997, pág. 19)

Tabla 9 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (l/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
La	25	30
Lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (INEN, 1997, pág. 19)

3.3.2.6 Pérdidas de agua en el sistema.

La determinación de las pérdidas de agua en el sistema, se ha obtenido en función de las recomendaciones de la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997) que establece:

Tabla 10 Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS	FACTOR
la y lb	10%	1.1
lla y llb	20%	1.2

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (INEN, 1997, pág. 20)

3.3.2.7 Variaciones de consumo.

3.3.2.7.1 Caudal medio diario.

El consumo medio diario (en l/s), se debe calcular por la fórmula que presenta el código de practica para el diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

El caudal medio será calculado mediante la ecuación:

$$Qm = f \times (P \times D) / 86400$$

Ecuación 2. Caudal medio.

Donde:

Qm = Caudal medio (l/s).

f = Factor de fugas.

P = Población final del periodo de diseño.

D = Dotación futura (l/hab*día) (INEN, 1997, pág. 20).

3.3.2.7.2 Caudal máximo diario.

El consumo máximo diario (en l/s), se debe calcular por la fórmula que presenta la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

El caudal máximo diario será calculado mediante la ecuación:

$$QMD = KMD \times Qm$$

Ecuación 3. Caudal máximo diario.

Donde:

QMD = Caudal máximo horario (l/s).

KMD = Factor de mayoración máximo horario.

Qm = Caudal medio diario.

El factor de mayoración (*KMD*) para todos los niveles de servicio tiene un valor de 1,25 el código de práctica para el diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997, pág. 20)

3.3.2.7.3 Caudal máximo horario.

El consumo máximo horario (en l/s), se debe calcular por la fórmula que presenta el código de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

El caudal máximo horario será calculado mediante la ecuación:

$$QMH = KMH \times Qm$$

Ecuación 4. Caudal máximo horario.

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s).

KMH = Factor de mayoración máximo horario.

Qm = Caudal medio diario

El factor de mayoración máximo horario (*KMH*) en todos los niveles de servicio tiene un valor de 3 (INEN, 1997, pág. 20).

Según el código ecuatoriano de construcción (1992), de acuerdo con los caudales establecidos en las bases para el final del período de diseño, para las diferentes unidades y estructuras se han definido los caudales que se detallan a continuación:

Tabla 11 Caudales de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua.

ELEMENTO	**CAUDAL**
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Res de distribución	Máximo diario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: Código Ecuatoriano de Construcción (CEC, 1992).

3.3.2.8 Caudal de captación.

Según la proveniencia de la fuente para el cálculo de este caudal se utilizó la siguiente formula:

$$Qc = QMD + 20\%$$

Ecuación 5. Caudal de captación.

Donde:

Qc = Caudal de Captación.

QMD = Caudal máximo diario.

El porcentaje se obtiene dependiendo el tipo de captación del agua donde para aguas superficiales tiene un valor del 20% y para aguas subterráneas del 5% (CEC, 1992).

3.3.2.9 Caudal de conducción.

Según la proveniencia de la fuente para el cálculo de este caudal se utilizó la siguiente formula:

$$Qdc = QMD + 10\%$$

Ecuación 6. Caudal de conducción.

Donde:

Qdc = Caudal de conducción de agua.

QMD = Caudal máximo diario.

El porcentaje se obtiene dependiendo el tipo de captación del agua donde para aguas superficiales tiene un valor del 10% y para aguas subterráneas del 5% (CEC, 1992).

3.3.2.10 Volumen de reserva.

Según la proveniencia de la fuente para el cálculo de este caudal se utilizó la siguiente formula:

$$Vr = 50\%QMD$$

Ecuación 7. Volumen de reserva.

Donde:

Vr = Volumen de reserva.

QMD = Caudal máximo diario.

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano (MAE, 2017).

3.3.3 Sistemas de agua potable.

Para obtener agua con características óptimas para el consumo, la planta de tratamiento convencional debe seguir las siguientes etapas:



Ilustración 5 Diagrama de bloques del tratamiento de agua potable.
Fuente: (USAID, 2016)

3.3.3.1 Fuente de abastecimiento.

Para poder diseñar un sistema de dotación de agua potable, la fuente de donde proviene el recurso hídrico es el elemento clave para el diseño, por ello es importante conocer las siguientes características: ubicación, cantidad, tipo y calidad de la fuente, para que de esta manera se pueda considerar dos tipos de sistemas a utilizar en un proyecto: sistema de gravedad y bombeo, teniendo en cuenta las características previas y la topografía del terreno (Jersyn, 2013).

3.3.3.2 Captación.

Esta etapa trata de la construcción de un dique, es el lugar de donde se va a llevar el agua, el cual a la vez funciona como desarenador, el cual retiene partículas gruesas. De la captación sale una tubería que conduce hacia la planta de potabilización (Ucha, 2009).

3.3.3.3 Planta de tratamiento.

Es una planta de tratamiento de tipo convencional, la misma que es aplicada por su bajo costo de construcción y su fácil mantenimiento (INEN, 1997, pág. 41), consta con dos cajones que llevan en su interior diferentes tipos de relleno, los cuales van desde un material grueso en la superficie hasta un material más fino en su interior, lo cual ayuda a eliminación de impurezas del agua.

3.3.3.4 Desarenadores.

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2003), el desarenador es un tanque construido con el fin de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Constituye un tratamiento primario del agua, pero en algunos casos es necesario realizar el tratamiento convencional de potabilización del recurso hídrico. Para los niveles de complejidad del sistema bajo y medio, la estructura del desarenador puede estar compuesta por un solo desarenador y acompañado de un canal mientras se ejecutan labores de operación y mantenimiento de la estructura.

Para ubicar el sitio del desarenador se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

Los desarenadores deben ubicarse lo más cerca posible del sitio de la captación. Para tener una ampliación de las unidades durante el periodo de diseño del sistema, el área de la localización debe ser grande para permitir dicha ampliación. Donde se ubique el desarenador debe garantizar la limpieza de sistema pueda realizarse por gravedad y la longitud de la tubería de desagüe no sea excesiva (RAS, 2003).

3.3.3.5 Sedimentación.

Es un proceso en el cual se va a eliminar aquellas partículas pequeñas suspendidas que se encuentran en el agua, las cuales pueden ser: limo, arcilla o arena, las mismas que no son importantes, al contrario, perjudican al proceso de potabilización y algunos contaminantes biológicos del agua bajo la influencia de la gravedad (Bruni, 2018)

Cuanto más tiempo se sedimenta el agua, más se depositarán los sólidos en suspensión y los patógenos en el fondo del recipiente. Agregar productos químicos especiales o algunos coagulantes naturales puede acelerar la sedimentación o se puede construir un sedimentador el cual se encarga de retener todas estas partículas (Bruni, 2018).

3.3.3.4 Filtración.

El agua circula por medio de un filtro diseñado para eliminar partículas en el agua. Los filtros están hechos de capas de arena y grava, y en algunos casos, antracita triturada. La filtración recoge las impurezas suspendidas en agua y mejora la eficiencia de la desinfección. Los filtros se deben limpiar rutinariamente y mediante lavado a contracorriente (Water, 2011).

3.3.3.6 Desinfección.

El método más utilizado es la cloración, esto por su bajo costo.

3.3.3.7 Cloración.

El proceso de agregar cloro al agua permite desinfectarla y eliminar los gérmenes presentes. Se pueden usar diferentes procesos para lograr niveles seguros de cloro en el agua Si bien los productos químicos pueden ser nocivos en dosis altas, cuando se agregan al agua, se mezclan y se dispersan, lo que resulta en niveles bajos que matan los gérmenes pero que aún son seguros para beber. La desinfección con sales de cloro o con cloro gaseoso conocidas como hipocloritos sigue siendo la mejor garantía de un agua microbiológicamente apta para el consumo humano debido a su relativamente bajo costo, pero principalmente por el efecto germicida residual. La cloración puede emplearse en los siguientes casos: Desinfección preventiva buscando el efecto residual del cloro en el agua, control de olores y sabores, desinfección de las aguas y prevención del crecimiento de algas y microorganismos (RAS, 2013).

3.3.3.8 Almacenamiento.

Cuando el agua es clorada se dirige a tanques reservorios para su posterior distribución a los habitantes.

3.3.3.9 Red de distribución.

Las redes de distribución son un conjunto de tuberías cuya función es suministrar el agua potable en condiciones de calidad y cantidad aceptables a todos los consumidores de una localidad (López, 2004).

3.3.3.10 Conexiones domiciliarias.

Según el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL, 2015), las conexiones domiciliarias son un complemento a las redes de distribución, estas se encuentran acorde a el nivel de servicio donde se contempla que las instalaciones estén conectadas directamente a la red que consten con trabajos hechos externamente a la relativa propiedad.

3.3.3.11 Manual básico de operación y mantenimiento.

Para la elaboración del manual de operación y mantenimiento los aspectos que se sugieren de acuerdo a la norma para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición

de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes son los siguientes contenidos:

- Introducción.
- Definiciones y responsabilidades.
- Operación y mantenimientos de las unidades.
- Descripción, operación y control de instalaciones.
- Materiales requeridos
- Operación de emergencia United States Agency International Development (USAID, 2016).

