UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

"DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA"

AUTOR:
NANCY SUSANA BORJA COBA

TUTOR
MSc. RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

PUYO - ECUADOR

2020-2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe Borja Coba Nancy Susana con C.I. 050356021-1, hace constar que es autor del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: “Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón cantón Pangua”, 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 24 días del mes de febrero del 2021



Borja Coba Nancy Susana

CI: 050356021-1

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: “Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón cantón Pangua”.



Firmado electrónicamente por:
REINER ABREU

PhD. Reinier Abreu
Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
MARIO JORGE BONILLA CHANGO

Ms. Sc. Jorge Bonilla
Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
PATRICIO FABIAN NARANJO DELGADO

M. Sc. Patricio Naranjo
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: "DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA" ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 1 %.

En el cantón Pastaza, a los 21 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, Borja Coba Nancy Susana, declaro que el presente proyecto de investigación, es de autoría propia 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 autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



BORJA COBA NANCY SUSANA

No. Cédula: 050356021-1

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme un día más de vida, por darme la salud y permitirme dar un paso más en mi formación académica.

Agradezco a mi familia, por ser ese pilar fundamental, por el apoyo incondicional brindado todos estos años de preparación Universitaria.

A José Paredes por demostrar que aparte de ser mi pareja, mi compañero es un buen amigo, un gran ser humano que ha estado siempre presente estos últimos años apoyándome.

A mi querida Universidad Estatal Amazónica por abrirme sus puertas y poder estudiar mi carrera y como no a los docentes que forman parte de ella que con esmero y dedicación aportan con sus conocimientos para nuestro aprendizaje. En especial a quien fue mi director de proyecto de investigación MS.c Rubén Ledesma por guiarme en este trayecto investigativo.

Por último, quiero agradecer a tan noble institución GAD Municipal De Pangua por brindarme información relevante para llevar a cabo mi proyecto de titulación.

Nancy Susana Borja Coba

DEDICATORIA

Lleno de amor y alegría dedico este trabajo a mis padres, Raúl Borja y Nancy Coba por ser mi motivación de seguir adelante, cómo no sentirme orgullosa de tenerlos a mi lado si son pieza clave de mi felicidad y de mi energía, gracias por estar presentes en las buenas y en las malas, por no dejarme sola en momentos difíciles, gracias por esos valores inculcados, por todo el amor entregado, este trabajo lo dedico a ustedes que son quienes me llenan de felicidad en medio de la tristeza.

A mis queridos hermanos Cristian y Salome por darme su apoyo, su tiempo, su paciencia, por ser mis mejores amigos.

Con amor a mi pequeña familia de tan noble y gran corazón.

Nancy Susana Borja Coba

RESUMEN

La falta de conocimiento de cómo operar y mantener en buenas condiciones una planta de tratamiento de agua potable es uno de los problemas que causa un ineficiente servicio en lo que se refiere a calidad, abastecimiento y presión. Por lo tanto, el presente proyecto tiene como objetivo diagnosticar y proponer un manual de operaciones y mantenimiento para el mejor funcionamiento y eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón cantón Pangua. Para lograr cumplir el objetivo se analizó cada uno de sus componentes desde la captación hasta las conexiones domiciliarias analizando sus estructuras, los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda y tratada mediante una investigación exploratoria mixta documental, mediante normativas y levantamiento de información en las oficinas del municipio, utilizando como instrumento entrevistas a funcionarios y operadores encargados de la planta, encuestas dirigidas a la población con la finalidad de conocer la percepción de la calidad del agua potable que consumen, los resultados obtenidos indican que las fuentes de abastecimiento no presenta mayor contaminación sin embargo sus estructuras de las captaciones y la planta requieren limpieza general, los parámetros medidos cumplen con las normativas vigentes; en los resultados de las encuesta la población sugiere el mejoramiento en el mantenimiento y calidad del agua, La escaza limpieza y mantenimiento de las captaciones, las unidades de la planta y las redes de distribución genera que el servicio de agua potable a la población no sea tan eficiente, resultado que se ha visto reflejado en la encuesta de satisfacción aplicada a la población del casco urbano de la parroquia el Corazón, siendo importante la aplicabilidad del manual de operaciones y mantenimiento.

.

Palabras clave: calidad del agua, diagnóstico, manual, mantenimiento, operación

ABSTRACT

Lack of knowledge of how to operate and maintain a drinking water treatment plant in good condition is one of the problems that causes inefficient service in terms of quality, supply and pressure. Therefore, the objective of this project is to diagnose and propose an operations and maintenance manual for the best operation and efficiency of the drinking water treatment plant of the parish of El Corazón in Pangua canton. To achieve the objective, each of its components was analyzed from the catchment to the household connections, analyzing their structures, the physical, chemical and microbiological parameters of the raw and treated water through a mixed documentary exploratory investigation, through regulations and information gathering in the municipal offices, using as an instrument interviews with officials and operators in charge of the plant, surveys directed at the population in order to know the perception of the quality of the drinking water they consume, the results obtained indicate that the supply sources do not present greater contamination, however, its catchment structures and the plant require general cleaning, the measured parameters comply with the regulations, but in the results of the survey the population suggests an improvement in the maintenance and quality of the water, The scarce cleaning and maintenance of the catchments, units of the plant and the distribution networks generates that the drinking water service to the population is not as efficient, a result that has been reflected in the satisfaction survey applied to the population of the urban area of the parish of El Corazón, being important the applicability of the operations and maintenance manual.

Keywords: water quality, diagnosis, manual, maintenance, operation

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.3 OBJETIVOS 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos 4

1.4 JUSTIFICACIÓN 5

CAPITULO II 6

2 FUNDAMENTACION TEÓRICA 6

2.1 Antecedentes 6

2.2 Marco teórico 7

2.2.1 Definición de agua potable 7

2.2.2 Definicion de agua cruda 7

2.2.3 Sostenibilidad del agua potable 7

2.2.4 Tratamiento de agua potable 7

2.2.5 Planta de tratamiento de agua 8

2.2.6 Procesos unitarios de una planta tipo convencional 8

2.2.7 Sedimentación 9

2.2.8 Filtración 9

2.2.9 Desinfección 9

2.2.10 Tanque de almacenamiento 10

2.2.11 Conducción por gravedad 10

2.2.12 Calidad del agua 10
2.2.13 Características físicas 10
2.2.13.2 Potencial de hidrogeno (pH) 11
2.2.14 Características químicas 12
2.2.15 Requisitos microbiológicos 12
2.2.16 Manual de operaciones 13
2.2.17 Normas de calidad de agua 13
MARCO LEGAL 14
CAPITULO III 23
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 23
3.1 Localización 23
3.1.1 Limites 23
3.1.2 Clima 24
3.1.3 Población 24
3.1.4 Red vial 24
3.2 Puntos de captaciones de agua 25
3.3 Información general del municipio 26
3.4 Tipo o diseño de la investigación 27
3.4.1 Alcance de la investigación 27
3.4.2 Diseño de la investigación 27
3.4.3 Enfoque de la investigación 28
3.5 Método de la investigación 29
3.5.1 Fuentes primarias 29
3.5.2 Fuentes secundarias 30
3.5.3 Población 30

3.5.4 Muestra y muestreo 31
3.5.5 Numero de encuestas 31
3.5.6 Técnicas de recolección de datos 33
CAPITULO IV 35
4 RESULTADOS 35
4.1 Información general levantada 35
4.1.1 Fuentes de abastecimiento 35
4.1.2 Unidades operacionales 39
4.1.3 Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable 42
4.1.4 Diagnóstico de la red de distribución 51
4.1.5 Diagnóstico de las conexiones domiciliarias 51
4.1.6 Diagnóstico del Laboratorio 52
4.1.7 Personal de planta de tratamiento de agua potable 54
4.2 Resultado de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y comparativa con las normativas vigentes. 55
4.2.1 Temperatura 56
4.2.2 Potencial Nitrógeno (pH) 57
4.2.3 Color 59
4.2.4 Turbiedad 60
4.2.5 Sólidos disueltos totales 62
4.2.6 Conductividad 63
4.2.7 Nitratos 65
4.2.8 Nitritos 67
4.2.9 Color libre residual 67
4.2.10 Coliformes fecales 69

4.2.11 Coliformes totales 70
4.3 Resultados de las encuestas 70
4.3.1 Los resultados del tamaño de la muestra son los siguientes: 71
4.4 Manual de operación y mantenimiento 78
4.4.1 Introducción 78
4.4.2 Definiciones 79
4.4.3 Responsabilidades 79
4.4.4 Sistema de agua potable 82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 108
REFERENCIAS 109
ANEXOS 116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Parámetros analizados en el laboratorio 34
Tabla 2-4: Caudales de las vertientes y captaciones 35
Tabla 3-3: Dimensiones del floculador y sedimentador 44
Tabla 4-4: Resultados de los análisis de la temperatura del agua cruda y del agua tratada 55
Tabla 5-4: Resultados de los análisis del pH del agua cruda y del agua tratada 56
Tabla 6-4: Resultados de los análisis del color en el agua cruda y el agua tratada 58
Tabla 7-4: Resultados de los análisis de la turbiedad en el agua cruda y el agua tratada 59
Tabla 8-4: Resultados de los análisis TDS en el agua cruda y el agua tratada 61
Tabla 9-4: Resultados de los análisis de la conductividad en el agua cruda y el agua tratada 63
Tabla 10-4: Resultados de los análisis de nitratos en el agua cruda y el agua tratada 64
Tabla 11-4: Resultados de los análisis de nitritos en el agua cruda y el agua tratada 66

Tabla 12-4: Resultados de los análisis realizados del cloro residual en el agua tratada . 67
Tabla 13-4: Resultados de los análisis de coliformes fecales en el agua cruda y el agua tratada..... 68
Tabla 14-4: Resultados de los análisis de coliformes totales en el agua cruda y el agua tratada..... 69
Tabla 15-4: Datos conocidos sobre los censos realizados en Ecuador y la proyección.. 70
Tabla 16-4: Mantenimiento preventivo de la captación..... 83
Tabla 17-4: Mantenimiento correctivo de la captación..... 86
Tabla 18-4: Operación para las tuberías de aducción y conducción..... 86
Tabla 19-4: Mantenimiento preventivo de las líneas de aducción y conducción 87
Tabla 20-4: Mantenimiento correctivo de las líneas de aducción y conducción 87
Tabla 21-4: Mantenimiento preventivo de la cámara rompe presión y válvulas 89
Tabla 22-4: Mantenimiento correctivo de la cámara rompe presión y válvulas..... 90
Tabla 23-4: Operación del desarenador 91
Tabla 24-4: Mantenimiento del desarenador..... 92
Tabla 25-4: Mantenimiento correctivo del desarenador 93
Tabla 26-4: Operación de la mezcla rápida..... 94
Tabla 27-4: Mantenimiento preventivo de la mezcla rápida..... 95
Tabla 28-4: Operación del floculador 95
Tabla 29-4: Mantenimiento preventivo del floculador 96
Tabla 30-4: Operación del sedimentador 96
Tabla 31-4: Mantenimiento preventivo del sedimentador 96
Tabla 32-4: Mantenimiento correctivo del sedimentador..... 97
Tabla 33-4: Operación de los filtros lentos..... 98
Tabla 34-4: Mantenimiento preventivo de los filtros lentos..... 98
Tabla 35-4: Mantenimiento correctivo de los filtros lentos..... 99
Tabla 36-4: Operación de la desinfección..... 101
Tabla 37-4: Mantenimiento preventivo de la desinfección..... 101
Tabla 38-4: Operación en el tanque de almacenamiento 102
Tabla 39-4: Mantenimiento en el tanque de almacenamiento 102
Tabla 40-4: Operación de las redes de distribución..... 104

Tabla 41-4: Mantenimiento preventivo de las redes de distribución 105
Tabla 42-4: Mantenimiento correctivo de las redes de distribución 105
Tabla 43-4: Operación de las conexiones domiciliarias 107
Tabla 44-4: Mantenimiento preventivo de las conexiones domiciliarias..... 107
Tabla 45-2. Requisitos físicos y químicos del agua para el consumo humano..... 116
Tabla 46-2. Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano 117
Tabla 47-2. Químicos orgánicos 117
Tabla 48-2. Químicos Inorgánicos..... 118
Tabla 49-2.Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico 118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Vía del barrio Muligua 24
Figura 2-2. Puntos de las captaciones de agua..... 25
Figura 3-3. Organigrama estructural del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pangua..... 26
Figura 4-4. Captación De La Vertiente Langaló..... 36
Figura 5-4. Estructura de la captación de Langaló..... 37
Figura 6-4. Captación el Tingo 38
Figura 7-4. Cajón Recolector de las Vertientes 39
Figura 8-4. Captación Yasaucho..... 39
Figura 9-4. Tanque desarenador de Cushina..... 39
Figura 10-4. Cámara de válvulas y tanques rompe presión 40
Figura 11-4. Tubería de conducción de Langaló 41
Figura 12-4. Apuntalamiento de tubería de conducción 41
Figura 13-4. Reparación Inadecuada en la Tubería 41
Figura 14-4. Tubería de la Conducción de Cushina..... 41
Figura 15-4. Vista Aérea De La Planta De Tratamiento De Agua Potable..... 42

Figura 16-4. Vista del tanque de reserva y casetas en el año 2012 42
Figura 17-4. Aplicación del coagulante en el canal Parshall 44
Figura 18-4. Canal Parshall y vista del floculador 44
Figura 19-3. Floculador y sedimentador 44
Figura 20-4. Ingreso del Agua hacia los filtros 45
Figura 21-4. Vista de los filtros antiguos 46
Figura 22-4. Tubería de recolección de agua filtrada 46
Figura 23-4. Raspado de la arena de los filtros 46
Figura 24-4. Sustancia rojiza en los filtros 47
Figura 25-4. Vista de los dos filtros 47
Figura 26-4. Material producto del raspado de los filtros 47
Figura 27-4. Lavado de la arena. 48
Figura 28-4. Caseta De Post cloración 48
Figura 29-4. Adición del hipoclorito del calcio 48
Figura 30-4. Cámaras de válvulas 49
Figura 31-4. Abertura de la tubería 50
Figura 32-4. Tubería de entrada de agua a la PTAP 50
Figura 33-4. Deterioro del piso de la PTAP 50
Figura 34. Tanque De Reserva de 400m^3 50
Figura 35-4. Tuberías de hierro entre las calles 51
Figura 36-4. Reparaciones de la Conexión Domiciliaria con Alambre y Ligas 52
Figura 37-4. Reparación de la Conexión sin Seguridad 52
Figura 38-4. Incubadora 53
Figura 39-4. Medidor del pH 54
Figura 40-4. Turbidímetro y Espectrofotómetro 54
Figura 41-4. Gráfico comparativo de la temperatura con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A 56
Figura 42-4. Gráfico comparativo del pH con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A 57
Figura 43-4: Gráfico comparativo del color con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A 59

Figura 44-4. Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A. 60
Figura 45-4: Gráfico comparativo de los sólidos disueltos totales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A. 62
Figura 46: Gráfico comparativo de la conductividad con respecto a la norma Internacional OMS. 63
Figura 47-4. Gráfico comparativo de nitratos con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A. 65
Figura 48-4. Gráfico comparativo de nitritos con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A. 66
Figura 49-4. Gráfico comparativo del cloro residual con respecto a la norma INEN 1108:2020 67
Figura 50-4: Gráfico comparativo de coliformes fecales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A. 68
Figura 51-4. Gráfico comparativo de coliformes totales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A. 70
Figura 52-4: Pregunta 1 de la encuesta 72
Figura 53-4: Pregunta 2 de la encuesta 72
Figura 54-4: Pregunta 3 de la encuesta 73
Figura 55-4: Pregunta 4 de la encuesta 73
Figura 56-4: Pregunta 5 de la encuesta 74
Figura 57-4: Pregunta 6 de la encuesta 74
Figura 58-4: Pregunta 7 de la encuesta 75
Figura 59-4: Pregunta 8 de la encuesta 75
Figura 60-4: Pregunta 9 de la encuesta 76
Figura 61-4: Pregunta 10 de la encuesta 76
Figura 62-4: Pregunta 11 de la encuesta 77
Figura 63-4: Pregunta 12 de la encuesta 77
Figura 64-4: Pregunta 13 de la encuesta 78

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El acceso de agua potable sostenible es absolutamente esencial para el mantenimiento de la vida, genera impactos directos e indirectos, mejora las condiciones de calidad de vida y se reconoce como un derecho humano fundamental para la vida humana, el suministro de agua segura en cantidad y calidad suficiente es de vital importancia para promover condiciones sanitarias adecuadas, proteger la salud de la población y fomentar su desarrollo (ENCA, 2016).

Es así que Ecuador asume la implementación de la agenda 2030 mediante decreto ejecutivo No. 371, de 19 de abril de 2018, el presidente ratificó el compromiso nacional de adoptar la agenda 2030 como política pública asumiendo el reto de alcanzar metas comunes, que permitan asegurar una vida digna para todas las personas, dentro de ello el objetivo seis de los 17 Objetivos del desarrollo Sostenible (ODS) Agua limpia y saneamiento.

En el año 2018 Ecuador logra disponer el acceso de la red pública de agua en un 80,2 % de hogares, además de contar con iniciativas importantes como el programa "Misión Agua y Saneamiento para Todos", cuyo propósito es garantizar agua y saneamiento con calidad, cantidad y continuidad (STPS, 2019).

La creación de proyectos destinados a mejorar y ampliar la cobertura sanitaria, ha cobrado mayor relevancia en la gestión institucional por lo que el gobierno Nacional reconoce la importancia de proyectos de agua potable, para mejorar la calidad de vida de las familias (EP, 2017).

Por ello resulta importante que para obtener agua de calidad de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) se realice un adecuado tratamiento de potabilización, haciéndose imprescindible ejecutar una buena operación y mantenimiento de cada uno de los procesos que conforman la PTAP. Al efecto, para que ello sea posible es importante que se cuente con el personal capacitado, adecuado manual de operación y mantenimiento y los equipos necesarios.

Las acciones del manejo y mantenimiento de la planta debe estar basada en manuales de operación y mantenimiento; en muchas ocasiones no se presta la atención necesaria a la misma , por lo que es delegada a la responsable de la operación como su exclusiva

responsabilidad, deslindando al resto de la organización de estas tareas teniendo como consecuencia una disminución de la vida útil de las infraestructuras, siendo una fuente de permanente conflictividad, donde implica gastos para la organización y prestar un servicio deficiente a las personas beneficiarias del suministro de agua potable (OCSAS, 2012).