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En base al cronograma de actividades aprobado de la propuesta de tratamiento para agua potable a gravedad para la comunidad de Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza, para cumplir con los objetivos planteados se realizó los siguientes procedimientos:

Para el objetivo 1, el que hace referencia al diagnóstico actual de abastecimiento de agua para consumo de la comunidad de Chuwitayu se obtuvo los siguientes resultados:

Fuente de abastecimiento.

Según los informes de EMAPAST EP, existen dos fuentes de abastecimiento y son superficiales. La una se encuentra en medio de un bosque secundario, en un terreno bastante quebradizo. Su origen es por escurrimiento de agua lluvia. La segunda es una fuente por escurrimiento de agua lluvia.



Fotografía 1. Fuente de abastecimiento del sector.
Fuente: EMAPAST EP (2015).



Fotografía 2. Vegetación de la fuente.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Captación.

La primera captación fue construida en el año 1987 por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), está abandonada y presenta filtraciones. La segunda construida por la Municipalidad de Pastaza en el Año 2008 está ubicada en la cota 796 msnm, consta de un pequeño azud, con muros de ala de hormigón armado, toma lateral con una rejilla. También consta de un cajón desarenado de 2.42 x 1.35 x 1.20 m de alto.



Fotografía 3. Captación.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Se observa que la fuente está rodeada de vegetación secundaria únicamente junto a la captación, observándose claros por el desmonte efectuado por los finqueros del sector. En el lecho del estero se puede observar piedra de unos 20 cm de diámetro promedio. El caudal aforado en un período corto de verano da 2.6 l/s. Se observa filtraciones de agua en el muro del desarenado a la salida de la tubería hacia la planta. También el piso del azud presenta una socavación producto de las crecidas del estero.



Fotografía 4. Cajón desarenador.
Fuente: EMAPAST EP (2015).



Fotografía 5. Filtración losa de fondo.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Conducción.

El sistema 1, se capta antes de llegar a la comunidad, tiene instalado 250 m con tubería de PVC-P de 50 mm, descarga directo al tanque de reserva. El filtro no funciona unos 20 años. La segunda tiene una longitud de 185 m, instalada con tubería PVC-P de 110 mm; no tiene válvula de control a la salida de la captación, carece de válvulas de aire y de purga. Se puede observar que la tubería está instalada superficialmente sobre un terreno pedroso lo que le hace demasiado vulnerable a un impacto, considerando la cantidad de vegetación reinante en la zona.



Fotografía 6. Tubería de conducción.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Planta de tratamiento.

El primer sistema tiene un cajón de caudal, filtro, reserva, caseta de cloración y un cerramiento perimetral de malla galvanizada, se halla abandonada. El segundo está en la cota 776 msnm y está configurado por un filtro que tiene un tanque de hormigón armado circular, con un diámetro de 2.70 m y altura de 2.70 m. Es un filtro descendente, tiene una capa de 0.50m de piedra como medio filtrante, no existe arena.



Fotografía 7. Tanque de reserva.
Fuente: EMAPAST EP (2015).



Fotografía 8. Medio filtrante.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

La reserva es un de hormigón armado circular de 4.5m de diámetro y 2.0 m de altura. Tiene una boca de visita de 0.60 x 0.60 m con tapa. Tiene 2 cajas de revisión de 0.60 x 0.60 m con tapas de hormigón. La una funciona para limpieza y desborde, tiene instalado una válvula de bronce de 110 mm, y la otra para alimentar de agua a la población.

Desinfección.

Se evidencia la falta de algún tipo de desinfección, lo único que consume la población es agua entubada.

Red de distribución.

La red de distribución inicia en la intersección con la vía a Chapintza cota 723.21 msnm. Se ha instalado redes con tubería PVC-P con diámetros que van desde los 110, 63, y 50 mm. De acuerdo a las fotografías que se adjuntan se observa tubería instalada por terrenos particulares, inclusive bajo viviendas.



Fotografía 9. Red de distribución.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Acometidas domiciliarias.

Las redes de distribución no abastecen de agua a todo el poblado. Cuenta con 72 acometidas domiciliarias, 20 son clandestinas. Existe un gran desperdicio de agua que no permite abastecer al colegio y subcentro de salud de la comunidad.



Fotografía 10. Acometidas domiciliarias.
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.1 Análisis de resultados del sistema por unidades.

4.1.1 Fuente de abastecimiento.

En base al informe recibido por la empresa municipal de agua potable de Pastaza se puede manifestar que la fuente del primer proyecto construida por el IEOS tiene taludes inestables debido a la deforestación y limpieza para implementar sembríos y potreros, lo que ha ocasionado una baja considerable en sus caudales principalmente en época de estiaje. En cuanto a la fuente del proyecto construido por el Municipio no presenta problemas de deslizamientos, no presenta mayor gradiente en su recorrido, su fuente baja considerablemente en época de estiaje.

Según (Lozada, Vélez, y Patiño, 2009), para analizar la situación de las fuentes de abastecimiento en los sistemas de agua potable es necesario considerar el estado de la infraestructura hidráulica, el estado del medio ambiente en las zonas de influencia y la situación jurídico administrativa de cada fuente.

4.1.2 Captación.

La unidad de captación esencialmente su funcionamiento es regular debido a que no cuenta con las debidas unidades necesarias para su correcto funcionamiento.

Tabla 12 Estado de funcionamiento en la captación.

UNIDADES	EXISTE	ESTADO DE FUNCIONAMIENTO			PRINCIPALES PROBLEMAS
		BUENO	REGULAR	MALO	
Desarenador	NO				
Toma de fondo	NO				
Toma lateral	SI		X		TAPONAMIENTO
Cajón recolector	NO				
Bypass	NO				
Pozo profundo	NO				
Bomba	NO				
Motor	NO				
Generador	NO				
Acometida eléctrica	NO				
Tablero de control	NO				

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Según (Cabrer, 2007), en las normas de captación los elementos constitutivos de una captación son: barrera frontal, muro lateral, cámara húmeda, cámara seca y desarenador. Estos elementos son esenciales para su correcto funcionamiento y como se puede notar no existen todos estos elementos en el sistema de agua potable en la comunidad.

4.1.3 Conducción.

Su funcionamiento es regular porque carece de todo tipo de válvulas. Como el servicio no es continuo, el restablecer el servicio toma demasiado tiempo por la presencia de aire en la tubería.

En el primer tramo, la tubería se ha instalado de manera superficial, estando expuesto a rotura por parte de los mismos moradores, o por desprendimientos de vegetación por los fuertes vientos que se produce secuencialmente en la zona.

Tabla 13 Estado de funcionamiento de la conducción.

ELEMENTOS	MATERIAL	DIÁMETRO	ESTADO	PROBLEMAS
Tubería	PVC	110	Regular	Superficial
Válvula compuerta	NO			
Válvula check	NO			
Válvula de aire	NO			
Válvula de desagüe	NO			
Paso de quebrada	NO			
Sifones	NO			
Anclajes	NO			
Tanque presión	NO			
Otros	NO			

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Según (Trisolini, 2009), los elementos que se debe considerar en la línea de conducción en el sistema de agua potable son: tuberías de acuerdo a las presiones requeridas, válvulas de compuerta, check, aire, desagüe, cajas de rompe presión, entre otros. Estos elementos son esenciales para su funcionamiento correcto. Por lo tanto, como no se pueden apreciar todos estos elementos el funcionamiento del componente es regular.

4.1.4 Tratamiento.

En base a la capacidad de la planta y a sus unidades de la planta de tratamiento su estado de funcionamiento es regular ya que no cuenta con todos los parámetros establecidos para abastecer de agua potable para el consumo de la comunidad.

Tabla 14 Estado de funcionamiento de la planta de tratamiento.

DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDADES	FUNCIONAMIENTO	PROBLEMA
Macro medición	NO			
Aeración	NO			
Coagulación	NO			
Floculación	NO			
Sedimentación	NO			
Filtración	IEOS	1	REGULAR	Falta medios filtrantes.
Desinfección	NO			

DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDADES	FUNCIONAMIENTO	PROBLEMA
Otros	NO			

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Según (Witt y Reiff, 1993), la razón fundamental de la desinfección del agua es disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por el agua, es por eso que este proceso en una planta de tratamiento de agua potable es esencial para que dicha agua sea distribuida de manera segura a la población.

4.1.5 Tanque de reserva.

En general la reserva funciona normal, su estructura es superficial, sin cerramiento, escalera para inspección tampoco bypass, existe cámara de válvula, pero existe falta de mantenimiento. Existe una boca de visita con tapa de tool.

Tabla 15 Estado de funcionamiento de la reserva.

Tipo	# tanques	Material	Funcionamiento	Principal Problema
Circular	1	Hormigón	Bueno	Mantenimiento

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.1.6 Red de distribución y acometidas domiciliarias.

Se puede considerar regular ya que no abastece a la zona, hay tramos que cruzan debajo de viviendas, tramos superficiales, sus extremos no tienen accesorios o elementos especiales que permitan controlar el agua. Es necesario complementar toda la red. Existen conexiones domiciliarias (72) únicamente con collarín, manguera de polietileno, dobladas a su extremo, carecen de llaves de control y medidores, por lo tanto, existe un desperdicio de agua.

Tabla 16 Estado de funcionamiento de la red de distribución.

Elemento	Material	Diámetro (mm)	Funcionamiento	Principal Problema
Red	pvc	50,63,90	Regular	Superficial

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Como análisis resultados finales de cada uno de los componentes del sistema actual encontrado en la comunidad se puede manifestar que presenta un funcionamiento regular en su gran mayoría lo que determina que se debería realizar una inversión considerable para su reutilización o, por otra parte, la construcción de un nuevo proyecto de agua potable.

Tabla 17 Evaluación del sistema actual.

Evaluación del estado de los componentes del sistema actual					
Comunidad	**Captación**	**Conducción**	**Tratamiento**	**Tanque de reserva**	**Red Distribución**
Chuwitayu	Regular	Regular	Bueno	Bueno	Mala

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

Para el objetivo 2, en que hace referencia a desarrollar un plan de dotación de abastecimiento de agua potable para el consumo de los habitantes en la comunidad de Chuwitayu, donde dicho objetivo del plan tiene el alcance el análisis del agua, como también los cálculos de los parámetros de partida para el dimensionamiento de los sistemas de agua potable y el manual de mantenimiento de las operaciones unitarias dimensionadas.

El planteamiento de esta alternativa es construir un proyecto nuevo. Captar el agua de una vertiente que nace en la finca del Sr. Calixto Kuash. Esta vertiente es producto de recolección de agua lluvia que baja de la cordillera Chuwitayu, por áreas con vegetación abundante, principalmente con árboles de balsa. Se encuentra ubicada en la zona Noroeste de Chuwitayu. se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2 Análisis de la calidad de Agua.

De los análisis de laboratorio cuyos resultados se adjuntan en el anexo 1, se puede deducir lo siguiente. Se consideran los valores máximos permitidos de acuerdo a la norma INEN1108-2011 para Agua Potable, parámetros utilizados por la EMAPA-EP (2015):

4.2.1 Temperatura.

La temperatura del agua es similar a la temperatura ambiental. Tenemos 22, 1º C.

4.2.2 Turbiedad.

El agua presenta valores de turbiedad bajo.

Tabla 18 Resultado de turbiedad.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	3,48 NTU

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.3 Color real.

Según los resultados de laboratorio, el color es aparentemente transparente.

Tabla 19 Resultado de color real.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	12,5 UTC

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.4 pH.

Representa la concentración de iones hidrógeno en el agua. Un valor de pH= 7, indica que el agua es de carácter neutro, un valor inferior a 7 indica carácter ácido y un valor mayor a 7 se considera básico. Según los resultados de laboratorio el valor obtenido es de 7,34.

Tabla 20 Resultado de pH.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	7,34

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.5 Alcalinidad.

Este parámetro se debe a la presencia en el agua de carbonato, bicarbonatos e hidróxidos y con menos frecuencia a la presencia de silicatos y fosfatos.

Tabla 21 Resultado de alcalinidad.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	28,80 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.6 Dureza.

Tiene su origen en la presencia de sales de calcio y magnesio. Es objetable que su uso doméstico ayuda a precipitar el jabón.

Tabla 22 Resultado de dureza.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	6,24 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.7 Sulfatos.

Concentraciones excesivas de sulfatos pueden transferir al agua propiedades purgantes. Las normas vigentes establecen un límite recomendable de 400 mg/l para agua potable.

Tabla 23 Resultado de sulfatos.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	0 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.8 Hierro.

Según las normas de agua para consumo humano, el contenido total permisible de hierro establece como límite máximo 1.00 mg/l y como valor recomendable 0.30 mg/l.

Tabla 24 Resultado de hierro.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	0,06 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.9 Nitratos.

Los nitratos son compuestos peligrosos para la salud, estos compuestos tóxicos cuya presencia en concentraciones sobre el máximo establecido, puede ser base suficiente para el rechazo de la fuente, por inapropiada para el consumo humano.

Tabla 25 Resultado de nitratos.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	3,76 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.10 Sólidos totales disueltos.

Según los imites máximos permisibles el valor permitido es de 1000 mg/l.

Tabla 26 Resultado de sólidos totales.

FUENTE	RESULTADOS
Valor	26 mg/l

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.2.11 Aspectos bacteriológicos.

Los aspectos bacteriológicos son los más importantes desde el punto de vista sanitario, ya que el agua potable debe estar exenta de microorganismos patógenos que puedan transmitir enfermedades y de gérmenes en general. Como se puede observar la vertiente elegida tienen presencia de contaminación bacteriológica, que se encuentra dentro de los límites permisibles tanto para coliformes totales de 3000 nmp/100ml, como también los coliformes fecales de 600 nmp/100ml.

Tabla 27 Resultados de aspectos bacteriológicos.

FUENTE	RESULTADOS
Colibacilos totales	1100
Colibacilos fecales	4

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: EMAPAST EP (2015).

4.3 Criterios de diseño.

4.3.1 Período de diseño.

Del análisis efectuado se ha llegado a establecer que la comunidad es concentrada, la que se irá saturando durante los próximos 20 años establecidos. Lo cual permite determinar que el crecimiento demográfico se realizará dentro de los actuales límites de la comunidad, lo que es confirmado por la propia topografía.

4.3.2 Población.

Para el estudio de la población actual se realizó con información del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar (PDOTSB, 2015), donde estable que la población de la comunidad Chuwitayu es de 850 habitantes en el año 2015, para lo cual se realizó una estimación de la población futura hasta el presente año 2020 y por consiguiente, una estimación futura de la población para el año 2040. De la misma forma, se ha obtenido la tasa de crecimiento poblacional en base a los datos obtenidos del último censo poblacional donde establece una tasa de crecimiento de 3,26% para la comunidad. En base a la anterior información se obtuvieron los siguientes resultados:

Estimación de la población para el año 2015:

$$Pf = Pa * (1+r)^n$$

Ecuación 1. Método geométrico.

Datos:

Pf: Población futura (habitantes).

Pa: 850 habitantes, población actual.

r: 0,0326, tasa de crecimiento de la población expresada como fracción decimal.

n: 5 años, período de diseño (“Ingeniería Civil al día,” 2020)

Resultado:

$Pf = Pa * (1+r)^{n}$

$Pf = 850 * (1+0{,}0326)^{5}$

$Pf = 997$ hab.

Estimación de la población para el año 2040:

$Pf = Pa * (1+r)^{n}$

Datos:

Pf = Población futura (habitantes).

Pa = 997 habitantes, población actual.

r = 0,0326, tasa de crecimiento de la población expresada como fracción decimal.

n = 20 años, período de diseño.

Resultado:

$Pf = Pa * (1+r)^{n}$

$Pf = 997 * (1+0{,}0326)^{20}$

$Pf = 1893$ hab.

4.3.3 Nivel de servicio.

Para la presente propuesta se tiene previsto un servicio intra domiciliario, que cuente al menos con un grifo en la vivienda, esta disposición se encuentra basada en la tabla 8 denominado "Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua", donde le corresponde un nivel lla, establecido mediante las normas de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 1997).

4.3.4 Dotación.

De acuerdo a la tabla 9 denominada "Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio" que se encuentran en la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 2014), tenemos que la dotación recomendada para el sector y con un nivel de servicio de lla es de 85 l/hab/día

al inicio del período de diseño, valor que se irá incrementando año a año en 1 l/hab / día, conforme la población mejore su situación socio-económica, hasta un valor de 105 l/hab / día al final del período de diseño de la propuesta.

4.3.5 Pérdidas de agua en el sistema.

El porcentaje de fugas se ha considerado en base a la tabla 10, donde se determina las pérdidas de agua de acuerdo a el nivel de servicio obtenido, el mismo que es un nivel la y le corresponde un porcentaje de fugas del 20% con un factor de pérdida de 1,2. Cabe recalcar, que esta información es proporcionada por la norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (INEN, 2014).

4.3.6 Caudal medio diario.

$$Qm = f \times (P \times D) / 86400$$

Ecuación 2. Caudal medio.

Datos:

Qm = Caudal medio (l/s).

f = 1,2 Factor de fugas, de acuerdo a las normas de diseño.

P = 1893 habitantes, población final del periodo de diseño.

D = 105 l/hab*día, dotación futura (INEN, 1997, pág. 20).

Resultado:

Qm = f x (P x D) /86400

Qm = 1,2 x (1893 x 105) /86400

Qm = 2,76 l/s

4.3.7 Caudal máximo diario.

$$QMD = KMD \times Qm$$

Ecuación 3. Caudal máximo diario.

Datos:

QMD = Caudal máximo horario (l/s).

KMD = 1,25, factor de mayoración máximo horario.

Qm = 2,76 l/s, caudal medio diario.

El factor de mayoración (*KMD*) para todos los niveles de servicio tiene un valor de 1,25 (INEN, 1997, pág. 20).

Resultado:

QMD = KMD x Qm

QMD = 1,25 x 2,76

QMD = 3,45 l/s

4.3.8 Caudal máximo horario.

$$QMH = KMH \times Qm$$

Ecuación 4. Caudal máximo horario.