Un manual de operación y mantenimiento es un documento indispensable, que tiene como finalidad facilitar cada proceso para la potabilización del recurso vital, desde su captación hasta los tanques de almacenamiento finalizando en la red de distribución; debido a que la calidad del agua que se consume en una localidad está determinada entre otros factores , por la calidad de la fuente, el tratamiento que se aplica para potabilizarla, el estado de las instalaciones físicas y de los equipos, la disponibilidad de los recursos necesarios para el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento y la disponibilidad de personal para operar y mantener adecuadamente dichas instalaciones.

En este contexto la Parroquia el Corazón cuenta con una planta de tratamiento de agua potable que se encarga en suministrar agua tratada a la población urbana siendo la Coordinación de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio del Cantón Pangua, misma que debe garantizar la calidad del recurso basándose en los estándares de normativas; sin embargo la institución al no contar con un manual de operación y mantenimiento para la PTAP se han desempeñado en su labor realizando planificaciones semanales para cumplir con su objetivo de trabajo.

Por tal motivo este proyecto está enfocado en la elaboración de un manual de operaciones y mantenimiento, documento que permitirá un adecuado manejo de los recursos dentro de la planta, donde se detalle conceptos y responsabilidades de acuerdo al cargo en la operación y mantenimiento; el cual deberá estar periódicamente sometido a revisiones para actualizarlo de acuerdo a las necesidades existentes en cada momento.

Para la elaboración del manual se realiza un diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable de la Parroquia el Corazón donde nos permita conocer la situación y la operación actual, los tratamientos con lo que cuenta para el proceso de potabilización y los resultados de los análisis físico- químicos que se realiza, de tal manera que se proceda al cumplimiento de los de lineamientos dentro del marco de la legalidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Históricamente en la Parroquia el Corazón, Cantón Pangua contaba con un sistema de agua potable que ha servido a sus pobladores por más de 50 años, habiendo cumplido así su vida útil, es por ello que en el año 2009 se mejoró el sistema de agua potable que se encontraba sin funcionamiento elevando la cantidad de familias beneficiadas a 535 (FIEDS, 2017). Según GAD PANGUA (2018) "la cobertura de agua en su cabecera cantonal es de un 94%", se conoce que debido al crecimiento poblacional la planta no abastece de agua potable a una parte del barrio Muligua debido a que la distribución del agua es por gravedad y al desnivel que existe entre la planta y el barrio, el cual forma parte del casco urbano de la parroquia. Por medio de fuentes primarias se ha podido constatar que la planta de tratamiento de la parroquia el Corazón Cantón Pangua cuenta con ciertas unidades operacionales que no funcionan de manera eficiente debido a varios factores: los años de antigüedad de la planta, la falta de mantenimiento en el tiempo que pasó sin funcionamiento, además actualmente no cuentan con un manual de operaciones y mantenimiento que le permita operar y dar mantenimiento preventivo y correctivo de manera adecuada; estos problemas en conjunto dificultan el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable dando paso al deterioro de las infraestructuras y reducción de su vida útil, que puede dar como consecuencia la entrega de un agua que no cumpla con los parámetros básicos de calidad establecidos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Proponer un manual de operaciones y mantenimiento mediante el análisis de los procesos operativos para optimizar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón, cantón Pangua.

1.3.2 Objetivos específicos

- Efectuar un diagnóstico del sistema de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón.
- Analizar las unidades operacionales del sistema de tratamiento con los parámetros físico-químicos y microbiológicos con normativas vigentes.
- Elaborar un manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Ser parte de la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano a través de un debido tratamiento (potabilización) es un derecho fundamental para el bienestar de las familias, en la actualidad las propiedades del agua varían en dependencia de diversos factores que influyen de manera directa o indirecta; con el presente proyecto de titulación se pretende cooperar con los numerales tres y seis de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) propuesto por la UNU en 2015, que tratan de salud y bienestar; agua limpia y saneamiento respectivamente (ONU, 2015).

Dotar de agua al 100% al casco urbano de la parroquia será de gran ayuda para velar por la salud de la población, además de ser un aporte para cumplir con los ODS antes mencionados. Una planta de tratamiento de agua potable debe contar con un manual de operaciones y mantenimiento debido a que es un documento indispensable que permitirá llevar el buen funcionamiento y durabilidad de la planta; bajo un diagnóstico y análisis del mismo se procura realizar un manual de operaciones con la finalidad de llevar una adecuada planificación y ejecución que asegure las acciones fundamentales la calidad de los procesos y poder ser sostenibles tanto en organización como infraestructura, el manual ayudará a que los acciones a realizarse sean los correctos, una adecuada operación y mantenimiento pueden ser garantía de bridar un servicio de calidad.

CAPITULO II

2 FUNDAMENTACION TEÓRICA

En este capítulo se detalló los antecedentes que tiene el proyecto de investigación y las bases teóricas, que son los conceptos básicos en el que se basa el diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable, como son las unidades operacionales y los parámetros de calidad de agua potable, de igual manera se fundamenta conceptos básicos que comprende la elaboración de un manual de operaciones y mantenimiento.

2.1 Antecedentes

Desde tiempos remotos la provisión de agua era primordial por lo que en el transcurso de los años uno de los desafíos de la rama de ingeniería es dar soluciones a los avances en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP); el incremento poblacional cada vez va en aumento, así como las principales necesidades de servicios básicos como es el agua potable de calidad.

Según EPMAPS (2020) desde la época colonial se comienzan a establecer normas regulatorias sobre el manejo del agua en Quito, siendo el Congreso de la República en el año 1902 quien inició las construcciones de abastecimiento de agua potable conformando la primera junta de agua y canalización en Quito; en el año 1960 se creó la Empresa Municipal de Agua Potable dando inicio a importantes obras de abastecimiento.

En la actualidad las plantas de tratamiento de agua potable han ido avanzando de acuerdo a las necesidades que se van presentado; existen dos tipos de plantas la convencional y compacta cada una se construye dependiendo las condiciones del sector; en una planta de tratamiento es necesario realizar un diagnóstico donde permita conocer las condiciones en las que opera y el funcionamiento de la misma, para dar soluciones algún problema detectado.

Las plantas de tratamiento desde su construcción cuentan con un manual de operaciones y mantenimiento que le permiten llevar el buen funcionamiento de la planta tanto a los operadores como al profesional encargado, documento debe mantenerse en constante actualización de acuerdo a los cambios existentes, sin embargo la planta de tratamiento del Municipio del cantón Pangua no cuenta con un manual, debido a que la construcción tiene aproximadamente 30 años de los cuales no entro en funcionamiento rápido y se mantuvo en precarias condiciones en cuanto a infraestructura.

El GAD Municipal del cantón Pangua presta el servicio de agua potable a la parroquia el Corazón sector urbano el cual cuenta con una planta tipo convencional siendo el departamento de Coordinación de agua potable y alcantarillado el encargado de dotar de agua de calidad a la población. Según el encargado del departamento antes mencionado la institución no poseen los planos de la planta y tampoco un manual de operaciones y mantenimiento por tal motivo el presente proyecto pretenderá realizar una propuesta de un manual de operaciones y mantenimiento, ya que es un documento esencial que toda institución debería contar para tener una mejor comprensión de las labores que se deben realizar en la planta de tratamiento; el mantenimiento de la misma ayudará a que la vida útil de la planta sea más prologada.

2.2 Marco teórico

*2.2.1 **Definición de agua potable***

Se conoce como agua potable al agua que podemos consumir que sea inocua, agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (INEN, 2020).

2.2.2 Definicion de agua cruda

El agua cruda o también conocida como manantial es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas (INEN, 2014).

2.2.3 Sostenibilidad del agua potable

Un sistema de agua y saneamiento es sostenible cuando suministra la cantidad deseada de servicio, a lo largo de la vida útil proyectada, brindando un servicio de calidad y eficiencia tanto económica como ambiental, el cual puede ser financiado o cofinanciado por sus usuarios con un mínimo moderado de apoyo externo y asistencia técnica, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al ambiente (Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017, p. 26).

2.2.4 Tratamiento de agua potable

Para dar inicio al proceso de potabilización comienza con la captación de agua cruda, la cual puede provenir de aguas subterráneas o de fuentes hídricas que se encuentren en la superficie como ríos o nevados, dado que Ecuador posee una cuenca hidrográfica muy

grande, las empresas de tratamiento de agua potable realizan sus captaciones principalmente desde tomas de estos ríos, de esta manera realizar los procesos necesarios con el agua captada y proceder a potabilizarla (Vásconez Endara & Zurita Armendáriz, 2016).

Según Vásconez Endara & Zurita Armendáriz (2016) los suministros de agua deben cumplir con tres requisitos.

- Suficiente para cubrir requerimientos presentes y futuros
- Disponibles caudales y presiones para satisfacer las máximas demandas
- Calidad apropiada para el uso

2.2.5 Planta de tratamiento de agua

Existen diferentes conceptos de la planta de tratamiento de agua

Arrieta Lozano (2019) afirma lo siguiente "Una planta de tratamiento de agua potable es un sistema concebido para mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua. De modo que sea posible su uso para el aprovechamiento de las diversas facetas de la sociedad" p48. También OCSAS (2012) afirma de manera similar "El sistema de agua potable es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población de forma continua y con una cantidad y presión suficiente a fin de garantizar un servicio adecuado a los usuarios" p57.

2.2.5.1 Planta de tipo convencional

La planta de tratamiento tipo convencional "Son aquellos comúnmente utilizados para el tratamiento del agua, tales como la mezcla, floculación, sedimentación, filtración y desinfección" (INEN, 1992, p. 122).

2.2.6 Procesos unitarios de una planta tipo convencional

2.2.6.1 Floculación

La floculación es el proceso que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y que las partículas se aglomeren con el fin de aumentar el tamaño llamado floculo así adquieran un mayor peso y sean fácilmente decantables (Andía Cardenas, 2000). De la misma manera el mismo autor Andía Cardenas (2000) menciona que los factores que influyen en la floculación son las características del agua sean físicas y químicas, el tiempo de floculación y la intensidad de mezcla.

2.2.7 Sedimentación

En este proceso consiste en promover las condiciones para el reposo del agua, con la finalidad de que mediante la fuerza de gravedad las partículas que han sido floculadas se puedan remover las partículas en suspensión más densas (CEPIS OPS, 2004).

Según Maldonado Yactayo (2005) los factores que influyen en la sedimentación son la calidad del agua, las condiciones hidráulicas y la coagulación -floculación.

2.2.8 Filtración

El proceso de filtración es uno de los más frecuentes empleados en potabilizar aguas superficiales, consiste en hacer pasar el agua por un medio filtrante (poroso) por lo general es de arena, este proceso se utiliza cuando las aguas son claras o para dar un final de pulimiento en el caso de aguas turbias (CONAGUA, 2007).

Según Maldonado (2005) los factores que influyen en la filtración son las características de la suspensión, características del medio filtrante y las características hidráulicas.

2.2.9 Desinfección

La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potable siempre es la desinfección la función principal de este proceso es completar la remoción de microorganismos patógenos que no han quedado retenidos en los filtros además de servir de protección contra la contaminación que se puede dar en la distribución, así asegurar la buena calidad del agua (Romero, 2009).

Según Barrenechea Martel & de Vargas (2009) los factores que influyen en la desinfección son los microorganismos presentes, la naturaleza y concentración del agente desinfectante, la temperatura del agua, la naturaleza y calidad del agua, el pH y el tiempo de contacto.

De la misma manera Barrenechea Martel & de Vargas (2009) detalla los tipos de desinfección químicos como es el ozono que viene siendo un gas ligeramente azul formado por tres moléculas de oxígeno este tipo de desinfección al ser eficiente se lo considera mejor que el cloro como desinfectante por lo que requiere un tiempo menor de contacto y la dosis varía según la calidad; el cloro es un desinfectante muy potente y es el más utilizado en las PTAP por su fácil dosificación y su costo conveniente, dentro del cloro tenemos al dióxido de cloro es un gas muy oxidante que necesita ser fabricado en el propio lugar donde se lo emplea debido a que no se puede ser transportado en estado líquido.

Dentro de las más usadas están:

- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio

2.2.10 Tanque de almacenamiento

El tanque almacenamiento es una estructura que permite almacenar cierta cantidad de agua limpia para atender situaciones de emergencia, mantener las presiones de servicio en la red de distribución y compensar las variaciones de los consumos de agua que se producen el día, de tal manera satisfacer la demanda de la población (Peña Rodríguez, 2019).

2.2.11 Conducción por gravedad

La conducción es el componente que conforma en un sistema de agua es decir al conjunto integrado de tuberías a través del cual permite el transporte ya sea desde la captación hasta la planta de tratamiento, al tanque de reserva o directamente a la red de distribución (Rivera Barriga, 2018).

2.2.12 Calidad del agua

Hay muchos factores que interviene para determinar la calidad del agua posee características físicas, químicas y bacteriológicas que definen la misma por lo que hay una gran cantidad de definiciones sobre "calidad del agua" los conocimientos sobre la calidad del agua han evolucionado a través del tiempo a medida que ha aumentado sus diferentes usos y han mejorado los métodos aplicar para analizar e interpretar sus características.

Para purificar el agua es necesario someterla a diferentes procesos dependiendo el nivel de contaminación del agua cruda, en América Latina se cuenta varios organismos que tiene la labor el establecer y hacer que se cumplan los estándares de calidad y la normatividad en calidad de agua para su consumo como agua potable (Jiménez Jiménez & Sabogal Jiménez, 2017).

2.2.13 Características físicas

2.2.13.1 Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión coloides (arcillas, limo, tierra) estas partículas que conforman los sistemas coloidales de acuerdo a su tamaño se encuentran suspendidas de manera que el agua hace que se vea menos clara. La medición de la turbidez se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro y se expresa como unidades nefelometrías de turbiedad (UTN) (Lima Uchupaille & Pugo Plaza, 2017).

2.2.13.2 Potencial de hidrogeno (pH)

El pH se refiere a la medida de la concentración de los iones hidrógeno en el agua, a mayor concentración de este parámetro el agua cambia su naturaleza, puede ser más acida o alcalina, el agua que se obtiene de fuentes naturales tiene un pH que varían entre los 6 y 8 (Ricardo & Amaya, 2019).

2.2.13.3 Color

El color puede estar ligada a la turbiedad del agua o puede presentarse independientemente si esté o no turbia existen muchos métodos para la remoción del color entre uno de los principales tenemos por medio de coagulación (Lima Uchupaille & Pugo Plaza, 2017)**.**

2.2.13.4 Sólidos totales disueltos

Los sólidos disueltos es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, proveniente en las aguas superficiales y subterráneas es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua; este parámetro permite ser un indicador de la calidad del agua, es decir si los TDS sobrepasan los rangos establecidos por la Norma INEC el agua presenta una apariencia turbia (Carbotecnia, 2021).

2.2.13.5 Conductividad eléctrica

La conductividad es la capacidad de una solución para transportar electricidad. Pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente, cuando presenta una alta conductividad significa que contiene materiales ionizantes; la medición de la conductividad indica la concentración iónica de la muestra de agua y la unidad de medida que se utiliza en las normas es micro Siemens/cm (uSiems/cm) (Rodríguez Zamora, 2009).

2.2.13.6 Temperatura

La temperatura es un parámetro físico termodinámico más importantes en el agua debido que este parámetro influye en el retardo o aceleración de la actividad microbiológica generando cambios importantes en poblaciones bacterianas también tiene influencia en la química del agua variando su densidad, su capacidad de adsorción de oxígeno y en la formación de depósitos; la temperatura se mide en grados (°C) y el Acuerdo Ministerial No.

097-A estable el criterio de calidad de condición natural + 0-3 grados (Cama Luque & Huasco Cuchaca, 2019).

2.2.14 Características químicas

El agua al ser un solvente universal puede contener cualquier elemento químico. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo (Ricardo & Amaya, 2019).

2.2.14.1 Nitritos y Nitratos

Los nitritos y nitratos causan graves daños a la salud y estos pueden encontrarse en altos contenidos en el agua de consumo, la presencia de estos es originada por diferentes actividades antrópicas y muy en particular por actividades agrícolas; los nitritos y nitratos son compuestos solubles; los nitritos generalmente se convierten a nitrato (García López, López Bastida, & Castro Perdomo, 2020).

2.2.14.2 Cloro residual

La INEN 1108:2014 define “cloro remanente en el agua de al menos 30 min de contacto”.

2.2.15 Requisitos microbiológicos

Los parámetros microbiológicos son indicativos de la contaminación orgánica y biológica, este tipo de contaminación es más difícil de controlar a diferencia de la química o física, los tratamientos en el proceso biológico deben estar regulándose constantemente, las bacterias coliformes son los indicadores con los que más comúnmente se mide la calidad del agua. (Apella & Araujo, 2008)

2.2.15.1 Coliformes Fecales

“Se definen como todos aquellos bacilos cortos, Gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos capaces de fermentar la lactosa con ácido y gas e 24-48 horas” (Sandoval, Gabriela, & Carlos, 1991, p. 8). Son un subgrupo de las bacterias coliformes totales, tiene las mismas propiedades, excepto que toleran y crecen en un lapso de 24-48 horas a 44.5°C ± 2°C, la medición de estos coliformes es un indicador por materia de origen fecal y son de interés clínico por tal motivo el agua debe estar libre de bacterias fecales (Lima Uchupaille & Pugo Plaza, 2017).

2.2.15.2 Coliformes totales

Las bacterias coliformes se encuentran con mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo en “los coliformes totales incluyen todos los coliformes de cualquier origen (Escherchia, Klebsiella, Enterobacter, citrobacter y Edwarsiella) todas pueden existir como saprofitas independientemente excepto el género Escherichia cuyo origen es solo fecal”. (Apella & Araujo, 2008, p. 48)

2.2.16 Manual de operaciones

Es un documento guía autorizada donde se da a conocer los procesos fundamentales las actividades a realizar en el mantenimiento correctivo y preventivo que permita operar mantener en buenas condiciones el sistema de tratamiento de agua potable (Montenegro, 2017).

2.2.16.1 Fontanero

Es la persona encargada de realizar todas las labores relacionadas con la supervisión, operación y mantenimiento de las redes de distribución del acueducto, corte y reconexiones del servicio, haciendo uso correcto distintos tipos de herramientas, manuales y equipos con el objetivo de dar cumplimiento con su oficio y compromiso de trabajo (López Nuñez & Jimenez Sabogal, 2016).

2.2.17 Normas de calidad de agua

Las normas de calidad son las características que deben cumplir el agua para que sean aptos para el consumo. En Ecuador, la calidad del agua potable está regulada por la norma NTE INEN 1108:2020, Agua Potable, sexta revisión, donde estable los parámetros físicos-químicos, sustancias, inorgánicas, radioactivas y microbiológicas. Y el acuerdo Ministerial No. 097-A, donde estable los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (MAE, 2015). (VER ANEXO A).

MARCO LEGAL

La constitución de la Republica de Ecuador 2008

Constitución de la República del Ecuador publicada en el Registro oficial 449 20-oct-2008, modificado 01-ago-2018.

Artículo 3 "Son deberes primordiales del Estado" título 1, de los principios Fundamentales numeral 1: "garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes." (CONST, 2008, art 3).

Título II Derechos

Artículo 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (CONST, 2008, art 12).

Artículo 54.- De la constitución de la república de Ecuador dispone que: las personas o entidades que presten servicios públicos o que produzcan o comercialicen bienes de consumo, serán responsables civil o penalmente por la deficiente prestación del servicio, por la calidad defectuosa del producto, o cuando sus condiciones no estén de acuerdo con la publicidad efectúa o con la descripción que incorpore (CONST, 2008, art 54).

Ley Orgánica de Salud

Ley orgánica de salud, codificación Registro Oficial suplemento 423 de 10-sep-2004, modificado: 18-dic-2015.

Capítulo I

Art. 96.- Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano. Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las fuentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua. La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con otros organismos

competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano. A fin de garantizar la calidad e inocuidad, todo abastecimiento de agua para consumo humano, queda sujeto a la vigilancia de la autoridad sanitaria nacional, a quien corresponde establecer las normas y reglamentos que permitan asegurar la protección de la salud humana (Asamblea General del Ecuador, 2015, art 96).

Ley de gestión Ambiental Capítulo V Instrumentos de aplicación de normas ambientales

Ley de gestión ambiental, codificación Registro Oficial suplemento 418 de 10-sep-2004, estado vigente.

Artículo 33.- Establecen como instrumentos de aplicación de normas ambientales de calidad de parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento (N° 650 Ley De Gestión Ambiental, Codificación , 2004, art 33).

Reglamento a la ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua Reglamento a la ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 483 de 20-abr.-2015.

Libro primero, Título I, **Capitulo II**

Art 8.- La Agencia de Regulación y Control del Agua ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua (N° 650 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamineto Del Agua, 2015, art 8).

Título Tercero Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua

Art 33.- Funciones del Consejo Intercultural y Pluricultural del Agua: Literal b) Realizar el control social sobre la garantía y ejercicio del derecho humano al agua y su distribución equitativa (N° 650 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamineto Del Agua, 2015, art 33).

Título IV Planificación hídrica

Art 37.- El estado y los gobiernos Autónomos Descentralizados deberán sujetarse a los planes regulados en este título en lo que respecta al ejercicio de sus competencias. Igualmente, los planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca con ámbito de Demarcación hidrográfica vincularan a las entidades dedicadas a la prestación de servicios comunitarios relacionados con el agua en su ámbito territorial (N° 650 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamineto Del Agua, 2015, art 37).

Libro tercero Título I, Capítulo I

Art 83.- Clases de usos. - De acuerdo con lo previsto en el artículo 318 de la Constitución, el recurso hídrico se destinará para; consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas (N° 483 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua, 2015, art 83).

Libro cuatro Título I Tarifas **Capítulo I** Distribución de competencias

Art 113.- Corresponde a la Secretaría del Agua establecer los parámetros generales para la fijación de las tarifas por la prestación de los servicios públicos de agua potable, saneamiento, riego y drenaje a aplicarse por los prestadores del servicio para la fijación de las mismas (N° 650 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamineto Del Agua, 2015 art 113).

Código Orgánico del Ambiente (COA)

Código Orgánico del Ambiente (COA), Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017, estado vigente.

Libro primero Título II

Artículo 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. Literal 4) la conservación preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico (Código Orgánico Del Ambiente, 2017, art 5).

Título II Capítulo II

Art 27.- Facultades de los gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. Literal 10) Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido. Literal 16) Establecer tasas vinculadas a la obtención de recursos destinados a la gestión

ambiental, en los términos establecidos por la Ley Cuando el Gobierno Descentralizado Provincial tenga la competencia, los Gobiernos Autónomos Municipales o Metropolitanos de la misma provincia solo ejercerán estas facultades en la zona urbana (Código Orgánico Del Ambiente, 2017, art 27).

Art 84.- Tipos de servicios ambientales. Literal 1) Servicio de aprovisionamiento.

Libro tercero de la calidad ambiental, Título I Disposiciones generales

Articulo 159.- El diseño la elaboración y la aplicación de las normas ambientales deberán garantizar la calidad de los componentes físicos de ambiente, con el propósito de asegurar el buen vivir y los derechos de la naturaleza (Código Orgánico Del Ambiente, 2017, art 159).

Título II Sistema único de manejo ambiental **Capítulo I** Del régimen institucional

Art 160.- Las competencias ambientales a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados se ejercerán de forma coordinada y descentralizada, con sujeción a la política y normas nacionales de calidad ambiental (Código Orgánico Del Ambiente, 2017, art 160).

Art 161.- Criterios y normas técnicas. La autoridad Ambiental Nacional, deberá dictar actualizar periódicamente los criterios y normas técnicas que garanticen la calidad ambiental y de los componentes bióticos y abióticos, así como los límites permisibles; para ellos coordinará con las autoridades nacionales competentes (MAE, 2017, art 161).

Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD)

Código orgánico de organización territorial (COOTAD), Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010, modificado: 23-oct.-2018.

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

> d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley; e) Crear, modificar, exonerar o suprimir mediante ordenanzas, tasas, tarifas y contribuciones especiales de mejoras (COOTAD, 2018, art 27)

Artículos 57.- En los literales a), c) el ejercicio de la facultad normativa **e**n las materias de competencia del Gobierno Autónomo Descentralizado municipal, mediante expedición de ordenanzas cantonales, acuerdos y resoluciones; c) Crear, modificar, exonerar o extinguir tasas y contribuciones especiales por los servicios que presta y las obras que ejecute (COOTAD, 2018, art 57).

Reglamento al Código Orgánico del ambiente (RCOA)

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA), Decreto Ejecutivo 752, Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019, estado vigente.

Título II Planificación del Desarrollo y Ordenamiento Territorial

Art 4.- Criterios ambientales territoriales literal k) Garantizar la provisión de bienes y servicios ambientales generados por los ecosistemas dentro de cada jurisdicción, considerando la planificación territorial, sectorial y descentralizada. Literal l) Incorporar el enfoque ecosistémico y de paisajes, por sobre los límites jurisdiccionales, en la planificación y gestión del territorio, dentro del cual, se promoverán alianzas interinstitucionales que aseguren la conservación, protección, restauración, uso y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, art 4).

Art 5.- Lineamientos técnicos para el ordenamiento territorial literal b) Evaluar los patrones de uso, calidad, cantidad y el estado de conservación de los bienes y servicios ambientales. Literal i) Definir los planes, programas y proyectos para implementar medidas de conservación, restauración, uso y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural, así como medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, con indicadores de seguimiento y evaluación, en concordancia con la normativa aplicable (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, art 5).

Capítulo II Comités nacionales ambientales Sección 1a

Art 14.- Atribuciones del Comité Nacional de Patrimonio Cultural. Literal c) Coordinar lo relativo al cumplimiento interinstitucional de la normativa nacional e internacional aplicable a la conservación in situ y ex situ (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, art 14).

Capítulo VI Disposiciones generales

Art 457.- Diagnóstico ambiental. - Los operadores que se encuentren ejecutando obras, proyectos o actividades sin autorización administrativa, deberán presentar a la Autoridad Ambiental Competente un Diagnóstico ambiental y, de ser necesario, su respectivo plan de acción para subsanar los incumplimientos normativos identificados, conforme a la norma técnica expedida para el efecto por la Autoridad Ambiental nacional (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, art 457).

Titulo VI Servicios Ambientales **Capítulo I** Disposiciones Generales

Art 248.- Los servicios ambientales producen beneficios directos o indirectos a la población, y son provistos por los ecosistemas naturales o intervenidos. Se consideran servicios ambientales los resultados que se generan de la conservación, mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas y ciclos vitales de la naturaleza (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, art 248).

Art 249.- Los ecosistemas pueden proveer varios servicios ambientales y, sin perjuicio de otras definiciones y clasificaciones que la Autoridad Ambiental Nacional expida, se reconocen los siguientes tipos y características de servicios ambientales. Literal a) Servicios de aprovisionamiento: la provisión de todo tipo de bienes tangibles, tanto de recursos naturales renovables como no renovables, de uso actual o futuro, tales como: agua, madera, alimentos, minerales, entre otros. Literal b) Servicios de regulación: los servicios derivados del funcionamiento de los procesos de los ecosistemas, sin pasar por procesos de transformación antrópica, y resultan vitales para la supervivencia del ser humano, tales como los procesos para mantener la calidad, del agua (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019).

Art 253.- La Autoridad Ambiental Nacional o los Gobiernos Autónomos Descentralizados, mediante la firma de convenios, establecerán los mecanismos de contratación o acuerdo entre prestadores y beneficiarios. Literal f) Generación o regulación de agua cruda (N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente, 2019, 253).

Ministerio del Ambiente y Agua

Acuerdo Ministerial Nro. MAAE-2020-001

Art 4.- Delegar al director de la normativa y control ambiental en representación del señor de Ministro de Ambiente y Agua ejecute atribuciones como: Literal c) desarrollar

instrumentos técnicos que permitan dimensionar la problemática de contaminación ambiental (estudios, monitoreos, inventarios). Literal d) controlar de la contaminación ambiental en base a las leyes, normas de calidad, normas de emisión, reglamentos (N° MAAE 001 Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, art 4).

Art 7.- Delegar a la Subsecretaría de Recursos Hídricos en representación del señor de Ministro de Ambiente y Agua ejecute atribuciones como: Literal f) Otorgar autorizaciones para el uso o aprovechamiento de agua de acuerdo a las competencias otorgadas por el Ministerio de Ambiente y Agua. Literal g) Dirigir cobros y tarifas por el usos o aprovechamiento del agua. Literal k) Coordinar el manejo de conflictos en el ámbito del sector agua, en concordancia con las políticas y normas establecidas por las autoridades competentes. Literal I) Emitir el aval a los proyectos de agua potable y saneamiento presentados por los gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales en Territorio. Literal m) Gestionar el funcionamiento de la infraestructura multipropósito existente en la demarcación. Literal n) Establecer políticas, normas unidades hidrográficas referidas a la administración de los recursos hídricos, calidad del agua, balance hídrico y la gestión de los proyectos hidráulicos. Literal r) Normar los estándares de calidad del agua en coordinación con la subsecretaría de calidad Ambiental (N° MAAE 001 Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, art 7).

Art 9.- Delegar al director de Fomento de Agua Potable en representación del señor de Ministro de Ambiente y Agua ejecute atribuciones como: Literal a) elaborar la política relativa a la gestión del agua potable y saneamiento. Literal b) Emitir normativa relacionada con los servicios de agua potable y saneamiento (N° MAAE 001 Ministerio del Ambiente y Agua, 2020, art 9).

Art 11.- Delegar al director de Agua Potable y Saneamiento en representación del señor de Ministro de Ambiente y Agua ejecute atribuciones como: Literal a) Supervisar la implementación de la Política pública, estrategias y lineamientos técnicos de agua potable y saneamiento. Literal c) Fortalecer a los prestadores de servicio público y comunitario mediante asistencia técnica en el ámbito de agua potable y saneamiento (N° MAAE 001 Ministerio del Ambiente y Agua, 2020)

Normas

Acuerdo Ministerial 97, Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015.

- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Acuerdo Ministerial No. 097-A.

Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

Norma NTE INEN 1108 Registro Oficial Edición Especial No. 475 de 01-abr-2020.

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 sexta revisión. Agua para consumo humano. Requisitos

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.

Esta Norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en el ANEXO A (Ministerio del Ambiente, 2015).

Agencia nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria – ARCSA

Normativa Técnica Sanitaria sobre prácticas correctivas de higiene Registro Oficial 609 de 16-oct – 20145, estado vigente.

Art 10.- Los servicios. a) Abastecimiento de agua

1) Debe disponer de un abastecimiento suficiente y continuo de agua potable, con instalaciones apropiadas para su almacenamiento como tanques y reservorios con tapa. 2) El agua debe ser segura manteniendo las propiedades definidas en la normativa vigente respectiva y en caso de no pertenecer a la red pública, deberá estar sujeta a análisis físico-químicos (color, turbiedad, olor, sabor, cloro residual, pH y microbiológicos (coliformes fecales) que aseguren su inocuidad. 3) Se deberá realizar loa análisis físico-químicos y microbiológicos una vez al año en un laboratorio acreditado por el organismo correspondiente (ARCSA, 2015, art 10).

Ordenanzas Municipales

GAD PANGUA (2017) La reforma a la ordenanza sustitutiva que regula el servicio y el cobro de las tasas por la dotación de agua potable y alcantarillado del cantón Pangua. El Corazón.

Artículo 2.- Se declara de uso público los sistemas de distribución de agua potable y evacuación de desechos líquidos del Cantón Pangua, facultando su aprovechamiento a las personas naturales y/o jurídicas, con su objeción a las prescripciones de la presente ordenanza (GAD MUPAN), 2017, art 2).

Artículo 5.- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cantón Pangua, a través de la Unidad de Coordinación de Agua Potable y Alcantarillado, será la encargada de proveer, administrar y tarifar por los indicados servicios (GAD MUPAN), 2017, art 5).

Capítulo V De la Administración

Artículo 57.- La administración, operación, mantenimiento y extensiones de los sistemas de agua potable y/o alcantarillado del Cantón, estarán a cargo de la Coordinación de Agua Potable y Alcantarillado de la Municipalidad (GAD MUPAN), 2017, art 57).

Artículo 61.- La Coordinación de Agua Potable y Alcantarillado será responsable ante el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Pangua por la eficiencia de los servicios de Agua Potable y/o Alcantarillado, para lo cual presentara a la máxima autoridad ejecutiva y/o a las entidades rectoras que rigen esta materia, los respectivos informes sobre la marcha de la Coordinación, en forma semestral, para que esta tome las medidas correspondientes (GAD MUPAN), 2017, art 61).

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Balestrini (2000), señala que el marco metodológico es la estructura sistemática desde la recolección de datos hasta el análisis de la información con la finalidad de presentar e interpretar los resultados obtenidos de la investigación.

3.1 Localización

El Cantón Pangua pertenece a la provincia de Cotopaxi y su parroquia del área de estudio es el Corazón, se ubica al Norte centro del Cantón, en el declive externo de la cordillera Occidental de los Andes a una altitud de 1500 m.s.n.m. el diagnóstico del Proyecto se realizará en **l**a Planta de tratamiento de agua potable que se encuentra ubicada al Oriente de la ciudad el Corazón, en el barrio Muligua a una altura de 1580 m.s.n.m. Las coordenadas UTM son de la proyección WGS84 en la zona 17M, Este 714024, Norte 9874303.

3.1.1 Limites

Al norte: Cantón Pujilí

Al sur: Cantón Guaranda

Al este: Cantón La maná

Al Oeste: Cantón Quinsaloma



Figura 1-2. Localización de la zona de estudio
fuente: Realizado por: Susana B

3.1.2 Clima

El cantón Pangua está dividido por tres zonas: zona alta, zona media y zona baja, la parroquia el Corazón se encuentra en la zona media, es de clima templado, la temperatura en este espacio oscila entre los 15 y 20 °C. Tiene una precipitación anual que va desde 600 a 2000 mm/año.

3.1.3 Población

Pangua tiene una población de 21.965 habitantes; está organizado territorialmente en parroquias y 117 comunidades siendo la parroquia el Corazón su cabecera cantonal, las parroquias rurales son Moraspungo, Pinllopata y Ramón Campaña. En este proyecto el área de estudio está comprendida por el sector urbano de la Parroquia el Corazón siendo su distribución en un 7%; de acuerdo al censo de población y vivienda del INEC 2010 tiene una población de 1649 habitantes INEC (2010).

Actualmente 2145 habitantes en una zona de 42 hectáreas de extensión territorial.

3.1.4 Red vial

La cabecera cantonal El Corazón consta de 5 tipos de rodadura siendo estos el asfalto, adoquín, lastre, tierra y escalinatas, en el barrio Muligua sector donde se encuentra ubicado la planta de tratamiento de agua potable tiene un tipo de rodadura lastre considerada según el GAD PANGUA (2018) en estado regular como se ve en la figura.



Figura 1-3. Vía del barrio Muligua
Fuente: Susana Borja

3.2 Puntos de captaciones de agua

La planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón se alimenta de 3 vertientes mismas que se presentan en el mapa los puntos de las captaciones, las cuales se encuentran a una distancia lineal desde la captación a la planta de: Captación de Langaló 4.4 km, con una Longitud de 9872202 y Latitud de 717924 UTM, captación El Tingo 1.3 km, a una Longitud 9873512, Latitud 715144 UTM y la captación de Yasaucho con una distancia de 1.2 km, a una Longitud de 9874110 y Latitud de 715254 UTM.