Datos:

QMH = Caudal máximo horario (l/s).

KMH = 3, factor de mayoración máximo horario.

Qm = 2,76 l/s, caudal medio diario.

El factor de mayoración máximo horario (*KMH*) en todos los niveles de servicio tiene un valor de 3 (INEN, 1997, pág. 20).

Resultado:

QMH = KMH x Qm

QMH = 3 x 2,76

QMH = 8,28 l/s

4.3.9 Caudales de diseño para elementos de un sistema de potabilización de agua.

En base a la tabla 11 del Código Ecuatoriano de Construcción (1992), se han definido los caudales que se detallan a continuación:

4.3.9.1 Caudal de captación.

$$Qc = QMD + 20\%$$

Ecuación 5. Caudal de captación.

Datos:

Qc = Caudal de Captación.

QMD = 3,45 l/s, Caudal máximo diario.

El porcentaje se obtiene dependiendo el tipo de captación del agua donde para aguas superficiales tiene un valor del 20% (CEC, 1992).

Resultado:

Qc = QMD + 20%

Qc = 3,45 + (3,45 * 0,20)

Qc = 2,38 l/s

4.3.9.2 Caudal de conducción.

$$Qdc = QMD + 10\%$$

Ecuación 6. Caudal de conducción.

Datos:

Qdc = Caudal de conducción de agua.

QMD = 3,45 l/s, Caudal máximo diario.

El porcentaje se obtiene dependiendo el tipo de captación del agua donde para aguas superficiales tiene un valor del 10% (CEC, 1992).

Resultado:

Qdc = QMD + 10%

Qdc = 3,45 + (3,45 * 0,10)

Qdc = 1,19 l/s

4.3.9.3 Volumen de reserva.

$$Vr = 50\%(QMD)$$

Ecuación 7. Volumen de reserva.

Datos:

Vr = Volumen de reserva.

QMD = 3,45 l/s, caudal máximo diario (CEC, 1992).

Resultado:

Vr = 50%QMD

Vr = 0,50 (3,45)

Vr = 1,72 l/s

4.3.9.4 Caudal de la red de distribución.

$$Qrd = QMD - \text{incendio}$$

Ecuación 8. Ecuación de la red de distribución.

Datos:

QMD = 3,45 l/s, caudal máximo diario.

Incendio = 0, para poblaciones de hasta 3000 hab no se considera incendio (CEC, 1992).

Resultado:

Qrd = QMD + incendio

Qrd = 3,45 + 0

Qrd = 3,45 l/s

4.3.9.5 Caudal planta de tratamiento.

$$Qdp = QMD + 10\%$$

Ecuación 9. Ecuación del caudal de la planta.

Datos:

Qdp = caudal de planta de tratamiento

QMD = 3,45 l/s, caudal máximo diario.

Resultado:

$Qdp = QMD + 10\%$

$Qdp = 3{,}45 + (3{,}45 * 0{,}10)$

$Qdp = 1{,}19$ l/s

Tabla 28 Resumen de resultados de los criterios de diseño.

ELEMENTO	RESULTADO
Período de diseño	20 años
Población futura (*Pf*)	1893 hab
Nivel de servicio	lla
Dotación (*D*)	105 l/hab/día
Caudal medio diario (*Qm*)	2,76 l/s
Caudal máximo diario (*QMD*)	3,45 l/s
Caudal máximo horario (*QMH*)	8,28 l/s
Caudal de captación (*Qc*)	2,38 l/s
Caudal de conducción (*Qdc*)	1,19 l/s
Volumen de reserva (*Vr*)	1,72 l/s
Caudal de la red de distribución (*Qrd*)	3,45 l/s
Caudal de la planta de tratamiento (*Qdp*)	1,19 l/s

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).

4.4 Manual de operación y mantenimiento.

Introducción.

De los problemas de saneamiento ambiental que sufren las poblaciones nace la necesidad de llevar adelante programas conjuntos en el área de agua potable y saneamiento ambiental. Las metas son lograr mejores niveles de salud para la población ecuatoriana y en especial de los habitantes de la comunidad Chuwitayu.

Dentro de la programación consta el presente manual de operación y mantenimiento, entendiéndose estos documentos como el instrumento de trabajo destinado a proporcionar a los ingenieros, técnicos y promotores de operación y mantenimiento los conceptos y guías para el desarrollo de sus actividades en forma correcta (USAID, 2016, pág. 5).

El contenido del manual presenta en forma simple las definiciones y responsabilidades de operación, mantenimiento preventivo, correctivo y de emergencias. Seguidamente para las diferentes unidades que forman parte de los sistemas de agua potable, se detallan

los diferentes procedimientos a cumplirse para una cabal operación de un sistema (USAID, 2016, pág. 5).

Sistema de agua potable.

Un sistema de agua potable se le puede denominar como un conjunto de operaciones y tratamientos que permiten dotar de agua a una población de manera continua, con todos los parámetros de calidad, cantidad y presión necesaria para garantizar un buen servicio a la comunidad (USAID, 2016, pág. 6).

Los componentes de un sistema de agua potable rural.

En un sistema de agua potable rural los principales componentes son:

1. Microcuenca.
2. Fuente de abastecimiento.
3. Obras de captación.
4. Desarenador.
5. Línea de conducción.
6. Tanque de almacenamiento.
7. Conexiones domiciliarias (USAID, 2016, pág. 6).

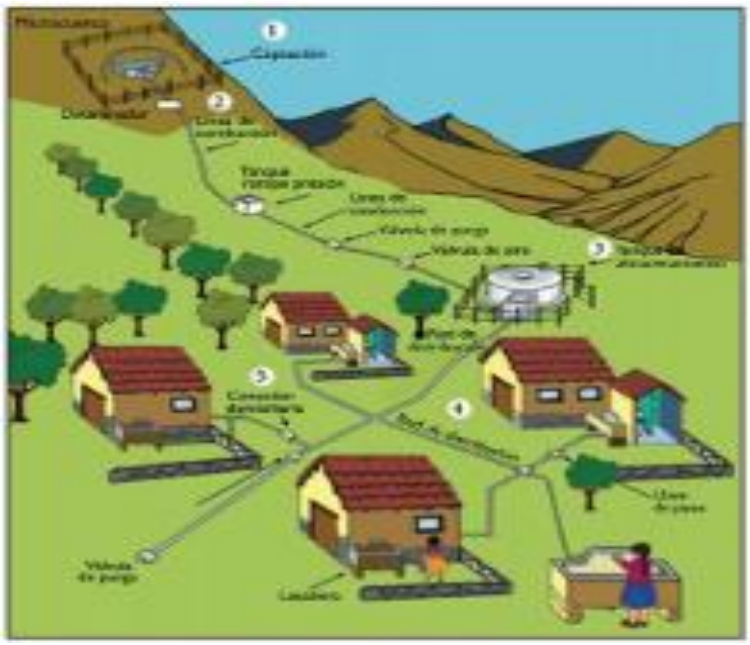

Ilustración 6. Componentes de un sistema de agua potable.
Fuente: (USAID, 2016)

Definiciones y responsabilidades.

Operación (O).

Definición.

Es el conjunto de acciones que se efectúan con determinada oportunidad frecuencia, para poner en funcionamiento adecuado un Sistema de Agua Potable (USAID, 2016, pág. 8).

Responsabilidades.

Esas acciones las realiza el operador siguiendo los instructivos de operación de los diferentes sistemas aplicando los conocimientos adquiridos durante el adiestramiento y dando cumplimiento a las recomendaciones del promotor de operación y mantenimiento. Una responsabilidad importante del operador es verificar que no existan obstrucciones, roturas, filtraciones; agua estancada, maleza o materia orgánica alrededor de las estructuras del sistema que pueden producir contaminación o afectar el ambiente (USAID, 2016, pág. 9).

Las novedades que el operador encuentre en relación con el funcionamiento normal del sistema, las anotará en su cuaderno y las comunicará a la Junta Administradora y al promotor de operación y mantenimiento.

Mantenimiento (M).

Mantenimiento es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para mantenerles en adecuado estado de funcionamiento (USAID, 2016, pág. 8).

Con el objeto de detallar minuciosamente las actividades que se cumplen en un sistema, se ha identificado tres tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo (MP).

Definición.

Consiste en una serie de acciones de conservación que se realizan con frecuencia determinada en las instalaciones y equipos para evitar, en lo posible, que se produzcan daños que pueden ser de difícil y costosa reparación o que se ocasionen interrupciones en el servicio (USAID, 2016, pág. 8).

Responsabilidades.

Las acciones de mantenimiento preventivo son planificadas por el promotor de operación y mantenimiento, y las realiza el operador, los miembros de las Juntas Administradoras y la comunidad.

Durante las actividades de mantenimiento preventivo (MP) se deberá observar el entorno ambiental y registrar cualquier cambio que pueda afectar la seguridad del sistema, las

condiciones sanitarias de las fuentes y cuencas de abastecimiento. Un ejemplo es la vigilancia de la deforestación, quema de bosques, existencia de focos de contaminación, uso intensivo de pesticidas agrícolas, etc. Cualquier observación será anotada por el responsable de la ejecución del Mantenimiento preventivo y comunicada a la Junta Administradora de Agua Potable (JAAP), la cual informará a la Junta Parroquial con la debida oportunidad (USAID, 2016, pág. 9).