Figura 2-2. Puntos de las captaciones de agua
fuente: Realizado por: Susana B

3.3 Información general del municipio

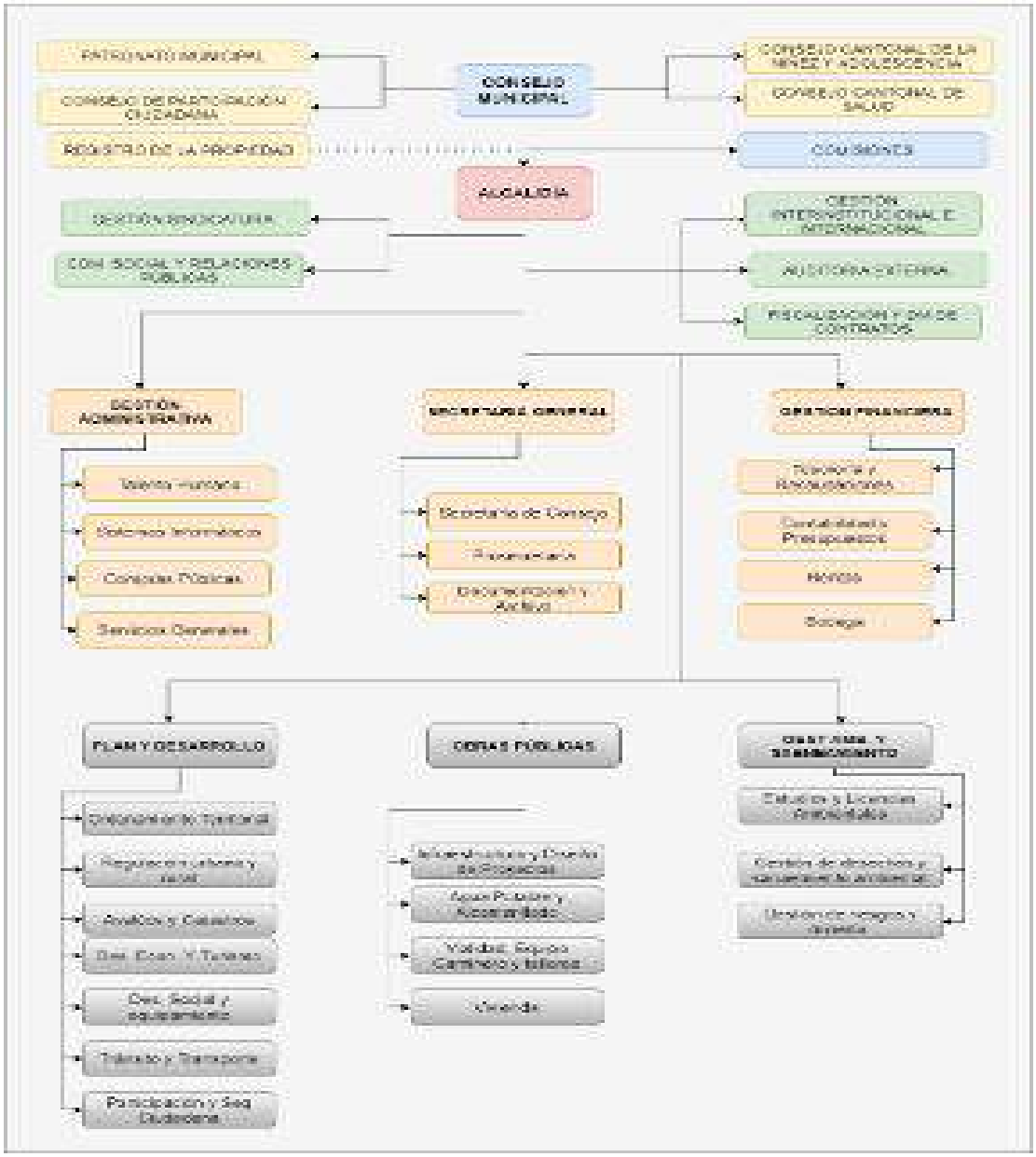


Figura 3-3. Organigrama estructural del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pangua
fuente: Tomado de: (GAD PANGUA, 2018).

El municipio de Pangua está representado por el alcalde profesor Saúl mejía; según el INEN 2010 la tasa de crecimiento poblacional es del 1.3%, mediante información levantada del municipio, en el año 2012 contaba con 480 viviendas.

En cuanto a la cobertura de agua potable el municipio brinda el servicio al sector urbano de la parroquia el Corazón por medio de la Coordinación de agua potable y alcantarillado al 94% de las viviendas.

3.4 Tipo o diseño de la investigación

En el presente proyecto de titulación se realizará una investigación exploratoria cualitativa y cuantitativa documental.

Ante el problema planteado se realizará la metodología bajo un enfoque cualitativo y cuantitativo documental utilizando diferentes fuentes de información, con un diseño investigativo exploratorio de manera que se pueda analizar las posibles irregularidades dentro de la planta de tratamiento de agua potable a continuación se detalla:

3.4.1 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación es exploratorio descriptivo

3.4.1.1 Exploratorio

La investigación exploratoria se utilizó en la fundamentación teórica para indagar diferentes definiciones que se aplican en la presente investigación, bajo un estudio descriptivo de manera que se pueda analizar las posibles irregularidades, así como la interacción que existe entre los procesos dentro y fuera de la planta de tratamiento de agua potable.

De la misma manera Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014) señalan que los estudios exploratorios “se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 91).

3.4.2 Diseño de la investigación

3.4.2.1 No experimental - Transversal

Dado a que el objetivo será diagnosticar los procesos de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón y proponer un manual de operación y mantenimiento se recurrió a un diseño no experimental que se aplicara de manera transversal dado que la investigación se analizará y se recolectara datos en un solo momento y en un único tiempo.

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) la investigación no experimental "es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables, en la investigación no experimental es observar fenómenos tal cómo se dan en el contexto natural, para analizarlos." (p. 152). Estos mismos autores señalan que los diseños de investigación transeccional o transversal "recolectan datos en un solo momento, en un único momento. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado." (p. 154)

3.4.3 Enfoque de la investigación

El presente proyecto será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto es decir cualitativo y cuantitativo, puesto que es el mejor que se adapta bajo las características y necesidades que presenta la investigación.

3.4.3.1 Enfoque mixto

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) enfoque mixto "es un enfoque relativamente nuevo en la que implica combinar los métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio". (p. 31)

3.4.3.2 Enfoque cuantitativo

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) la investigación cuantitativa "ocurre en la "realidad externa" al individuo. Conviene ahora explicar cómo se concibe la realidad con esta aproximación a la investigación". (p. 6)

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de encuestas para analizar y medir la percepción social de la calidad del agua potable que consumen los habitantes de la parroquia el Corazón.

3.4.3.3 Enfoque cualitativo

Este enfoque nos permite como investigadores analizar de lo particular a lo general ya que es un proceso inductivo según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) "se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente. Tal recolección consiste en obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes como las emociones, experiencias entre otros aspectos más bien subjetivos. (p. 8)

Del enfoque cualitativo se tomará la técnica de entrevistas, documentos públicos y material audiovisual.

3.5 Método de la investigación

Para cumplir con el primer objetivo que es diagnosticar la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón, se empleó el enfoque cualitativo es decir un método inductivo que se basa en analizar de lo particular a lo general donde se aplica diferentes técnicas de recolección que según Falcón & Herrera (2005) Se refiere como "el procedimiento de obtener información (…) la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos". (p. 12)

La técnica de recolección de datos que se aplicará en esta investigación será mediante fuentes primarias y secundarias como entrevistas no estructuradas, entrevista escrita, encuesta escrita, documento público y material audiovisual que se detallan a continuación.

3.5.1 Fuentes primarias

3.5.1.1 Entrevista

Se realizará una entrevista al coordinador de la planta de tratamiento de agua potable, al encargado del laboratorio y también algunos trabajadores de la planta.

3.5.1.2 Vía telefónica y entrevistas personales

El día 26 de agosto, en el Cantón Pangua parroquia el Corazón se realizó una entrevista escrita, al MSc. Cristian Rosero ing. En el que mediante un banco de preguntas enviadas al correo electrónico dio a conocer información actual base para iniciar la investigación.

El 19 de octubre del 2020 se realizó una entrevista vía telefónica en donde se aclaró diversos puntos expresados en la entrevista escrita, además fue importante realizar una entrevista cara a cara por lo que el 25 de octubre del 2020 se acudió a la oficina de coordinación de agua potable y alcantarillado del Municipio de Pangua para el levantamiento de información proporcionada por dicha entidad, donde se realizó la nombrada entrevista.

3.5.1.3 Entrevista al personal laboral del sistema de agua potable.

Se realizó una entrevista principalmente a un trabajador del área al Señor Víctor Querido que lleva aproximadamente 25 años en el servicio del Municipio siendo principal informante sobre la trayectoria de la planta a los trabajadores que han venido ocupando el cargo de manejo de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el corazón. Debido a que es una construcción muy antigua.

La información que ha sido proporcionada por el trabajador ha sido muy relevante para aportar en cuanto a la historia de la planta y cómo ha evolucionado actualmente, así mismo como los problemas que actualmente presenta la misma.

3.5.1.4 Documentos públicos

Archivos que reposan en el despacho del GAD municipal de Pangua

Se realizó el levantamiento de información en el municipio de Pangua en la oficina relacionada a la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el corazón.

3.5.2 Fuentes secundarias

- Búsqueda de fuentes bibliográficas en consultas de libros, artículos científicos, tesis, páginas web, etc.
- Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

3.5.2.1 Material Audiovisual

El material audiovisual también es una de las técnicas que se utilizara en el diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el corazón debido a que actualmente se publican en las redes sociales específicamente la cuenta oficial “Alcaldía del Cantón Pangua” donde informa a la población Panguense y otros, sobre diferentes temas relevantes entre ellas sobre la planta de tratamiento de agua potable de la nombrada parroquia.

Para cumplir con el segundo objetivo que es analizar las unidades operacionales del sistema de tratamiento con los parámetros físico-químicos y microbiológicos con normativas vigentes. Se aplicó un enfoque mixto debido a que se realizó una encuesta donde se busca medir la precepción de los habitantes de la parroquia el Corazón zona urbana, sobre la calidad del agua potable que consumen donde nos permita identificar la situación externa y mediante un análisis interno de los informes de laboratorio se pueda realizar un diagnóstico universal de manera interna y externa.

3.5.3 Población

La población se define como “cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014 p. 140).

Para la realización de la encuesta se procedió a tomar una muestra de la población correspondiente a la zona urbana de la Parroquia el Corazón.

3.5.4 Muestra y muestreo

Según Pineda, de Alvarado, & de Canales (1994) "es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevara a cabo la investigación con el fin posterior de generalizar los hallazgos al todo" (p. 108).

Las muestras no probabilísticas se utilizan en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas también se tiende asociar que el muestreo probabilístico se aplica en la metodología cuantitativa y el no probabilístico a la metodología cualitativa, sin embargo, según Baltar & Gorjup 2012 (pp.123-149) se puede combinar las técnicas de muestreo; es decir el muestreo aleatorio y no aleatorio puede ser utilizado en estudios cualitativos y cuantitativos

En este proyecto se utilizará el método probabilístico bajo una técnica de muestreo aleatorio por redes virtuales que según (Baltar & Gorjup, 2012) citado en Dwyer, Hiltz y Passerini (2007) Facebook ha sido utilizado como una herramienta importante para investigaciones en diferentes campos y el cual justifica la adopción de este este instrumento de muestreo, con relevancia y mayor prospección para revelar datos y compartir información.

3.5.5 Numero de encuestas

Para proceder a realizar la encuesta se estima la cantidad de la población actual; la cantidad de encuestas debe ser representativa con respecto a la población en estudio por tal motivo primero se procede a proyectar la población en base al censo 2010 al año actual 2020 bajo el método geométrico; como se presenta en la siguiente formula:

$$\mathrm{Pf} = \mathrm{Puc}(1 + \mathrm{r})^{(Tf - Tuc)}$$

Pf = Población futura

Puc = Población correspondiente a la proyección del INEC habitantes

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado por el INEC

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información

Para el cálculo de **r** se realiza la siguiente ecuación para proceder al remplazar en la ecuación anterior.

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\frac{1}{Tuc-Tci}} - 1$$

Puc = Población correspondiente a la proyección del INEC habitantes

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes)

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado por el INEC

Tci = Año correspondiente al censo inicial con información

Para el cálculo del tamaño de la muestra se aplicará la siguiente formula:

$$\mathbf{n} = \frac{\boldsymbol{N\ x\ za^2\ x\ p\ xq}}{d^2\boldsymbol{x}\ (\boldsymbol{N-1}) + za^2\ \boldsymbol{x\ p\ x\ q}}$$

En donde,

N = tamaño de la población

Z =nivel de con confianza

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

Para la aplicación de la formula se realizará con un nivel de confianza del 90% y el coeficiente de za de 1.64 ya que estos valores permiten a la encuestadora una mayor flexibilidad para encuestar.

3.5.6 Técnicas de recolección de datos

3.5.6.1 Encuesta

Para Falcón & Herrera (2005) una encuesta es:

"una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo, muestra o población de sujetos acerca de sí mismo, o en relación a un tema en particular" (p. 13).

Dicho esto, la encuesta se realizó con preguntas mixtas que según

Falcón & Herrera, (2005) "Es aquel cuestionario en el que combina preguntas abiertas y cerradas" de la misma manera estos autores Falcón & Herrera, (2005) se refieren al instrumento de recolección de datos como "un dispositivo o formato (papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información". (p. 12)

El instrumento será un cuestionario diseñado en preguntas abiertas y cerradas elaborado en Microsoft Forms, donde la información obtenida se registró en One Drive; el cuestionario contiene 13 ítems que corresponde a la calidad del agua potable que suministra el Municipio del Cantón Pangua.

3.5.6.2 Documentos públicos

Se solicitó información al GAD Municipal de Pangua sobre los informes de laboratorio en cuanto a los análisis físico-químicos y microbiológicos que se han realizado en los dos últimos meses correspondientes al mes de noviembre y diciembre del 2020 se procederá a realizar el análisis y verificar si los resultados obtenidos del análisis físico-químicos y microbiológicos de la planta están en los rangos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 sexta revisión 2020 vigente y actualizada en nuestro país.

A continuación, se presentan los parámetros que son medidos en el laboratorio:

Tabla 1-3: Parámetros analizados en el laboratorio

Parámetros Físicos	Parámetros Químicos	Parámetros Microbiológicos
pH	Nitratos	Coliformes fecales
Color	Nitritos	Coliformes totales
Sabor	Cloro libre residual	
Olor		
Turbiedad		
Sólidos totales disueltos		
Conductividad eléctrica		
Temperatura		

Realizado por: Susana Borja

3.5.6.3 Información secundaria

Mediante la revisión y aplicación del Acuerdo Ministerial No. 097-A y la Norma INEN 1108-2020 se realizará la respectiva comparativa de los resultados del laboratorio en cuanto a los análisis físico-químicos y microbiológicos con las normativas anteriormente nombradas.

La realización del tercer objetivo que es elaborar un manual de operaciones y mantenimiento se basará principalmente en la búsqueda de revisión bibliográfica, entrevistas a los funcionarios y operadores de la planta, además mediante la información obtenida de las oficinas del GAD Municipal se verificará cuáles son las operaciones unitarias, situación actual, principales inconvenientes que posee la planta de tratamiento de agua potable, proponiendo un manual donde conste definiciones básicas y la designación de responsabilidades de acuerdo al cargo que posea en la planta, detallando las actividades diarias, semanales, mensuales o anuales en cuanto a la operación, mantenimiento preventivo y correctivos que se deben realizar en la planta de tratamiento de la parroquia el Corazón.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Información general levantada

4.1.1 Fuentes de abastecimiento

La planta de tratamiento de agua potable de la parroquia del corazón se alimenta de tres fuentes superficiales, vertientes: Langaló el Tingo y Yasaucho. La captación de Yasaucho solo se realiza en época de invierno debido a que los afluentes de agua afloran solo en la nombrada estación y las vertientes de Langaló y Tingo son captadas los 365 días del año, en el verano tiende a tener un bajo caudal por ende una menor turbidez y en épocas de invierno tiende a incrementar su caudal y la turbidez en las horas de lluvia máxima.

Dentro de la parte urbana de la parroquia existe un barrio denominado Muligua que no cuenta con este servicio de agua potable debido a que el tanque de reserva de agua se encuentra en un nivel inferior al de las casas del mencionado barrio, siendo su distribución del agua por gravedad; por tal motivo el barrio se abastece de agua de una vertiente llamada San Nicolás tanto en invierno como verano; los componentes del sistema para el barrio Muligua son: captación, línea de conducción, tanque desarenador y tuberías de distribución.

Mientras que para los demás barrios que pertenecen al caso urbano de la parroquia el Corazón los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable son: captaciones de vertientes, conducciones de agua cruda, planta de tratamiento, tanque de reserva, redes de distribución, bocas de fuego y las conexiones domiciliarias.

Los caudales de las vertientes antes mencionadas varían de acuerdo a la época del año, sin embargo, el promedio estimado son los siguientes:

Tabla 2-4: Caudales de las vertientes y captaciones

Caudal	**Fuente**		
	Langaló	**Tingo**	**Yasaucho**
Caudal de la vertiente (l/s)	17	13	8
Caudal de captación (l/s)	4.3	4.0	2.4

Fuente: GAD Pangua, 2020

Realizado por: Susana Borja

4.1.1.1 Captación de Langaló

La captación de esta vertiente se realiza a cielo abierto la cual conduce por una tubería de aducción PVC de110 mm y 160 mm, esta se dirige a un tanque metálico de capacidad de 55 galones, posteriormente el agua recolectada se dirige a la estructura de captación; en épocas de invierno se tapona la salida hacia la conducción con arena y ramas, suspendiéndose el flujo del agua hacia la plata de tratamiento.



Figura 4-4. Captación De La Vertiente Langaló
Fuente: (Vera)

La estructura de la captación de Langaló se encuentra ubicada al suroccidente de la ciudad el Corazón en la cota 1948 msnm, tiene un longitud en la conducción de 6000 metros desde la planta hasta la captación, la estructura consta de un canal, vertedero de excesos, canal lateral de captación que tiene de una rejilla de acero de 12 mm por la que ingresa el agua que proviene de la quebrada de Langaló misma que se ve interrumpida con frecuencia por la vegetación existente, un orificio rectangular destinado para la limpieza y desagüe de la captación y tiene una compuerta metálica. En la pared opuesta al canal lateral se encuentran dos orificios circulares de 110 mm destinados para el ingreso de agua hacia el cajón recolector y seguido hacia la conducción. El cajón recolector tiene una tapa metálica sin cerradura que pasa entreabierta siendo susceptible el ingreso de raíces, hojarasca y animales pequeños; además tiene una cámara de válvulas de desagüe y conducción.