El personal responsable de las actividades de mantenimiento preventivo recibirá capacitación inicial seguida de talleres periódicos de actualización. Las acciones de mantenimiento preventivo constan en el presente manual y servirán de consulta permanente al planificar el mantenimiento preventivo.

Mantenimiento correctivo (MC).

Definición.

Consiste en las reparaciones que se ejecutan para corregir cualquier daño que se produzca en el sistema de agua potable y equipos, que no ha sido posible evitar con el mantenimiento preventivo. Como también, el deterioro normal de los diferentes elementos de los sistemas que ocasiona la necesidad de efectuar reparaciones mayores o la reposición de algunas piezas o equipo determinado (USAID, 2016, pág. 8).

Responsabilidades.

La unidad de operación y mantenimiento parroquial contará con repuestos, equipos, herramientas, talleres y bodegas, personal adiestrado y unidad móvil para mantenimiento correctivo. En base de los resultados del mantenimiento preventivo, el promotor identifica las actividades de mantenimiento correctivo que se necesite realizar en los sistemas de agua potable. Seguidamente, estimará los materiales, equipos, que serán necesarios para su ejecución con el personal que deba realizar dichas actividades (USAID, 2016, pág. 9).

Mantenimiento de Emergencia (ME).

Definición.

Es aquel que se realiza cuando el sistema o equipos han sufrido daños por causas imprevistas y requieren solución rápida (USAID, 2016, pág. 8).

Responsabilidades.

Según los daños identificados, la junta parroquial, a través de la unidad de operación y mantenimiento, con la colaboración de la Junta Administradora de Agua Potable

planificarán las acciones necesarias para efectuar las reparaciones, con el fin de restablecer el servicio normal en el menor tiempo posible (USAID, 2016, pág. 9).

Dependiendo de la magnitud de los daños, podrá requerirse la colaboración de otras instituciones locales y/o seccionales. En función de los mismos, puede ser necesaria inclusive la coordinación de acciones a escala nacional. Es importante señalar que la simbología a utilizarse para los diferentes niveles de responsabilidad, en la ejecución de las actividades será la siguiente: local (L) o parroquial (P).

Rol del operador.

A continuación, se presenta una síntesis del rol que desempeña el operador de los sistemas de infraestructura sanitaria.

Sus funciones principales son:

- Operar y mantener correctamente el sistema en general, así como los equipos instalados, pues es el único responsable ante la Junta Administradora de Agua Potable (JAAP).
- Presentar mensualmente a la JAAP los trabajos efectuados de operación y mantenimiento realizados en los formularios correspondientes.
- Comunicar a la JAAP la existencia de cloro, así como las necesidades de adquisición de materiales, herramientas y repuestos.
- Informar a la JAAP de los problemas existentes.
- Ejecutar nuevas conexiones domiciliarias de agua.
- Notificar a los usuarios morosos para el pago de sus tarifas.
- Cortar el servicio a los usuarios morosos y proceder a reconectar el servicio previo el pago correspondiente.

Componentes de los sistemas de agua potable.

Sistemas a gravedad.

Son aquellos que utilizan el desnivel existente desde la fuente hasta el área de servicio, para conducir el agua (USAID, 2016). Los principales componentes existentes en un sistema de gravedad son:

Fuente de abastecimiento de agua.

"La fuente de abastecimiento es el depósito natural de agua utilizado por el sistema para abastecerse del agua que distribuye entre población de la comunidad" (USAID, 2016, pág. 12).

Aguas superficiales.

Son aquellas que corren libremente por la superficie del suelo en el momento de ser utilizadas. Estas pueden ser de:

- Ríos.
- Lagos.
- Acequias (USAID, 2016, pág. 12).

Captación.

Es el conjunto de obras que permiten recoger el agua en su estado natural, desde la fuente (USAID, 2016, pág. 17).

Cámara desarenadora.

Es la estructura que permite retener el material grueso y en especial las arenas, detritos que ingresan al sistema (USAID, 2016, pág. 24).

Conducción

Es un conjunto de elementos que permiten transportar el agua desde la captación hacia el tratamiento (USAID, 2016, pág. 26).

Tratamiento.

Es el conjunto de unidades, que cumplen procesos específicos para potabilizar el agua (INEN, 1997). Las unidades dentro de un tratamiento de un sistema a gravedad pueden incluir:

a) Aeración:

   Permite la incorporación de oxígeno en el agua, así como la eliminación de gases no deseables, mediante procesos físicos.

b) Sedimentación:

   Es el asentamiento y separación de partículas que se encuentran suspendidas en el agua.

c) Prefiltración:

   Tiene por finalidad, disminuir la turbiedad del agua, hasta un nivel donde pueda trabajar la siguiente unidad (filtro lento) sin problemas

d) Filtración:

   Tiene como finalidad quitar las partículas y microorganismos que no fueron retenidos en los procesos anteriores. Es la retención de partículas y microorganismos que no fueron separados y eliminados en procesos anteriores. Utilizan un medio filtrante, compuesto principalmente por arena.

e) Desinfección:

> Es un proceso mediante el cual se elimina los microorganismos y agentes infecciosos, por medio de la aplicación directa de productor adecuados (USAID, 2016, pág. 40).

Reserva.

Consiste en almacenar agua en las horas de menor consumo, con el fin de equilibrar el gasto en las horas de mayor demanda y casos de emergencia (USAID, 2016, pág. 16).

Distribución.

Es todo el sistema de tuberías, válvulas y accesorios que permite entregar al consumidor el agua potable, desde la unidad de tratamiento (USAID, 2016, pág. 33).

Conexiones domiciliarias.

Es el conjunto de elementos (tubería, accesorios y / o medidor) que entregan el agua al consumidor desde la red de distribución (USAID, 2016, pág. 37).

A continuación, se presenta la descripción de sus partes constitutivas, así como una guía para Operación y mantenimiento en cada uno de los componentes en el sistema a gravedad.

Captación.

La captación de aguas superficiales puede efectuarse de lagos, ríos, acequias, etc., los problemas que se presentan con mayor frecuencia son:

- Aumento violento del cauce, aguas arriba de la captación, después de las fuertes lluvias.
- Arrastre de troncos y rocas que pueden afectar la estructura.
- Erosión en las áreas cercanas a las bases del muro de la presa en las laderas, como consecuencia del empuje de las aguas.
- Erosión de la protección del cauce del río, aguas abajo del muro como consecuencia de la energía desarrollada por las aguas que pasan el vertedero y que tienden a socavar la base el muro.
- Retención en la rejilla de captación de materiales (grava, hojas, etc.) que no pudieron ser arrastrados por el agua en su paso, y que pueden dar origen al crecimiento de algas en la pared anterior a la presa (USAID, 2016, pág. 19).

Operación.

Es necesario que el operador verifique todos los días el caudal que llega al tanque de reserva, mediante observación visual. Si se mantiene dicho caudal en el régimen normal, se considerará que la operación es adecuada (USAID, 2016, pág. 20).

En función de lo anterior, el operador del sistema debe realizar las actividades indicadas en el cuadro siguiente en forma sistemática.

Tabla 29 Actividades en la operación de la captación.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Diario	1 hora	• Observar el caudal que llega al tanque de almacenamiento. Si nota disminución, inspeccionar las obras de desarenación y presa. • Toma de captación y conducción a fin de detectar y corregir las deficiencias que encuentre.
Variable	Variable	• Manipuleo de válvulas, según la frecuencia a establecer con el promotor de operación y mantenimiento.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Condiciones de funcionamiento.

Estando la estructura de captación en servicio las válvulas o compuertas deberán mantenerse en las siguientes posiciones:

- La de salida de la captación a la conducción, abierta.
- La de limpieza cerrada.

Encontrándose la estructura fuera de servicio, sea para limpieza o para reparación se mantendrán las válvulas o compuertas en las siguientes posiciones:

- La de salida de la captación a la conducción, cerrada.
- La de limpieza, abierta.

Mantenimiento.

Dentro de las actividades regulares de mantenimiento, se deben efectuar labores periódicas de limpieza, para lo cual el operador pedirá la colaboración de la Junta y la comunidad (USAID, 2016, pág. 21). En casos necesarios procederá oportunamente a efectuar las siguientes acciones:

- Avisar a la Junta de la interrupción del servicio.
- Conseguir personal adicional necesario, para la actividad programada
- Tener listo el equipo de trabajo
- Cortar el servicio de distribución cuando sea necesario en horas de bajo consumo
- Cerrar la válvula de salida a la conducción al inicio de la jornada de trabajo y abrir la válvula o la compuerta de limpieza.

Por consiguiente, se presentan las principales actividades de mantenimiento:

Tabla 30 Actividades de mantenimiento en la captación.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Semanal	4 hora	L. Operador	• Inspección de la captación para limpieza de material sedimentado sobre rejilla y detectar problemas.
Trimestral	1 día	P. Promotor	• Limpieza de material depositado aguas arriba de las estructuras del sistema
Semestral	1 día	P. Promotor	• Control y mantenimiento de válvulas accesorios, compuertas, seguridades

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Semestral	1 día	P. Promotor	• Inspección general del sistema con el fin de llenar los formularios de O y M y detectar los problemas existentes
Anual	1 día	P. Promotor Operador + Comunidad	• Limpieza y arreglos para la buena conservación de las estructuras y / o instalaciones.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales Requeridos.

Palas, picos, barras, bailejo, cepillos metálicos, juegos de llaves, cemento, lubricantes, empaques.

Cámara Desarenadora.

Esta estructura como su nombre lo indica, sirve para eliminar la arena que arrastra el agua. La cantidad de arena que traen consigo las aguas, son máximas en las crecidas y mínimas en estiaje. Esto indica que un desarenador retendrá más arena en la época lluviosa que en la seca, lo que se traduce en períodos variables de llenado del espacio reservado para acumulación de arena retenida. De ahí que la frecuencia de la limpieza será diferente para cada sistema, y para cada época (USAID, 2016, pág. 24).

Tanto la operación como el mantenimiento, son simples pues no presentan mayor dificultad ni exigen mayor atención.

Operación.

En función de lo anterior, el operador del sistema debe realizar las actividades indicadas en el cuadro siguiente en forma sistemática.

Tabla 31 Actividades de operación en la cámara desarenadora.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Diaria	1 hora	Control del caudal que llega al tanque de reserva. De notar disminución inspeccionar la obra con el fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.
Variable	Variable	Manipuleo de válvulas, a fin de verificar que giren con facilidad y no existan obstrucciones en el desagüe.
Variable	Variable	Verificar si existe indicios de roturas, fisuras y fugas.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Mantenimiento.

A continuación, se presentan las principales actividades de mantenimiento para los diferentes niveles:

Tabla 32 Actividades de mantenimiento en la cámara desarenadora.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Mensual	2 horas	L. Operador	Limpieza del desarenador.
Trimestral	3 horas	P. Promotor	Inspección del estado de mantenimiento de la estructura.
Semestral	4 horas	P. Promotor L. Operador Comunidad	Limpieza y retoque del desarenador y cerramientos.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales Requeridos.

Machete, bailejo, juego de llaves, cemento, lubricante, empaque.

Tratamiento.

La desinfección se define como la eliminación de agentes infecciosos (bacterias y microorganismos patógenos), por medio de la aplicación directa de sustancias químicas en el agua (USAID, 2016, pág. 40).

El agua que se suministra a las comunidades rurales, debe reunir las condiciones de potabilidad y no basta que presente condiciones físico-químicas buenas, sino también que no contenga bacterias patógenas, es decir, bacterias que son peligrosas para la salud de los consumidores. Por tal motivo se procede a la desinfección de la misma, con el propósito de entregar a los consumidores el líquido vital, apto para el consumo humano (USAID, 2016).

Dosificador por erosión de tabletas o pastillas.

Este tipo de dosificación últimamente ha ido ganando un gran lugar en los sistemas de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales. Básicamente utilizan hipoclorito de calcio en presentación de calcio de alta concentración. Los equipos son de fácil manipulación y mantenimiento, además de ser baratos y duraderos (USAID, 2016).

“Las pastillas se disuelven gradualmente mientras fluye la corriente alrededor de ellas a una velocidad determinada. A medida que las pastillas se van diluyendo se reemplazan por otras nuevas que caen por gravedad en la cámara que comúnmente esta instalada en el tanque de almacenamiento” (USAID, 2016, pág. 43).

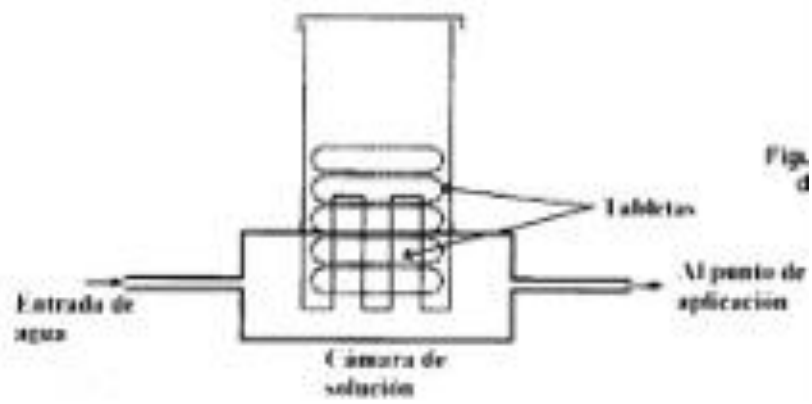

Ilustración 7. Dosificador por pastillas.
Fuente: (USAID, 2016).

Operación.

Las actividades de operación se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 33 Actividades de operación en el tratamiento.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Diaria	30 minutos	Control del caudal a ser clorado, medición de producto químico utilizado(pastillas)
Diaria	30 minutos	Control y registro del cloro residual.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Mantenimiento.

Las labores de mantenimiento a los diferentes niveles de indican en el cuadro siguiente:

Tabla 34 Actividades de mantenimiento en el tratamiento.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Semanal	2 hora	L. Operado	Limpieza de dosificadores.
Trimestral	3 horas	L. Operado	Inspección del sistema y equipos de control del cloro residual (cloro disponible en el agua).

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales requeridos.

Hipoclorito de calcio, comparador de cloro.

Reserva.

Los depósitos de almacenamiento, suelen clasificarse según los materiales con que están construidos, su funcionamiento, su ubicación con relación al sistema de distribución y sus formas. Todos ellos se operan y mantienen siguiendo los mismos principios, e inclusive los problemas que se presentan se refieren más las deficiencias de operación de válvulas y la falta de mantenimiento (USAID, 2016). Es necesario realizar adecuadamente la operación de válvulas y revisar las tuberías en la cámara de válvulas.

Operación.

Las labores del operador se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 35 Actividades de operación en la reserva.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Variable	1 hora	Operación de válvulas según régimen de servicio.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016)

Mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento se indican para los diferentes niveles en el cuadro siguiente:

Tabla 36 Actividades de mantenimiento en la reserva.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Semanal	1 hora	L. Operador	Mantener cerradas y aseguradas las tapas de inspección.
Mensual	2 horas	L. Operador	Limpieza de los sedimentos, sin ingresar al interior del tanque, manipulando la válvula de limpieza.
Mensual	2 horas	L. Operador	Limpieza y desbroce del área adyacente al tanque.
Trimestral	3 horas	L. Operador	Verificación del funcionamiento e inspección, mantenimiento, reparación de grietas o fugas.
Semestral	4 horas	L. Operador	Limpieza de los sedimentos ingresando al interior del tanque. Requiere lavado parcial y desinfección.
Semestral	4 horas	L. Operador	Revisar las condiciones sanitarias alrededor del tanque y corregirlas si es necesario.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Anual	1 día	Junta de agua	Revisión y funcionamiento de las válvulas y corrección si es necesario.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales requeridos.

Palas, balde, escoba, juego de llave, empaque, pintura, brocha, cloro, cemento, lubricante.

Distribución.

Por distribución se entenderá todo el sistema de tuberías accesorios y válvulas, desde el tanque de reserva hasta aquellas en las que se inician las conexiones domiciliarias (USAID, 2016, pág. 33).

Los problemas más generalizados en la distribución son los siguientes:

- Presiones débiles en las partes más altas, principalmente en las horas de máximo consumo. Este problema se agudiza cuando disminuye la producción de la fuente.
- Conexiones o interconexiones clandestinas domiciliarias, para cuya verificación de requiere de la inspección permanente de las viviendas.
- Válvulas del sistema de distribución en mal estado de funcionamiento.
- Roturas y fugas no detectadas y no reparadas.
- Olores y sabores desagradables en el agua, causados por falta de limpieza periódica y oportuna de los extremos de la red. Para evitar este problema, basta abrir por pocos minutos las válvulas de limpieza o de defecto las llaves interiores de la conexión intra domiciliaria más cercana al tramo en análisis.

Cajas de válvulas destruidas.

Operación.

Las labores de operación se orientan hacia el manipuleo de válvulas cuando se requiera, para la eficiencia del servicio (USAID, 2016, pág. 34).

Tabla 37 Actividades de operación en la distribución.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Variable	1 hora	• Operación de válvulas para distribución del agua, de acuerdo a la sectorización de la red y según lo requiera el servicio.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Mantenimiento.

Las labores de mantenimiento, para los diferentes niveles se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 38 Actividades de mantenimiento en la distribución.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Mensual	1 hora	L. Operador	• Apertura total por varias veces de las válvulas de limpieza en horas de menor consumo, para eliminar los depósitos.
Mensual	1 día	L. Operador	• Inspección de uso indebido, desperdicio, y conexiones clandestinas.
Mensual	1 día	L. Operador	• Inspección de fugas de la red y reparación inmediata. De ser el caso, pedir ayuda al promotor.
Trimestral	1 día	Junta de agua	• Inspección de la eficiencia del mantenimiento.
Eventual	1 día	L. Operador Comunidad	• Reparación de roturas.
Anual	1 día	L. Operador	• Revisión de válvulas.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales requeridos.