Figura 5-4. Estructura de la captación de Langaló
Fuente: (Vera)

4.1.1.2 Captación del Tingo

La captación El Tingo capta agua a cielo abierto, misma que es transportada a la planta de tratamiento por una tubería de 4100 metros de longitud. La estructura de captación está compuesta por muros de confinamiento cuenta con un canal, vertedero de excesos, canal lateral de captación que tiene de una rejilla de acero de 12 mm y un orificio rectangular destinado para la limpieza y desagüe, la estructura tiene una compuerta metálica que permite regular la cantidad de agua que fluye a través de la fuente y que puede ingresar al cajón recolector.

Alrededor de la captación se evidencia presencia de maleza, yerbas, hojarasca y musgos, el cual se ha asentado sobre las estructuras produciendo una erosión permanente de estas, la presencia de montículos de tierra evidencia la necesidad de muros para evitar derrumbes y taponamiento en la caja recolectora, la tapa metálica del cajón recolector permanece entreabierta lo que permite el fácil ingreso de raíces hojarasca y animales pequeños.



Figura 6-4. Captación el Tingo
Fuente: (Rosero Armijo, 2019).

4.1.1.3 Captación de Yasaucho

Esta captación se encuentra a una altura de 1714 msnm, con una longitud de 2100 metros, esta vertiente aflora en tres sitios cercanos, ubicados en los terrenos del Señor Celiano Chávez, se captan a cielo abierto y se dirige a un tanque recolector para posteriormente ser conducidos hacia el tanque desarenador de Cushina, Para llegar al mismo es transportando por una tubería de 90 mm; tanto las captaciones como el tanque recolector de la vertiente Yasaucho no tiene cerramiento, motivo por el cual se producen taponamientos con mucha frecuencia por la vegetación existente en la zona como es el Suro, al no ser utilizado en épocas de verano se nota una falta de limpieza general.

En la estructura tiene un orificio para el ingreso del agua al cajón de captación principal y para el proveniente de otro ojo de agua se capta mediante un canal abierto, mismo que presenta la presencia de helechos, hojarasca, musgos y ramas a continuación obsérvese en la figura 8 y 9 respectivamente.



Figura 8-4. Captación Yasaucho
Fuente: (Rosero Armijo, 2019).



Figura 7-4. Cajón Recolector de las Vertientes
Fuente: (Vera)

4.1.2 Unidades operacionales

4.1.2.1 Tanque desarenador

El tanque desarenador de Cushina tiene a una longitud de 1800 metros hasta la planta de tratamiento, su estructura es de hormigón y tiene cerramiento; el flujo de agua circula por la parte inferior de los compartimentos reteniendo el material vegetal u otros no sedimentables.; Sin embargo, se observa la tubería de entrada de la conducción de Yasaucho el depósito de agua por la parte superior. La estructura y el cerramiento está en buenas condiciones sin embargo requiere su respectiva limpieza.



Figura 9-4. Tanque desarenador de Cushina
Fuente: (Vera)

4.1.2.2 Tuberías de Conducción

En el recorrido de la línea de conducción tiene instaladas 2 válvulas de aire, 3 válvulas de desagüe y 3 tanques rompe presión, no cuenta con una válvula reductora de presión y tampoco hay cerramientos. Se observa en la figura A que la cámara de válvulas se encuentra en buenas condiciones, y en la figura B y C se observa los tanques rompe presión con presencia de yerbas y uno de ellos con desborde de agua por el tanque.



Figura 10-4. Cámara de válvulas y tanques rompe presión
Fuente: (Vera).

La conducción de Langaló inicia a partir de la cámara de válvulas de la captación; el agua circula en una tubería PVC de 110 mm disminuyendo su diámetro a 90 mm; La tubería se encuentra tendida directamente sobre el lecho rocoso de la quebrada; el primer tramo inicia desde la salida de la Captación y se encuentra descubierta con probabilidad que el talud

colapse. También se puede observar en la figura 8 que la tubería es sostenida por palos de madera.



Figura 11-4. Tubería de conducción de Langaló
Fuente: (Vera).



Figura 12-4. Apuntalamiento de tubería de conducción
Fuente: (Vera).

4.1.2.3 Tubería de Conducción de Cushina

La conducción del tingo se divide este en tres tramos, el primero que llega desde la captación hasta un tanque rompe presión, el segundo a un tanque desarenador y el tercero el que llega hacia la planta de tratamiento; en el primer tramo la tubería se encuentra al filo de la carretera por lo que ha sufrido varias roturas por el deslizamiento del talud como se observa en la figura 13; el segundo tramo según los operadores la tubería no ha presentado inconvenientes; el último tramo la tubería ha sufrido varios deslizamientos por lo que ha tenido constantes reparaciones del mismo como se observa en la figura 12 la inadecuada reparación realizado en la tubería.



Figura 14-4. Tubería de la Conducción de Cushina
Fuente: (Vera).



Figura 13-4. Reparación Inadecuada en la Tubería
Fuente: (Vera).

4.1.3 Diagnóstico de la planta de tratamiento de agua potable



Figura 15-4. Vista Aérea De La Planta De Tratamiento De Agua Potable
Fuente: (Alcaldía del Cantón Pangua, 2020).

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Pangua es de tipo convencional el mismo que tiene aproximadamente 25 años de funcionamiento sin embargo algunas construcciones de la planta como es el tanque de reserva, la caseta de cloración y los filtros según el Sr Víctor Querido tienen alrededor de 37 años desde su construcción.



Figura 16-4. Vista del tanque de reserva y casetas en el año 2012
Fuente: (Vera).

Según la información levantada en las oficinas del municipio y según (Rosero Armijo, 2019). la planta de tratamiento trabaja las 24 horas al día, el cual procesaba un caudal promedio de 12 L/s mientras que el coordinador actual de la planta de tratamiento supo manifestar que el caudal que ingresa a la planta es de 10.71 l/s habiendo así una disminución de 1.29 l/s entre el año 2017 al 2020 y a la salida del efluente el caudal es de 10.5 l/s. El caudal requerido para la ciudad el Corazón es de 7.28 l/s.

La planta de tratamiento actualmente capta el agua cruda solo de dos vertientes que son Langaló y el tingo el agua es conducida hacia la planta a través de tuberías PVC con diámetros de 110 mm y 90 mm, provenientes de las mencionadas vertientes respectivamente.

En el año 2009 se realizaron ampliaciones a la planta de tratamiento de agua potable la cual estaba conformada por el área de filtración, caseta de cloración y el tanque de reserva, actualmente la planta de tratamiento consta con los siguientes procesos unitarios: floculación, sedimentación, filtración, desinfección y almacenamiento, cada uno de las unidades de la planta de tratamiento está construidas de hormigón.

Para realizar el proceso de potabilización del agua que se distribuye a la población del Corazón consta de varios procesos el cual inicia desde la bocatoma de agua cruda, al llegar a la planta circula por el canal Parshall en donde está recibe la adición del coagulante en la mezcla rápida y pasa al floculador de placas verticales, se dirige a un sedimentador de placas inclinadas y flujo ascendente, seguido circula hacia el proceso de filtración que consta de cuatro filtros lentos; previa a la filtración esta agua pasa al proceso de post cloración para después ser conducida al tanque de reserva que dispone la planta. El agua potabilizada se distribuye a la población por gravedad en tuberías de 110 y 160 milímetros. A continuación, se detalla las diferentes unidades con las que consta la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón.

4.1.3.1 Canal Parshall y Mezcla rápida

En esta unidad sus dimensiones le permiten para trabajar con un caudal superior a los 12 l/s; el proceso que realiza es ingresar el agua cruda por el canal Pashall para la adición del coagulante y mediante la mezcla rápida se pueda dar el proceso de coagulación en condiciones óptimas, el agua que ingresa por el canal varía de acuerdo a las épocas de año y

la limpieza que se realiza va dependiendo de las condiciones que se presente, no tiene un tiempo definido.



Figura 17-4. Aplicación del coagulante en el canal Parshall
Fuente: (Vera).



Figura 18-4. Canal Parshall y vista del floculador
Fuente: (Vera).

Tabla 3-3: Dimensiones del floculador y sedimentador

	Dimensión	Profundidad	Placas
Floculador vertical	2,35 x 2,20 m	2.60 m	0.40 m
Sedimentador simple	4,85 x 2,20 m	3.30 m	
Sedimentador placas inclinadas	2,90 x 2,20 m		

Realizado por: Susana Borja



Figura 19-3. Floculador y sedimentador
Fuente: (Vera).

Se observa en la figura que el floculador vertical no está cumpliendo con su función (formar flóculos) debido a que las pantallas verticales y el muro del floculador se encuentran a un mismo nivel, sobrepasando el agua de las pantallas, por lo que trabaja "ahogado", lo

que impide que el flujo de agua suba y baje entre las pantallas siguiendo la ruta preestablecida.

Según las normas de diseño el floculador vertical se construye para caudales mayores a 50l/s con una profundidad de 3 a 4 metros, sin embargo, el floculador vertical trata un caudal que no supera los 15l/s; en cuanto a la limpieza de las placas de sedimentación y floculación se realiza dependiendo las condiciones en las que se encuentre, no tiene un tiempo definido para su limpieza.

4.1.3.2 Filtración



Figura 20-4. Ingreso del Agua hacia los filtros
Fuente: Susana Borja

La filtración se realiza en 4 filtros lentos, mediante la entrevista realizada tanto al operador como al encargado del laboratorio supo manifestar que dos filtros ya tienen más de 30 años de construcción y los otros dos filtros alrededor de 20 años. A continuación, se detallará las dimensiones de los 4 filtros:

En cuanto a los filtros que tiene más años de antigüedad las dimensiones para estas unidades son de 8.04 x13. 35 metros y tiene una altura de 3.10 metros con un área útil de 107. 3 metros cuadrados cada uno, estos filtros como se puede apreciar en la figura trabajan a una dimensión pequeña debido a que presenta inconvenientes, la estructura está deteriorada y no resultan eficiente lo que requiere mantenimiento de las estructuras y revisión de las tuberías de recolección de agua filtrada (flautas) así como el cambio de arena.



Figura 21-4. Vista de los filtros antiguos
Fuente: Susana Borja

Para la recolección de agua filtrada tiene tubería principal y lateral de 160 mm y 63 mm PVC respectivamente, perforadas cada 10 cm, se observa que para la limpieza de los filtros el personal pisa directamente en la arena.



Figura 22-4. Tubería de recolección de agua filtrada
Fuente: (Vera).



Figura 23-4. Raspado de la arena de los filtros
Fuente: (Vera).

En cuanto a los dos filtros que tienen menos años de antigüedad resultan tener dimensiones diferentes él un filtro tiene 10.4 x 6.45 metros y el otro mide 10.40 x 2.75 m con un área de filtración total de 95.60 metros cuadrados; para la recolección de agua filtrada la tubería principal es 160 mm PVC y las tuberías laterales son de 110 mm PVC perforadas cada 15 cm, estos filtros tienen una interconexión con los filtros que son las más antiguos por el motivo de que cuando se colmatan el agua sube de nivel alcanzando las tuberías de desborde y con la interconexión puede circular el agua hacia los otros filtros para que pueda

ser filtrada. Los medios filtrantes que se utilizan en la planta son canto rodado de 20 cm, grava de 1/2 y arena de cuarzo hasta de 5 mm, la limpieza de los filtros de la planta se realiza cada semana, siempre dejando un filtro en funcionamiento para poder seguir con el proceso de potabilización del agua y suministrar del mismo a la población. Además, se puede observar que en la superficie de los filtros se encuentra retenida una sustancia rojiza y la pared interna y externa del filtro presenta resquebrajamiento en el revestimiento de la pared, el material que es retirado de la limpieza del filtro es depositado junto a la pared del filtro misma que presentan deterioro.



Figura 25-4. Vista de los dos filtros
Fuente: Susana Borja



Figura 24-4. Sustancia rojiza en los filtros
Fuente: Susana Borja



Figura 26-4. Material producto del raspado de los filtros
Fuente: Susana Borja

En los canales que se puede apreciar en la siguiente figura se realiza el lavado de los filtros, también se puede apreciar que las estructuras presentan deterioro.



Figura 27-4. Lavado de la arena.
Fuente: Susana Borja

Caseta de químicos y caseta de Post cloración

La caseta de químicos tiene un área de 10,64 m2; cuentan con dos bombas dosificadoras para la medición e inyección de químicos como son el hipoclorito de calcio y el coagulante en solución (sulfato de aluminio), actualmente las bombas dosificadoras están fuera del servicio porque están dañadas, por tal motivo la adición de estos químicos se realiza por gravedad y los encargados en realizar esta actividad son los operadores de la planta de tratamiento. En la caseta de post cloración finaliza el proceso de potabilización, en esta unidad se realiza la desinfección del agua, la caseta contiene un mesón en donde se asienta el tanque hipoclorador; Para la desinfección se utiliza hipoclorito de calcio con una concentración del 70%; para la adición del mismo se realiza su previa preparación.



Figura 28-4. Caseta De Post cloración
Fuente: Susana Borja



Figura 29-4. Adición del hipoclorito del calcio
Fuente: (Vera).

4.1.3.3 Cámara de válvulas

Se observa la cámara de válvulas de los filtros y la cámara de válvulas de paso y desagüe presentan humedad y crecimiento de musgo en la pared y la tubería, la falta de ventilación provoca la oxidación de las válvulas.



Figura 30-4. Cámaras de válvulas
Fuente: (Vera).

4.1.3.4 Tanque de reserva

Previo al proceso de desinfección el agua circula hacia el tanque de reserva, su estructura es circular de hormigón con una dimensión de 13 metros en su diámetro interior, la altura hasta la base de cúpula es de 3,00 metros y la capacidad total del taque es de 400 metros cúbicos, como se puede observar en la figura sobre la estructura del tanque está construido una caseta destinado para el equipo ozonizador que según las diferentes entrevistas realizadas, se encuentra fuera de servicio desde el año 2009 por daños en su parte eléctrica. Actualmente tampoco ha recibido un arreglo del mismo por la cuestión del presupuesto que requiere, tanto para el arreglo como para su mantenimiento del equipo de ozono. En el área circundante al tanque de reserva se observa el piso con presencia de musgos lo que representa riesgos de caídas del personal que opera en la planta.



Figura 34. Tanque De Reserva de 400m^3
Fuente: Susana Borja



Figura 33-4. Deterioro del piso de la PTAP
Fuente: Susana Borja

Se observa en la figura 33 que las tuberías por donde ingresa el agua hacia la planta están rodeadas de yerbas mismas que requieren limpieza. Y a la salida de la planta de tratamiento se observa que la tubería tiene una abertura misma que puede ser manipulado por las personas, también está expuesto a que ingrese sedimentos, impurezas hasta objetos que en un tiempo puede causar obstrucción y representar un riesgo sanitario. También se puede observar que hay un desperdicio de agua potable misma que da mal aspecto visual y representa un riesgo de caídas para los transeúntes que transitan por el lugar.



Figura 32-4. Tubería de entrada de agua a la PTAP
Fuente: Susana Borja



Figura 31-4. Abertura de la tubería
Fuente: Susana Borja

4.1.4 Diagnóstico de la red de distribución

La parroquia el Corazón dada a las características de la superficie, existen desniveles de hasta los 150 metros de altura que va desde la planta de tratamiento de agua potable ubicada a 1580 msnm hasta la parte más baja que brinda el servicio de agua potable, siendo la gasolinera del Corazón ubicada en la vía que dirige a la parroquia de Moraspungo a 1,429 msnm.

Existen tuberías antiguas en las redes de distribución siendo ya aproximadamente 79 años desde que fueron instaladas por lo que se consideran en estado inservible mediante información levanta se conoce que por su interior circula agua a presión deduciendo así existe interconexión con las tuberías de PVC que están instaladas actualmente para el servicio.



Figura 35-4. Tuberías de hierro entre las calles Ramón Campaña y Luis Tobar
Fuente: (Vera).

4.1.5 Diagnóstico de las conexiones domiciliarias

En cuanto a las conexiones domiciliarias los accesorios utilizados son abrazaderas y pernos metálicos, material que es susceptible a la corrosión, algunos no presentan ningún tipo de seguridad; se observa que en el caso de roturas de tubería de la acometida domiciliaria la reparación no es la correcta debido a que se realiza por medio de ligas o alambre siendo una reparación insegura que podría dar otra posible fuga de agua, causando el desperdicio de agua que genera la planta de tratamiento.



Figura 36-4. Reparaciones de la Conexión Domiciliaria con Alambre y Ligas
Fuente: (Vera).



Figura 37-4. Reparación de la Conexión sin Seguridad
Fuente: (Vera).

4.1.6 Diagnóstico del Laboratorio

Mediante una entrevista realizada al encargado del laboratorio de la planta de tratamiento agua potable el Ing. Jonathan Mejía menciona que el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable tiene un año de funcionamiento, antes que se implementara el mismo la planta no contaba con un personal calificado para realizar los análisis que requiere; esa actividad era realizada por los mismos operadores de la planta. Actualmente el Municipio cada año tiene la potestad de contratar un laboratorio externo acreditado para la debida inspección y toma de muestras; en cuanto a los insumos el municipio del cantón Pangua realiza la partida presupuestaria para planta de tratamiento cada año por lo que la compra del cloro en volumen se realiza cada ese tiempo mencionado y el suministro debe alcanzar para ese periodo establecido.

El laboratorio cuenta con los implementos, equipos y reactivos necesarios para realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua cruda como el agua tratada; los implementos de laboratorio han sido donado por en ese entonces SENAGUA entidad que actualmente se fusiono con AME Y EL ARCSA.

Según el Ing. Jonathan Mejía los análisis del agua tratada se realizan siempre y cuando no cumpla con la norma del rango establecido de cloro que es de 0,3 a 1,5; en el caso de no cumplir inmediatamente se realiza una toma de muestras del punto de muestreo para ser evaluadas e inmediatamente ser corregido mediante los operadores. También menciona que cuando no cumple con el rango establecido es por motivo de que se tapa, al este contener

cloruro de calcio provoca que el calcio se asiente y se tapone dando como consecuencia la presencia de cloro en los puntos de muestreo.

Los implementos y equipos que hay en el laboratorio son los siguientes:

4.1.6.1 Incubadora

La incubadora sirve para mantener y hacer crecer cultivos microbiológicos.