Juego de llaves, empaques, lubricante, cloro, palas, picos, barretas, tubería y accesorios.

Conexiones domiciliarias.

Definiciones.

La conexión domiciliaria generalmente utilizada un collar de derivación de la tubería principal o como accesorio una T (USAID, 2016, pág. 37).

Operación.

Las labores de operación se orientan hacia el cumplimiento de las siguientes actividades:

Tabla 39 Actividades de operación en las conexiones domiciliarias.

Frecuencia	Tiempo	Actividades
Variable	1 hora	• Operación de las llaves de paso, de acuerdo a los requerimientos.
Mensual	Variable	• Lectura de medidores.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).

Fuente: (USAID, 2016).

Mantenimiento.

Las labores de mantenimiento, para los diferentes niveles se indican en el cuadro siguiente:

Tabla 40 Actividades de mantenimiento en las conexiones domiciliarias.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Mensual	1 hora	L. Operador	• Realizar el mantenimiento de los medidores en el taller de reparación.
Mensual	1 día	L. Operador	• Medir pérdida de carga.
Mensual	1 día	L. Operador	• Inspección de fugas de la conexión domiciliaria. De ser el caso pedir ayuda al promotor.

Frecuencia	Tiempo	Responsable	Actividades
Trimestral	1 día	Junta de agua	• Inspección de la eficiencia del mantenimiento.

Elaborado por: (Chango y Erazo, 2020).
Fuente: (USAID, 2016).

Materiales requeridos.

Juego de llaves, empaques, lubricantes, cloro, palas, picos, barretas, tuberías y accesorios, tarrajas, llave de cadena, sierra.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

De acuerdo a los objetivos planteados donde se manifiesta en primer lugar sobre el análisis de la situación actual de abastecimiento del sistema de agua potable en la comunidad Chuwitayu, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza, se concluye que el estado de funcionamiento del sistema de agua potable es regular, lo que determina la construcción de un nuevo sistema de agua potable para lo cual es aplicable la propuesta planteada. Dicha conclusión basada en los informes técnicos proporcionados por los profesionales de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pastaza (EMAPAST EP), donde se manifiestas las inconsistencias existentes en cada uno de los componentes estructurales de cada elemento del sistema.

Por otra parte, en los que se refiere a desarrollar un plan de dotación de abastecimiento de agua potable para el consumo de los habitantes en la comunidad de Chuwitayu, donde dicho objetivo del plan tiene el alcance el análisis del agua, como también los cálculos de los parámetros de partida para el dimensionamiento de los sistemas de agua potable y el manual de operación y mantenimiento. Se concluye, en cuanto al análisis del agua en el laboratorio, los parámetros evaluados se encuentran en su gran mayoría dentro de los límites máximos permisibles, estableciendo que el agua con tratamiento previo es apta para el consumo doméstico. Además, en lo que respecta a los parámetros de partida permitirán implantar los cálculos obtenidos en el dimensionamiento del nuevo proyecto de agua potable en la comunidad. Por último, el manual de operación y mantenimiento permitirá encontrar soluciones a las posibles limitaciones del sistema, como también proporcionará de conocimientos básicos a todas las personas que se encuentren vinculados con el servicio de agua potable en la comunidad, de tal modo que se lleve a cabo un buen funcionamiento del sistema de agua potable.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda a los líderes comunitarios gestionar ante el gobierno municipal, los recursos para la construcción de esta planta, asimismo, al organismo que construya el sistema de abastecimiento de agua potable aplique estrictamente las especificaciones técnicas contenidas en este proyecto para garantizar la calidad y el buen funcionamiento del sistema.

- A la comunidad universitaria a través de los programas de vinculación con la sociedad, llevar capacitaciones periódicas a la comunidad beneficiaria en cuanto a un adecuado consumo y uso eficiente del servicio, de modo que los pobladores hagan conciencia de la importancia de tener un sistema nuevo.
- A los encargados del funcionamiento del sistema seguir todos los lineamientos del manual de operación y mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento implementado.
- Contratar a personal calificado para capacitar a la población de la comunidad para que la vida útil el sistema de agua potable dure más tiempo, ya que por desconocimiento de los procedimientos se opera de manera errónea.

6. Referencias.

Ana, G., & Pérez, J. (2012). *Definición.de*. Obtenido de https://definicion.de/biotico/

Bruni, M. (2018). *Sustainable sanitation and water management.* Obtenido de https://www.sswm.info/content/sedimentation

Cabrer, J. (2007). *Sustainable Sanitation and Water Management*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISS%202016.%20Captci%C3%B3n%20en%20r%C3%ADo.pdf

Carpio, T. (13 de Mayo de 2004). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.* Obtenido de /documents/14691/38155/Fósforo+Total+en+Agua+Método+del+Acido+Ascórbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2

CEC. (1992). *Código Ecuatoriano de Construcción.* Obtenido de https://archive.org/details/ec.cpe.5.3.1984

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (20 de Abril de 2020). *Biodiversidad Mexicana*. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/quees.html

Coppini, M. V. (2017). Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/habitat-nicho-ecologico/

COTAD. (Octubre de 2010). *Lexis.* Obtenido de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf

Coy, G. (28 de Diciembre de 2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.* Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb

Cuizanoa, N., Reyesa, U., Domingueza, S., Llanos, B., & Navarro, A. (Junio de 2010). *Scielo.* Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200002

Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco* . Lima: Fondo para el logro de los ODM.

Environmental Protection Agency. (01 de Enero de 2003). *clu-in.org*. Obtenido de https://clu-in.org/download/citizens/es_pumpntreat.pdf

FACSA. (23 de Enero de 2017). *FACSA*. Obtenido de https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/

FAO. (23 de marzo de 2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.* Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva, 11*(3), 147-170.

GADMP. (junio de 2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pastaza.* Obtenido de https://puyo.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/departamentos/planificacion/pdot/pdot-pastaza-2020-2030.pdf

Gardey, A., & Pérez, J. (2009). Obtenido de Definición.de: https://definicion.de/habitat/

Gardey, A., & Pérez, J. (2012). *Definición.de*. Obtenido de https://definicion.de/abiotico/

Gardey, A., & Pérez, J. (2015). *Definición.de*. Obtenido de https://definicion.de/polucion/

Gobierno de España. (Julio de 2010). *Risctox*. Obtenido de https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=614#:~:text=Las%20sustancias%20incluidas%20bajo%20la,de%20v%C3%ADas%20acu%C3%A1ticas%20de%20exposici%C3%B3n.

Gobierno de España. (2016). *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/que-es-vertido/

Gómez, L. (2020). *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).* Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6166/1/INDICADORES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20EXPOSIC.pdf

Goyenola, G. (01 de Febrero de 2007). *imasd.fcien.edu.uy*. Obtenido de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/temáticas/Conductividad.pdf

Herández, E., & Corredor, C. (Abril de 2017). *Repositorio Universidad Católica.* Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf

INEC. (2020). *Instituto Nacional de Estadística y Censos.* Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/

INEN. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf

Ingeniería Civil al día. (2020). Obtenido de http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/dos-metodos-para-la-estimacion-de-poblaciones-futuras/

Ingeo expert. (14 de Septiembre de 2018). *Ingeo Expert*. Obtenido de https://ingeoexpert.com/2018/09/14/tipos-de-ecosistemas/?v=3fd6b696867d

Isan, A. (17 de Agosto de 2020). Obtenido de Ecología Verde: https://www.ecologiaverde.com/biotopo-que-es-y-ejemplos-428.html

ITACA. (05 de Enero de 2018). *Instituto Técnico y Asesoría en Construcción de Agua*. Obtenido de https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%202%20Gravedad/Manual%20Abastecimiento%20Agua%20Potable%20por%20gravedad%20con%20tratamiento.pdf

Jersyn, B. (22 de Diciembre de 2013). *Sanitarios Perú.* Obtenido de http://sanitariosperu.blogspot.com.co/2013/12/fuentesde-abastecimiento-de-agua.html

Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físicos- químicos de calidad de las aguas. En *Gestión Ambiental* (págs. 12-19). Madrid.

Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI.* La Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Knight, E. (17 de Mayo de 2020). *Orenda Technologies*. Obtenido de https://blog.orendatech.com/blog-espanol/que-es-la-alcalinidad

Lecca y Lizama. (1 de Enero de 2014). *Redalyc.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf

López, R. (2004). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Abastecimiento del agua. Tratamiento del agua.* Bogotá – Colombia: E. Colombiana de ingeniería.

Lozada, P., Vélez, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Una revista crítica*, 8(15), 3.

MAE. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente.* Quito: Lexis.

Marin, L. (2011). Remoción De Hierro Y Manganeso Por Oxidación Con Cloro Y Filtración En Grava. *Postgrado en ingenieria sanitaria y ambiental.* Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Ministerio de Vivienda. (18 de Junio de 2014). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-deagua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-aguapotable

Ministerio del Ambiente. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente.* Quito: Lexis.