Figura 38-4. Incubadora
Fuente: Susana Borja

4.1.6.2 pHmetro.

Para verificar el potencial de Hidrógeno (pH) del agua a la entrada y a la salida de la planta, el medidor se encuentra en buenas condiciones

4.1.6.3 Espectofómetro.

Este equipo mide la cantidad de intensidad de luz absorbida después de pasar a través de una solución muestra.

4.1.6.4 Turbidímetro.

Este aparato es utilizado en la determinación de la turbidez en el líquido o los sólidos totales disueltos.



Figura 40-4. Turbidímetro y Espectrofotómetro
Fuente: Susana Borja



Figura 39-4. Medidor del pH
Fuente: Susana Borja

4.1.6.5 Colorímetros.

Este equipo es utilizado en el cálculo de la concentración del soluto por medio del espectro foro colorimétrico y su absorbancia en el agua.

4.1.6.6 Reactivos.

Los reactivos de cloro, nitritos y nitratos que son para realizar el monitoreo en los puntos de muestreo.

4.1.7 Personal de planta de tratamiento de agua potable

Actualmente la planta está dirigida por:

Coordinador de agua potable y alcantarillado: MSc. Cristian Rosero ing.

Laboratorista: Ing. Jonathan Mejía.

Operarios encargados del control, funcionamiento, manejo y cuidado de la PTAP del Corazón,

Víctor Querido

Franklin Falcón

Eduardo Mancheno

Darwin Paucarima

Juan Bautista Villacís

Los operarios cuentan con un medio de transporte (moto) que les facilita su movilización hacia las vertientes de agua, los operarios no mantienen capacitaciones puesto que según las entrevistas realizadas al personal menciona que trabajan bajo la experiencia de los años que llevan laborando en la planta.

4.2 Resultado de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y comparativa con las normativas vigentes.

Resultados de los análisis realizados de cada uno de los parámetros en los meses de noviembre y diciembre del 2020; los análisis del agua cruda en las captaciones de Langaló y el Tingo y los análisis del agua tratada; además se presenta las gráficas comparativas con respecto a las normativas vigentes Norma INEN 1108:2020 y el Acuerdo Ministerial No. 097-A.

Tabla 4-4: Resultados de los análisis de la temperatura del agua cruda y del agua tratada

Temperatura				
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada**	**Unidades**
Noviembre	21	21,5	19	℃
Diciembre	21	20	21,1	℃
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	Condición Natural +/- 3 grados	Condición Natural +/- 3grados	Condición Natural +/- 3 grados	℃

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos
Realizado por: Susana Borja

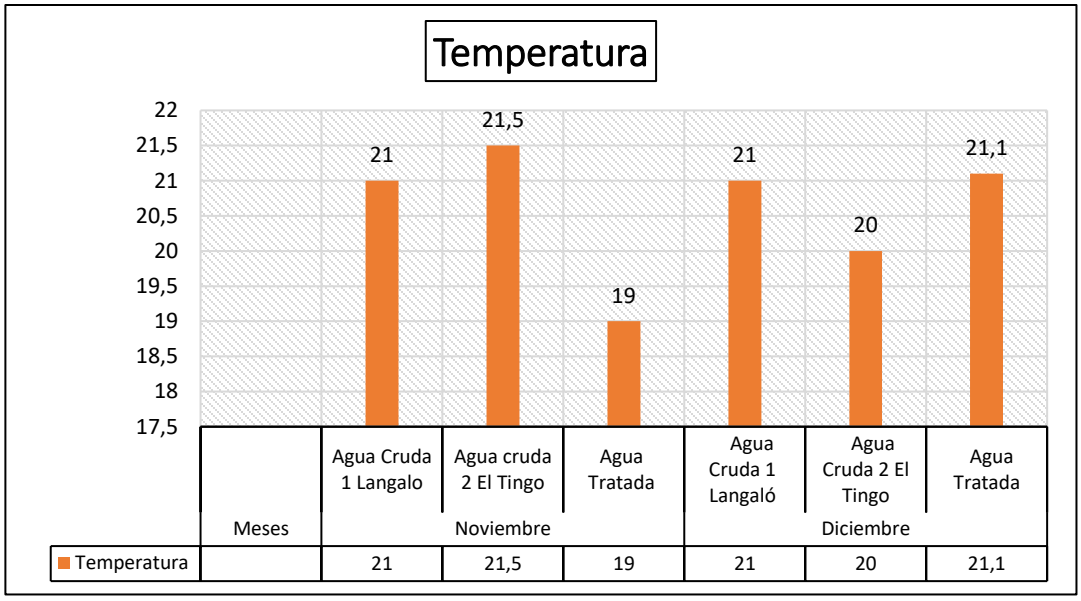


Figura 41-4. Gráfico comparativo de la temperatura con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.1 Temperatura

En la siguiente grafica se observa los resultados de los análisis de la temperatura en los meses de noviembre y diciembre donde señalan que si cumplen con el Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A, la cual indica que este parámetro puede variar en +/- 3 grados de sus condiciones naturales. Los análisis muestran que en los dos meses la temperatura va de 20°C a 21,5°C en las dos captaciones. Estos valores varían dependiendo el lugar y las condiciones ambientales diferentes en las que fueron tomadas, sin embargo, los valores indican que el agua es adecuada para el consumo humano.

Tabla 5-4: Resultados de los análisis del pH del agua cruda y del agua tratada

Potencial de Hidrógeno				
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	7.66	7.96	7.42	Unidades
Diciembre	7.25	7.47	7.26	Unidades

Límite permitido INEN	6.5-8	6.5-8	6.5-8	Unidades
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	6-9	6-9	6-9	Unidades

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

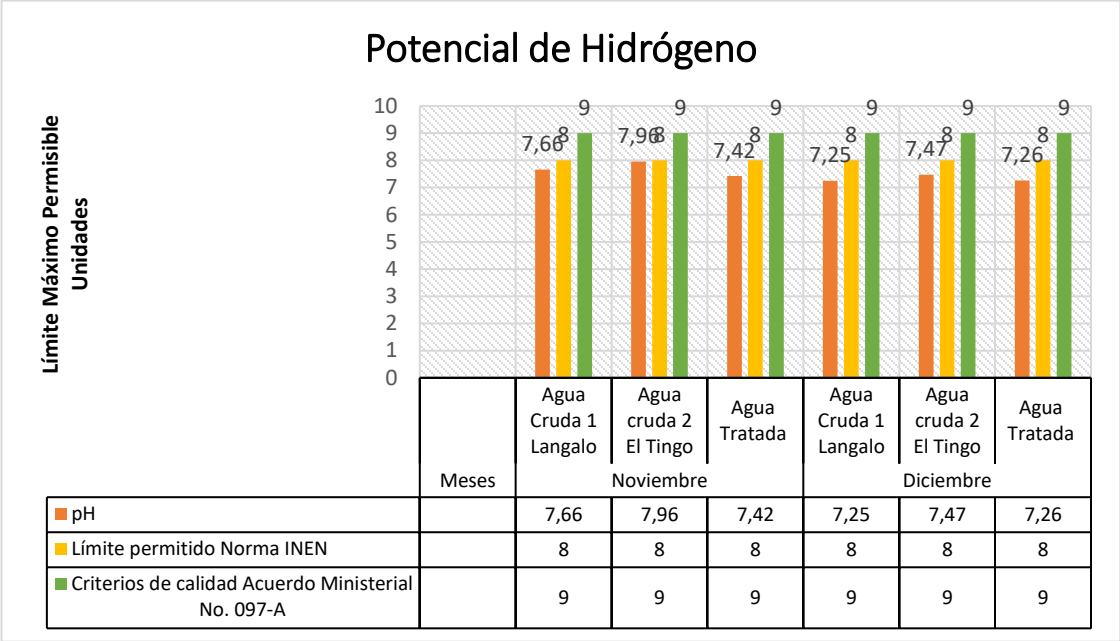


Figura 42-4. Gráfico comparativo del pH con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.2 Potencial Nitrógeno (pH)

Los criterios de calidad de los cuerpos de agua dulce según el Acuerdo Ministerial No. 097-A son de 6 a 9 y los límites permitidos por la Norma NTE INEN sexta revisión 1108:2020 es de 6.5 a 8 por tanto según la gráfica los cuerpos de agua de la Captación del Langaló y el Tingo se encuentran dentro de los rangos permitidos y el agua tratada domiciliaria también si cumplen con los rangos establecidos.

Si se realiza un análisis comparativo en cuanto a los dos meses se puede observar que en el mes de noviembre presento mayor pH en el agua tratada.

Tabla 6-4: Resultados de los análisis del color en el agua cruda y el agua tratada

	Color			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	15	15,2	5	Unidades Pt/Co
Diciembre	12	11.5	6	Unidades Pt/Co
Límite permitido INEN Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	15	15	15	Unidades Pt/Co
	75	75	75	Unidades de Platino-Cobalto

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

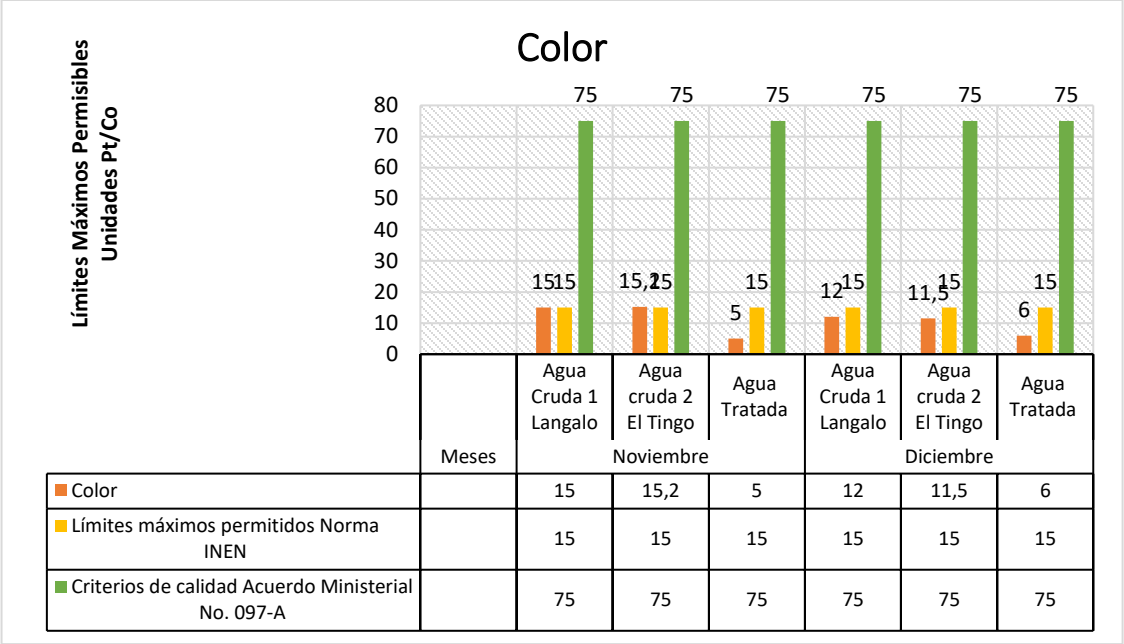


Figura 43-4: Gráfico comparativo del color con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.3 Color

En la gráfica se puede observar en cuanto al color, la captación de Langaló en los dos meses presenta mayor color a diferencia de la captación del Tingo sin embargo según el Acuerdo Ministerial No. 097-A se encuentra dentro los criterios de calidad, así como el agua tratada, también cumple con los límites permitidos por la norma INEN.

Tabla 7-4: Resultados de los análisis de la turbiedad en el agua cruda y el agua tratada

Turbiedad				
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	19	18.2	2.28	NTU
Diciembre	19.2	14.4	4.9	NTU

Límite permitido INEN	5	5	5	NTU
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 095-A	100	100	100	NTU

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

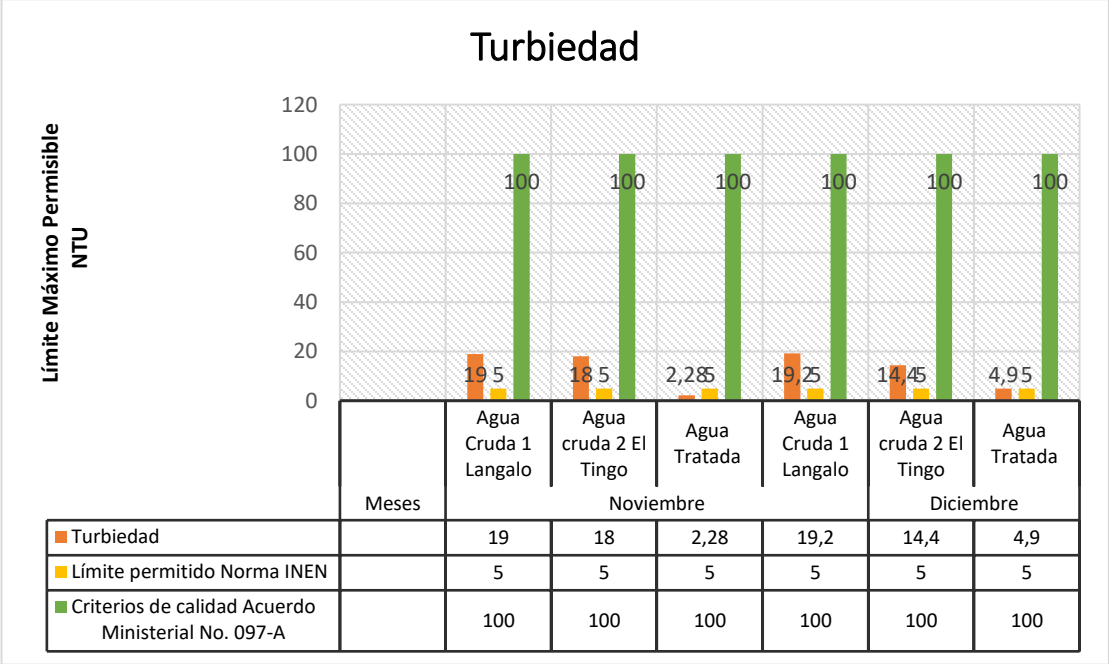


Figura 44-4. Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A.

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.4 Turbiedad

En la gráfica se puede observar que, de las dos captaciones, Langaló presenta mayor turbiedad que la del Tingo; sin embargo, se considera que las fuentes de agua no tienen mayor

contaminación, tanto el agua cruda como el agua tratada si están dentro de los rangos establecidos en las normas de fuentes agua y la de agua potable.

Además, se puede observar en la gráfica que en el mes de noviembre la captación de Langaló registra un valor mayor de turbiedad dando como resultado de 2,28 NTU en el agua tratada; por otro lado, la captación del tingo en el mes de diciembre presentó menor de turbiedad, registrando un valor mayor en el agua tratada a diferencia del mes anterior, el valor es 4,5 NTU casi aproximándose al valor máximo permitido por la norma INEN que representa el valor de 5 NTU.

Tabla 8-4: Resultados de los análisis TDS en el agua cruda y el agua tratada

Sólidos Disueltos Totales				
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	15	15,2	5	mg/l
Diciembre	36.1	22.4	35	mg/l
Límite permitido INEN Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 095-A	No fija Limites	No fija Limites	No fija Limites	mg/l

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos
Realizado por: Susana Borja

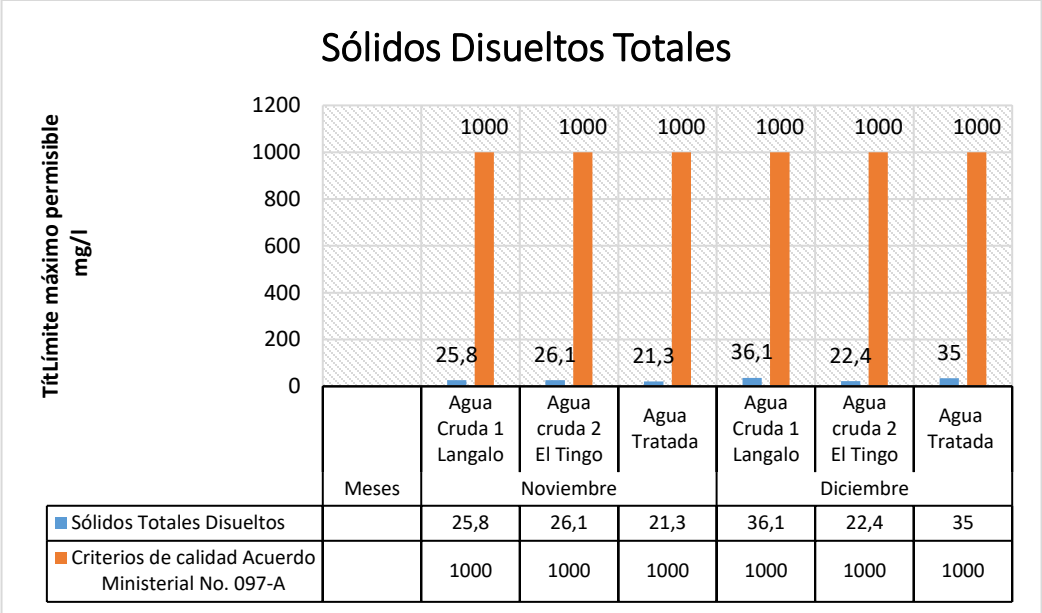


Figura 45-4: Gráfico comparativo de los sólidos disueltos totales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A.

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.5 Sólidos disueltos totales

En la gráfica se puede observar que en el mes de noviembre se registró un valor de 21,3 mg/l en el agua tratada, siendo un valor menor a diferencia del mes siguiente (diciembre) que presentó los sólidos disueltos (TDS) en el agua tratada un valor de 35 mg/l; realizando el análisis desde los resultados del agua cruda en las captaciones de agua; se obtiene que Langaló tienen un valor de 36.1 mg/l y en el tingo presentan un valor menor que es de 22.4 mg/l, y se puede decir que la planta no está operando satisfactoriamente debido a que realizando el promedio de TDS que ingresa a la planta de las dos captaciones, los valores de entrada resultan ser menores a diferencia de la salida; lo que quiere decir que no siempre disminuye la concentración de TDS ya que se aprecia en los resultados, se está presentando el efecto contrario y la concentración de TDS no debe aumentar. Este parámetro no tiene una fijación de límites en cuanto a la norma INEN 1108, sin embargo, la OMS establece una concentración de hasta 1000 mg/l.

Tabla 9-4: Resultados de los análisis de la conductividad en el agua cruda y el agua tratada

	Conductividad			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	102,9	103,2	104,7	uSiems/cm
Diciembre	101.9	102	98.8	uSiems/cm
OMS	1500	1500	1500	uSiems/cm

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

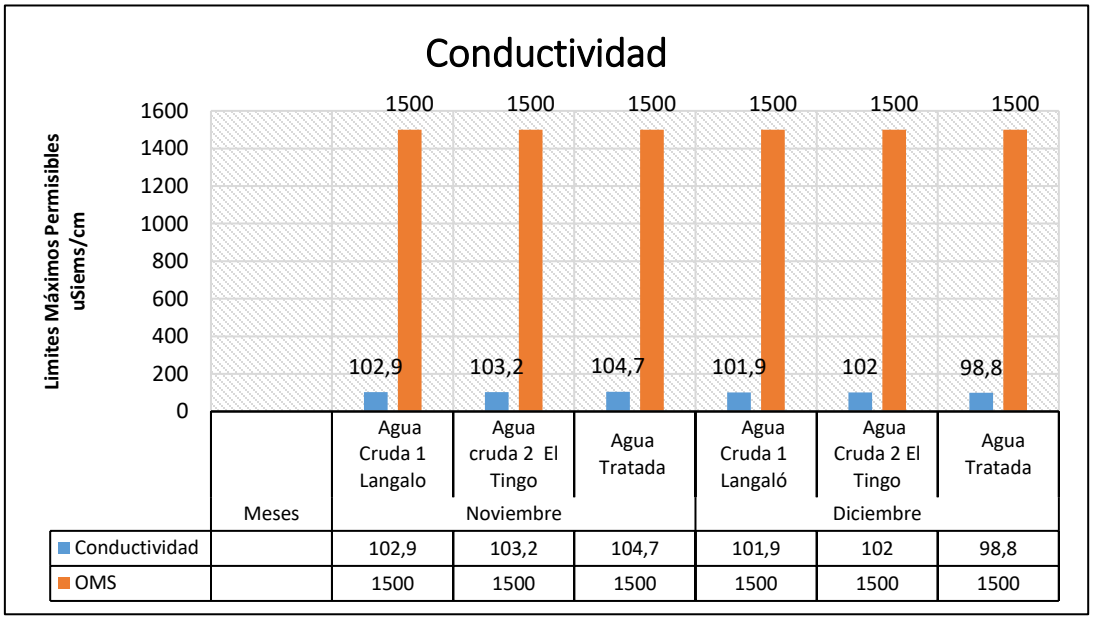


Figura 46: Gráfico comparativo de la conductividad con respecto a la norma Internacional OMS.
fuente: Realizado por: Susana B

4.2.6 Conductividad

El parámetro de la conductividad no está regulado en la norma Técnica Ecuatoriana 1108 ni en el Acuerdo Ministerial A-097, debido a esto se toman en cuenta normas internacionales como es la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la que establece valores máximos

permisibles referenciales, dando un valor de la conductividad de 1500 uSIems/cm. (World Health Organization, 2018).

Al observar la gráfica de conductividad eléctrica se puede determinar que si cumplen con los rangos establecidos en las norma internacional, sin embargo se puede apreciar que en el mes de noviembre la conductividad en el agua tratada tiene un valor más alto que los valores de entrada; siendo estos Langaló con 102,9 el Tingo 103,2 y el agua tratada 104,7 uSIems/cm lo que quiere decir que en ese mes presento una mayor concentración de electrolitos en la salida de la planta que en la entrada. Este parámetro está relacionado directamente con la concentración de sólidos disueltos en el agua.

Tabla 10-4: Resultados de los análisis de nitratos en el agua cruda y el agua tratada

	Nitratos			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	0.8	0.7	0.8	mg/l
Diciembre	1.9	1	1.1	mg/l
Límite permitido INEN	50	50	50	mg/l
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	10	10	10	mg/l

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

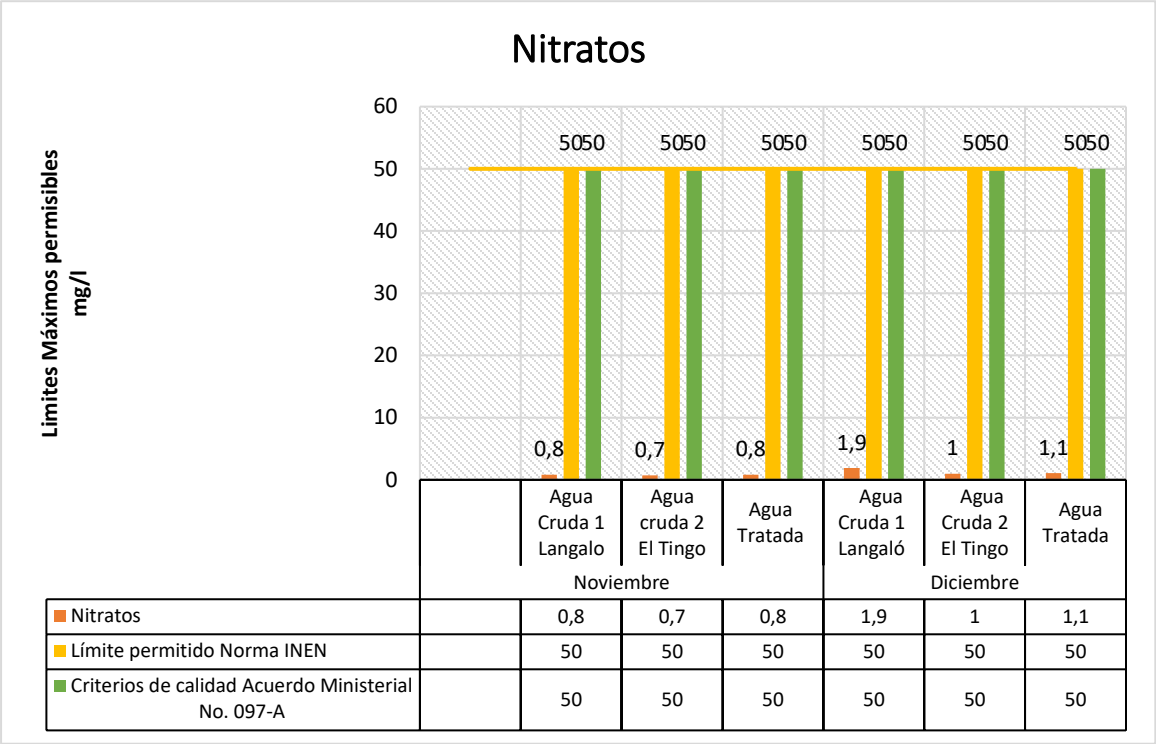


Figura 47-4. Gráfico comparativo de nitratos con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A.
fuente: Realizado por: Susana B

4.2.7 Nitratos

En cuanto a los nitratos en la gráfica se observa que en los dos meses no hay gran remoción de nitratos; se puede apreciar que en el mes de Noviembre en las captaciones de Langaló y el Tingo, el agua cruda tiene una concentración de 0.8 y 0.7 mg/l respectivamente y en el análisis del agua tratada tiene un valor de 0.8 mg/l de nitratos es decir en ese mes no hay remoción de nitratos lo que va en concordancia con la conductividad eléctrica generada en ese mes, la cual presento mayor conductividad eléctrica en la salida de la planta. Sin embargo, cumple con las normativas vigentes.

Tabla 11-4: Resultados de los análisis de nitritos en el agua cruda y el agua tratada

	Nitritos			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	0.005	0.008	0.001	mg/l
Diciembre	0.005	0.003	0.002	mg/l
Niveles Máximos Permitidos INEN	3	3	3	mg/l
Niveles Máximos Permisibles	0.2	0.2	0.2	mg/l

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

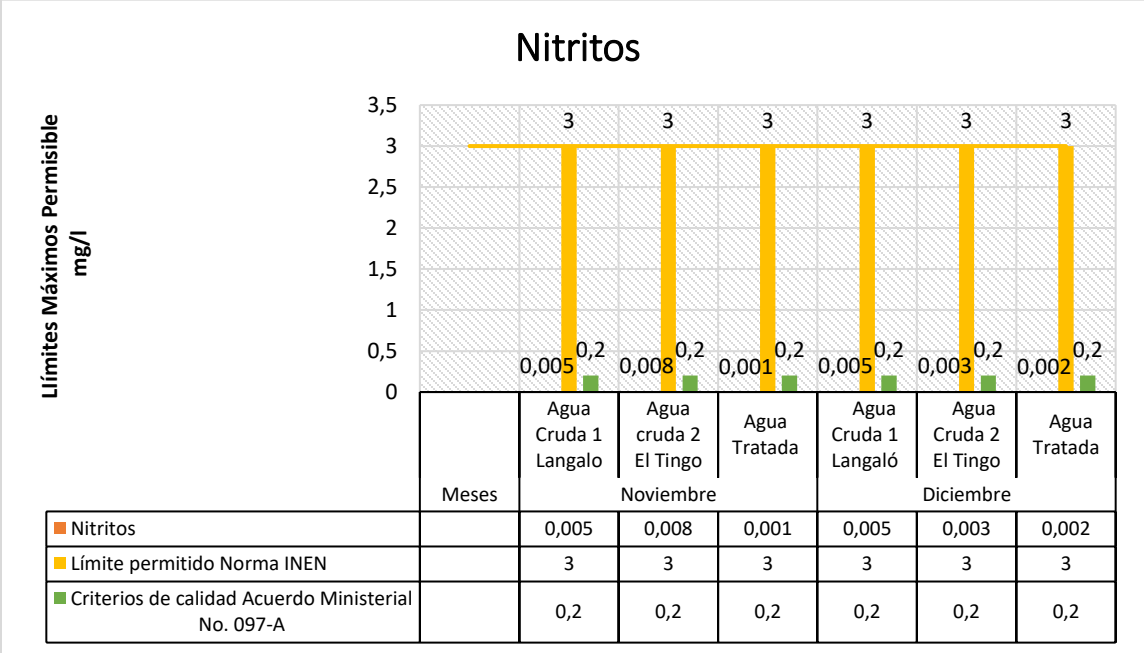


Figura 48-4. Gráfico comparativo de nitritos con respecto a la norma INEN y el Acuerdo Ministerial No. 097-A.

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.8 Nitritos

En cuanto a los nitritos se observa que en las fuentes de agua tienen una baja concentración de nitritos siendo estos 0.005 y 0.003 mg/l de las captaciones de Langaló y el Tingo respectivamente y en los resultados del agua tratada hay una remoción de nitritos hasta el 0.002 mg/l, los valores presentes indican que las captaciones de agua son de buena calidad y en general si cumple con los rangos establecidos.

Tabla 12-4: Resultados de los análisis realizados del cloro residual en el agua tratada

Cloro libre residual		
	Agua Tratada Domiciliaria	**Unidades**
Noviembre	1.3	mg/l
Diciembre	0.78	mg/l
Límite permitido INEN	0.3 – 1.5	mg/l

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos.
Realizado por: Susana Borja

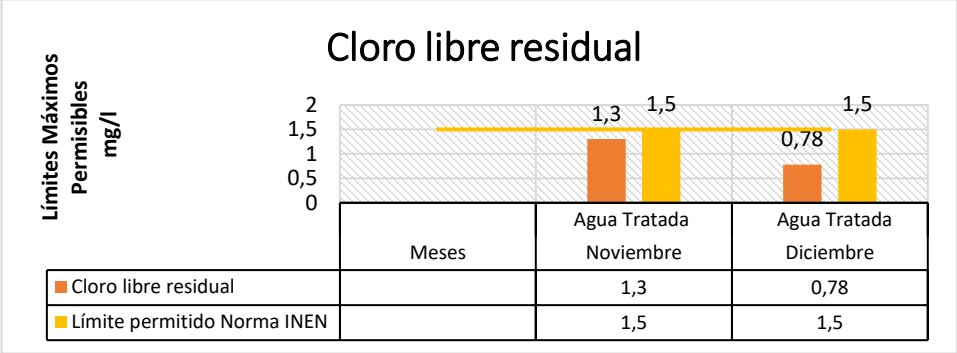


Figura 49-4. Gráfico comparativo del cloro residual con respecto a la norma INEN 1108:2020
fuente: Realizado por: Susana B

4.2.9 Color libre residual

El cloro libre residual se puede observar en la gráfica que si cumple con los rangos establecidos por la norma INEN 1108:2020, en el mes de noviembre dio como resultado 1.3 mg/l y en el mes de diciembre un 0.78 mg/l de cloro residual.

Tabla 13-4: Resultados de los análisis de coliformes fecales en el agua cruda y el agua tratada

	Coliformes fecales			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	45	67	-	UFC/100ml
Diciembre	45	35	-	UFC/100ml
Noviembre	26	41	-	NMP/100ml
Diciembre	26	20	-	NMP/100ml
Límite permitido INEN	< **1.1**	< **1.1**	< **1.1**	< **1.1**
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	1000	1000	1000	NMP/100ml

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos

Realizado por: Susana Borja

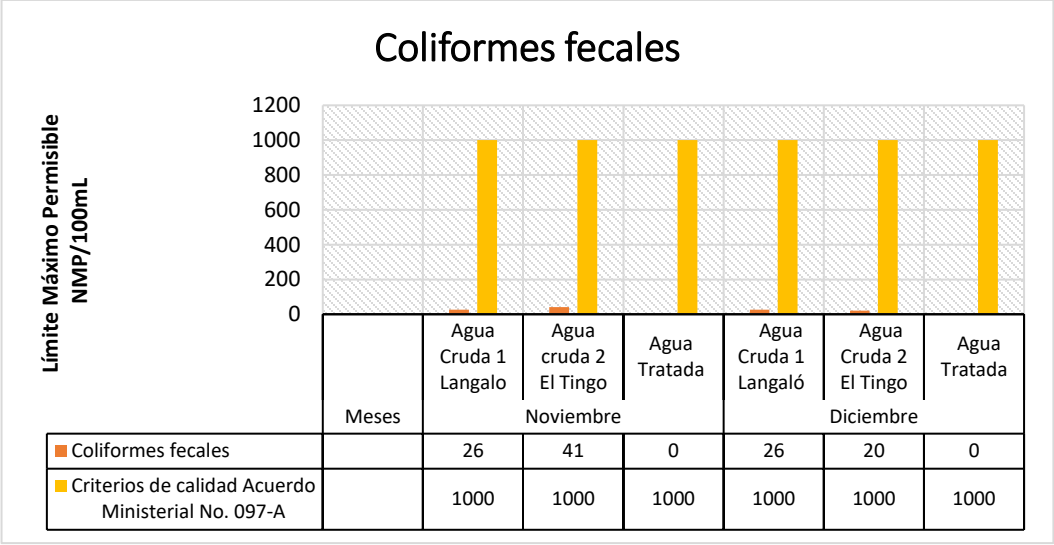


Figura 50-4: Gráfico comparativo de coliformes fecales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A.

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.10 Coliformes fecales

Al observar la gráfica se puede apreciar que el nivel de coliformes presentes en las fuentes de agua tiene niveles bajos y si cumplen con los criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A; en el agua tratada no hay presencia de coliformes.

Tabla 14-4: Resultados de los análisis de coliformes totales en el agua cruda y el agua tratada

	Coliformes totales			
	Agua Cruda 1 Captación Langaló	**Agua Cruda 2 Captación Tingo**	**Agua Tratada Domiciliaria**	**Unidades**
Noviembre	500	645	-	UFC/100ml
Diciembre	550	400	-	UFC/100ml
Noviembre	372	501		NMP/100 ml
Diciembre	427	295		NMP /100 ml
Límite permitido INEN	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Criterios de calidad Acuerdo Ministerial No. 097-A	3000	3000	3000	NMP/100 ml

Fuente: GAD Pangua, 2020. Informe de los analisisis fisico quimicos y microbiologicos
Realizado por: Susana Borja

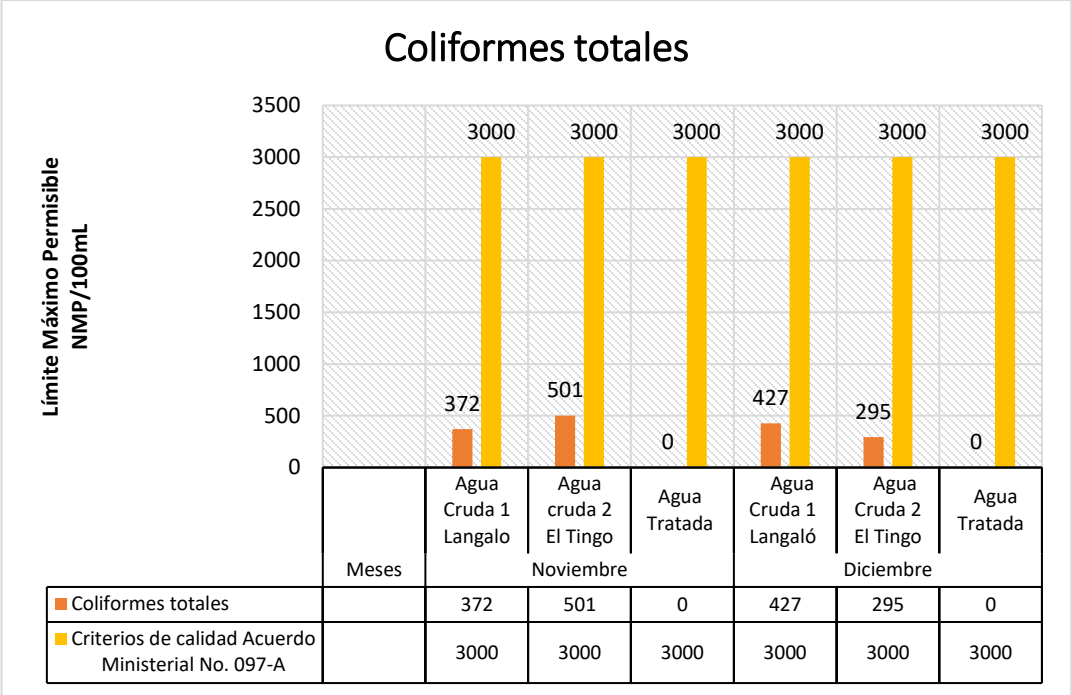


Figura 51-4. Gráfico comparativo de coliformes totales con respecto al Acuerdo Ministerial No. 097-A.

fuente: Realizado por: Susana B

4.2.11 Coliformes totales

En cuanto a los coliformes totales en la gráfica se observa que en las captaciones agua presentan un valor bajo, en Langaló hay 372 NTU/100ml y en el Tingo hay un valor de 501 NTU/100ml en el mes de noviembre y cuanto al mes de diciembre se observa un valor de 427 NTU/100ml en Langaló y 295 NTU/100ml en El Tingo.