Moreno, A. (09 de Junio de 2011). *mailxmail.com.* Obtenido de http://www.mailxmail.com/curso-agua-conceptos-generales/propiedades-agua

Norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. (2014). *Secretaría del Agua.* Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf

OMS. (Noviembre de 2015). *Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud.* Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/facts2004/es/

OMS. (12 de Julio de 2017). *Organización Mundial de la Salud.* Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation

Ortega, L., Vidal, L., & Sandra, V. (14 de Agosto de 2008). *Scielo.* Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf

Padrillo, B. (12 de Junio de 2016). *iagua*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable

Payeras, A. (7 de Septiembre de 2011). *Bonsai Menorca*. Obtenido de http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/

PDOTSB. (Septiembre de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Simón Bolívar.* Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1660011960001_PD%20Y%20OT%20GADPR%20SIM%C3%93N%20BOL%C3%8DVAR_30-10-2015_19-31-05.pdf

Peraza, R., & Delgado, V. (2012). Redalyc. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 137-144.

Pradillo, B. (12 de Septiembre de 2016). *iagua*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable

Raffino, M. E. (13 de Junio de 2020). Obtenido de Concepto.de: https://concepto.de/aire/

Raffino, M. E. (16 de Junio de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de https://concepto.de/agua/

Raffino, M. E. (10 de Octubre de 2020). *Concepto.de*. Obtenido de https://concepto.de/agua/

Ramírez, L., Durán, M., García, J., Hernández, R., & Grande, M. (2008). *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.* Obtenido de http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf

Ramírez, R. (2015). *El deber estatal de satisfacer la necesidad básica de acceso al agua potable: cómo el servicio público de acueducto garantiza el derecho social fundamental de acceso al agua potable.* Colombia.

RAS. (2000). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_

RAS. (14 de Julio de 2003). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf

RAS. (4 de Diciembre de 2013). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo%20C%20-%20Dic%204%202013.pdf

Responsabilidad social empresarial y sustentabilidad. (15 de Abril de 2018). Obtenido de Responsabilidad social empresarial y sustentabilidad: https://www.responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/

SANITRON. (12 de Junio de 2019). *Ingeniería de purificación*. Obtenido de https://www.sanitronec.com/tratamiento-de-agua/tratamiento-de-agua-potable/

Secretaría del Agua. (2010). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.* Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf

SEDAPAL. (2015). *Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.* Obtenido de http://www.sedapal.com.pe/Contenido/licitaciones/LPI003-2011-JICA KFW/L

Serrano, R. (2008). Hacia un modelo teórico-metodológico para el análisis del desarrollo, la sostenibilidad y el turismo. *Economía, sociedad y territorio*, 313-355.

Significados.com. (13 de Abril de 2015). *Significados.com*. Obtenido de https://www.significados.com/ozono/

Significados.com. (24 de Abril de 2018). *Significados.com*. Obtenido de https://www.significados.com/ambiente/

Soto, J. (16 de Febrero de 2020). *Greenpeace*. Obtenido de https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4074/deforestacion-que-es-quien-la-causa-y-por-que-deberia-importarnos/

Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. (1997). *Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-2.pdf

Trisolini, I. (2009). *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales.* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52699300/Manual_de_agua_potable_en_poblaciones_rurales.pdf?1492626547=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManual_de_agua_potable_en_poblaciones_ru.pdf&Expires=1612920845&Signature=eikda6MQmO2w6urGkFipoc

TULSMA. (23 de marzo de 2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.* Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Ucha, F. (Agosto de 2009). *DEfinición ABC*. Obtenido de https://www.definicionabc.com/ciencia/tratamiento.php

UNICEF. (2018). *Ecuador en Cifras.* Obtenido de Agua, Saneamiento e Higiene. Medición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador.: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf

USAID. (2016). *Sustainable Sanitation and Water Management*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/USAID%202016.%2

0Manual%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20agua%20por%20gravedad..pdf?fbclid=IwAR1lUpqNQQFCg87RBXe6rTL324nExUvMQBZ-z3CGjd4ugwfF6M-OTehfgpU

Vara, A. (2015). *Los 7 pasos para elaborar una tesis.* Lima, Perú: Editorial.

Water Boards. (06 de Junio de 2020). *Water Boards*. Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf

Water, H. (2011). *Hunter water corporation.* Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16362/1/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Witt, V. M., & Reiff, F. M. (1993). *La desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales.* Division de Salud y Ambiente.

7. Anexos.

7.1 Análisis de laboratorio.

	INFORME DE RESULTADOS **ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS** 17025-RG-SAP-05-05	Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°OAE LE C 14-001

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	ING. OSWALDO CAJAMARCA	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	1501071
DIRECCIÓN:	Puyo, Simón Bolívar	TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda
PERSONA DE CONTACTO	Sr. Oswaldo Cajamarca	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Cliente
TELÉFONO DE CONTACTO:	0002744873	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	29-01-2015 / 13:10 H
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	Puyo, Simón Bolívar	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	27/01/2015
LUGAR DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA:	Vertiente - Chowitaya F	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	05/03/2015
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sr. Oswaldo Cajamarca	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	29-01-2015 / 8:40 HORAS	Humedad (%):	42
		Temperatura (°C):	21,2

ANALISIS REALIZADOS

PARÁMETROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	NORMA INEN 1108 - 2011 PARA AGUA POTABLE Valor máximo permitido	LIMITES MÁXIMOS TULAS (para aguas que requieren ser sometidas a tratamiento)	LIMITES MAXIMOS TULAS (para aguas que únicamente requieren desinfección)	RESULTADOS
COLOR REAL*	U Pt Co	APHA - 2120-C	15	100	20	12,8
TURBIDEZ	NTU	APHA - 2130-B	5	100	10	3,48
Pt		APHA - 4500-H-B	-	de 6 a 9	de 6 a 9	7,34
NI CALIMIDAD*	mg/l	APHA - 2320-B	-	-	-	20,8
CALCIO*	mg/l	APHA - 3500-Ca-D	-	-	-	8,24
CARBONATOS*	mg/l	Calculo	-	-	-	0
DUREZA TOTAL*	mg/l	APHA - 2340-C	-	300	500	6,34
HIERRO*	mg/l	HACH-8008	-	1	0,3	8,00
NITRATOS*	mg/l	HACH-8039	50	10	10	3,76
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS*	mg/l	APHA - 2510-B	-	1000	500	28
SULFATOS*	mg/l	APHA - 4500-SO4-E	-	400	250	0

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

	INFORME DE RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS 17025-RG-SAP-05-06	Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación Nº OAE LE C 14-001

Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE		DATOS GENERALES	
CLIENTE:	ING. OSWALDO CALDERON C.	CODIGO DE IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	1901064
DIRECCION:	Piqto. Shiripo Bolivar	TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda
PERSONA DE CONTACTO:	Sr. Oswaldo Calderon	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Cliente
TELÉFONO DE CONTACTO:	0993754870	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	27-01-2019 / 14:15
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	Piqto. Shiripo Bolivar	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	27/01/2019
LUGAR DONDE SE TOMO LA MUESTRA:	MATRIZ - Chontapuro 1	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	06/02/2019
RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	Sr. Oswaldo Calderon	CONDICIONES AMBIENTALES:	
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	27-01-2019 / 7:40 HORAS	Humedad (%):	s/i
		Temperatura (°C):	20 c

ANALISIS REALIZADOS

Parámetros	Unidades	Método Utilizado	Límites máximos permisibles para agua potable – Tabla 1	Límites máximos permisibles para aguas que mantienen una relación directa con actividades pecuarias	Límites máximos permisibles para aguas que mantienen una relación directa con actividades agrícolas	Resultados
COLIFORMES TOTALES*	UFC/100ml	APHA - 9222 C	< 1	1000	5000	1
COLIFORMES FECALES*	UFC/100ml	APHA - 9222 C	< 1	200	1000	1

*Los análisis marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE

Parámetros Acreditados	Rangos de Acreditación	Incertidumbre expresada del método	Límite de cuantificación	Nombre de Referencia del Método
Cloro Residual	0,01 - 2,0 mg/l	20%	0,01 mg/l	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 4500-Cl G
Conductividad	50 a 1500	15%	10 µS/cm	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 2510 B
Cloruros	2,00 - 1.000 mg/l	20%	0,01 mg/l	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 4500-Cl B
Nitrogeno Total	1,00 - 100	20%	0,05 mg/l	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 4500-N C
pH	4,00 - 10,00	10%	0,01	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 4500 - H B
Turbidez	0,00 - 4,0	5%	0,01	17025-RG-SAP-05-01 Método de Referencia: Standard Methods 2130 B

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA QUE SE HA SOMETIDO A ENSAYO [MUESTRA PUNTUAL]
EPEMSAPAL NO SE RESPONSABILIZA DEL ORIGEN DE LA MUESTRA, TRANSPORTACION DE LA MISMA Y EXACTITUD DE LOS DATOS DADOS POR EL CLIENTE.

FIRMAS RESPONSABLES RESPONSABLES:

Ing. Jonathan Falcón
ANALISTA DE LABORATORIO

Ing. Jaime Hidalgo
RESPONSABLE TECNICO

Laboratorio de Control de Calidad - EMSAPAL - Av. Malecón y Calle 10 de Agosto - Tel. 2300