4.3 Resultados de las encuestas

En la tabla se detalla las poblaciones en los años 1990, 2001 y 2010 que son los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda publicación del INEC, por otro lado, en los archivos municipales existe un dato de población en el año 2013 con una población de 1,884 que corresponde al casco urbano del Corazón.

Tabla 15-4: Datos conocidos sobre los censos realizados en Ecuador y la proyección

Datos	
Año	**Población**

1	1990	1199
2	2001	1436
3	2010	1649
4	2013	1884
4	2020	2139

Fuente: INEC, 2010 (Instituto Nacional De Estadísticas y Censos)
Realizado por: Susana Borja

$$r = \left(\frac{1649}{1436}\right)^{\frac{1}{2010-2001}} - 1 = 0{,}015$$

$$Pf = 1884(1 + 0{,}015)^{(2020-2010)} = 2139$$

Realizado los cálculos nos da como resultado que la tasa de crecimiento es de 1.5% y proyectando al año 2020 nos da un valor de 2,139 habitantes.

4.3.1 Los resultados del tamaño de la muestra son los siguientes:

$$\mathbf{n} = \frac{N\ x\ za^2\ x\ p\ xq}{d^2 x\ (N-1)+za^2\ x\ p\ x\ q}$$

$$n = \frac{2139x1{,}64^2x0{,}05x0{,}90}{0{,}03^2x(2139-1)+1{,}64^2x0{,}05x0{,}90}$$

n= 127

El tamaño de la muestra a considerar para la encuesta es de 127 habitantes.

A continuación, se presenta los resultados de forma gráfica de las respuestas obtenidas en las encuestas, de una muestra realizada a 127 habitantes de la parroquia el Corazón sobre la percepción social de la calidad del agua potable del Municipio de Pangua.

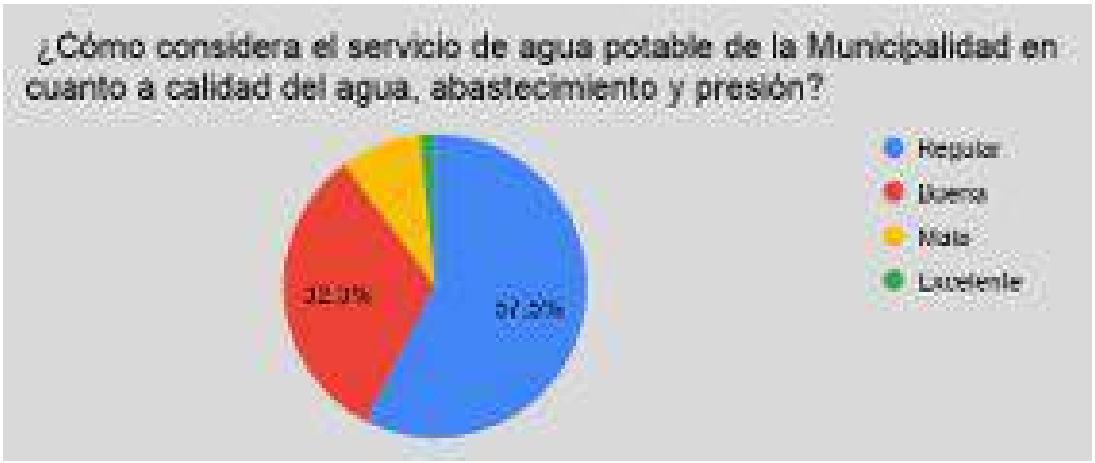


Figura 52-4: Pregunta 1 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En la presente gráfica refleja que el 57.5% de la población encuestada considera que el servicio de agua potable de la municipalidad es regular y el 33.3% considera que el servicio es bueno y un 8.7% dice que es mala y tan solo el 1.6% que es excelente.

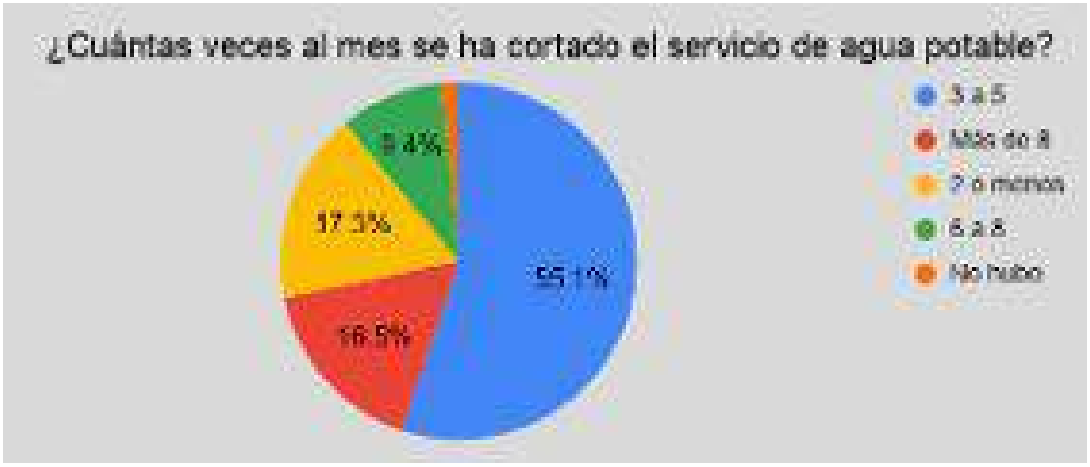


Figura 53-4: Pregunta 2 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En la segunda pregunta según el total de encuestados en su mayoría que representan el 55.1% detectan que de 3 a 5 veces al mes se ha cortado el servicio de agua potable y el 17.3% responde que 2 o menos veces han tenido cortes del servicio seguido del 16,5% opina que más de 8 veces han percibido cortes y por último tan solo el 1.6% contestan no hubo cortes de agua.

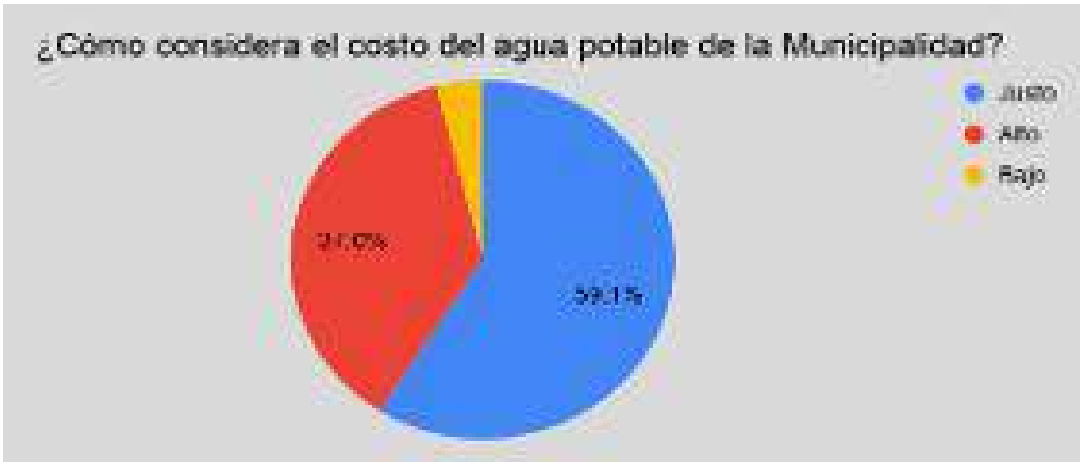


Figura 54-4: Pregunta 3 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: Es esta siguiente pregunta el 59.1% de la población encuestada contesta que consideran que el costo de agua potable es justo mientras que el 37% lo consideran un valor alto del precio del agua potable y por último tan solo el 3.9% les parece bajo el valor a pagar.

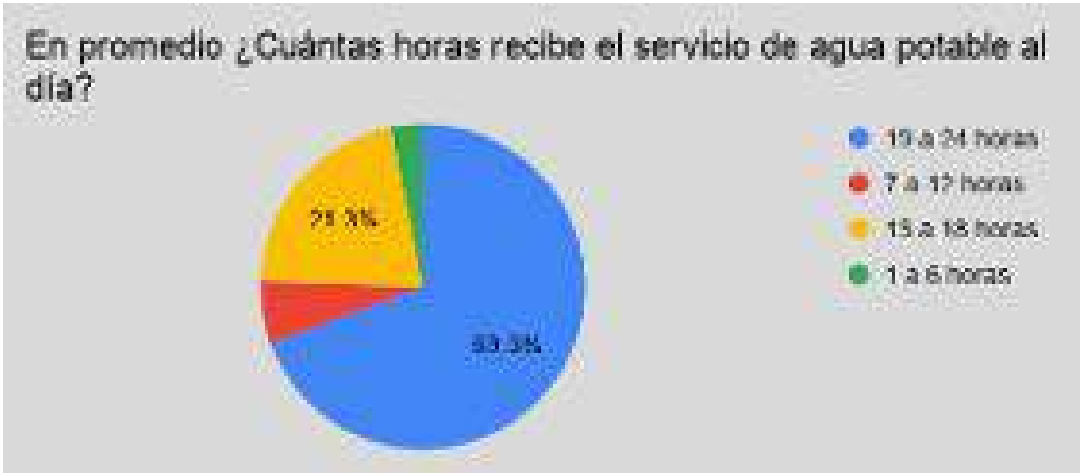


Figura 55-4: Pregunta 4 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En la presenta grafica refleja sobre el promedio de la horas que recibe el servicio de agua potable al día siendo en su gran mayoría el 69.3% contestan que de 19 a 24 horas reciben el servicio de agua potable seguido del 21.3% que representa ser de 13 a 18 horas quienes reciben el servicio de agua mientras que el 6.3% contestan que de 7 a 12 horas reciben el agua y por ultimo un 3.1% contestan contar con el servicio de 1 a 6 horas.

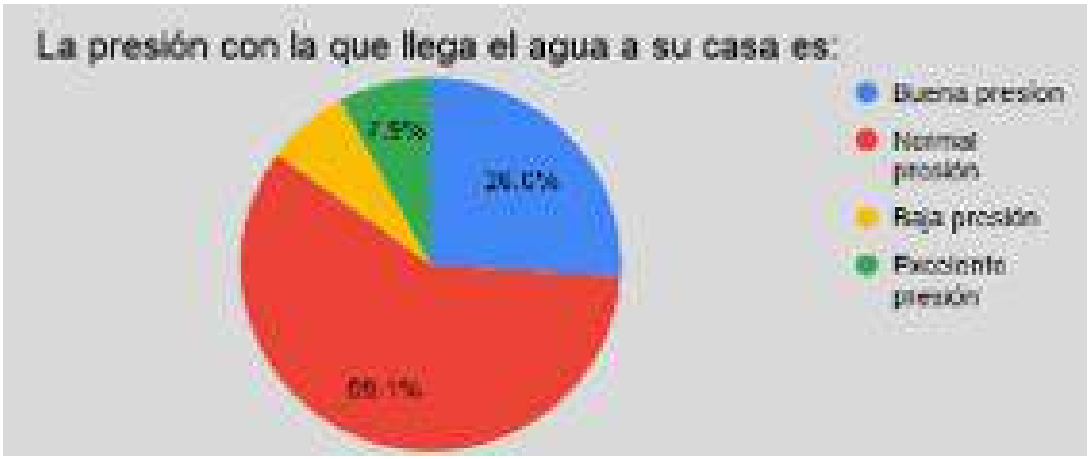


Figura 56-4: Pregunta 5 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: fue importante conocer la percepción de los encuestados en cuanto a la presión del agua con la que llega a su casa por lo que se obtuvo resultados que la mayoría de la población encuestada representando el 59.1 % contesta que la presión es normal mientras que el 26% lo califican de buena presión, el 7.9% lo califica como excelente presión y el 7.1% contestan tener baja presión.



Figura 57-4: Pregunta 6 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En esta siguiente pregunta en la gráfica se observa que la percepción de los usuarios que hace uso del servicio de agua potable en su mayoría considera de buena siendo este el 75.6% y el 3.9% consideran muy buena por lo contrario el 19.7% contestan ser mala y por último el 0.8% contestan ser muy mala la calidad del agua.

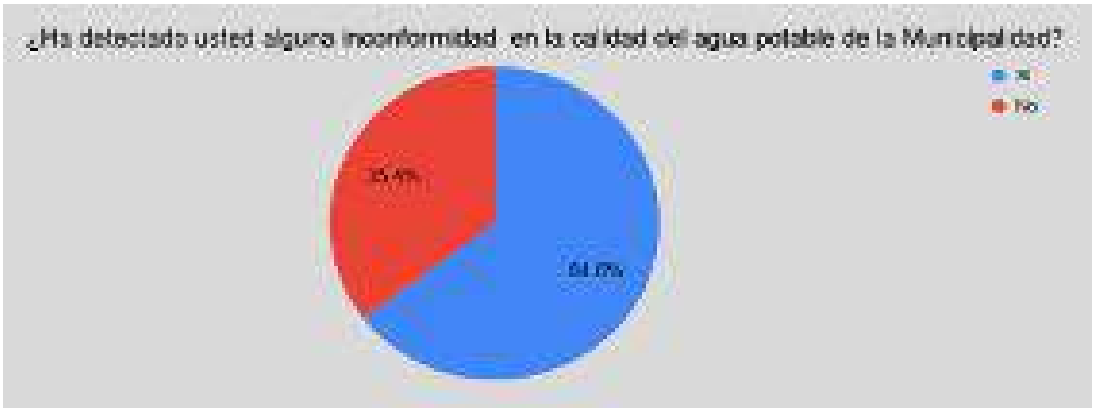


Figura 58-4: Pregunta 7 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: La presente pregunta se complementa con la pregunta 13 la cual según las respuestas obtenidas el 64.5% contestan que si han detectado alguna inconformidad en la calidad del agua potable mientras que el 35.4% no han percibido alguna inconformidad de la misma.

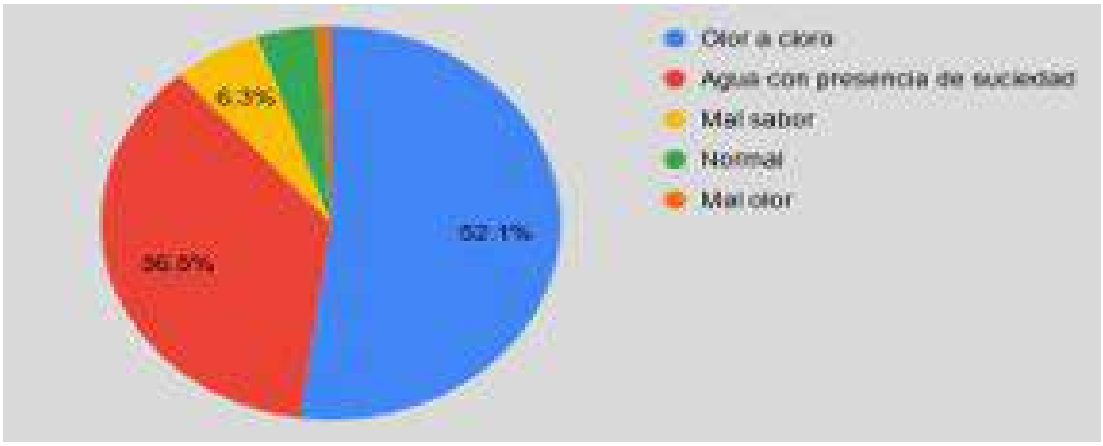


Figura 59-4: Pregunta 8 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En esta pregunta se complementa con las respuestas de la pregunta anterior donde se refiere si han detectado alguna inconformidad del agua potabilizada el cual contestan que han percibido olor a cloro y agua con presencia de suciedad siendo estos el 52.1% y el 36.5% respectivamente y un 6.3% contestan de presentar mal sabor y tan solo el 3.1% dice ser normal y por último el 1% contestan percibir mal olor.

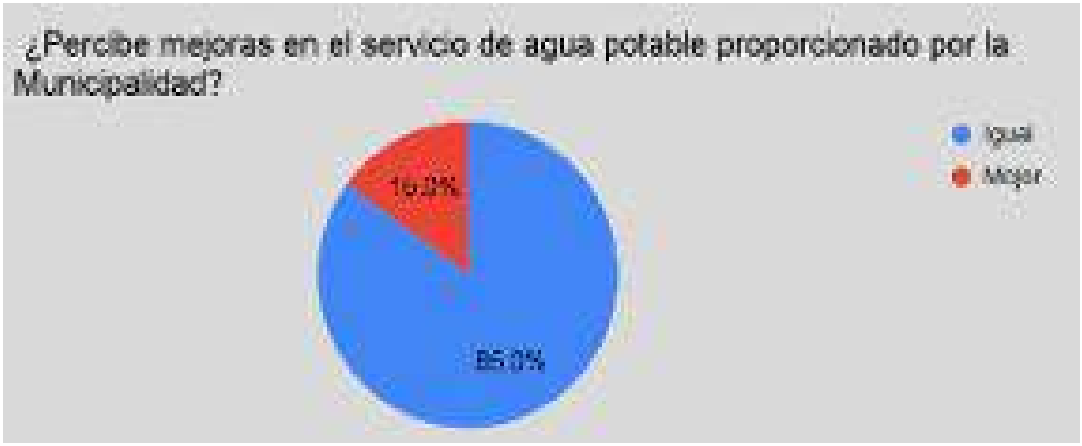


Figura 60-4: Pregunta 9 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En esta pregunta el 85% de la población encuestada contestan que sigue igual el servicio de agua potable es decir consideran que no ha presentado mejoras mientras que el 15% contestan de percibir mejoras en el servicio de agua potable.

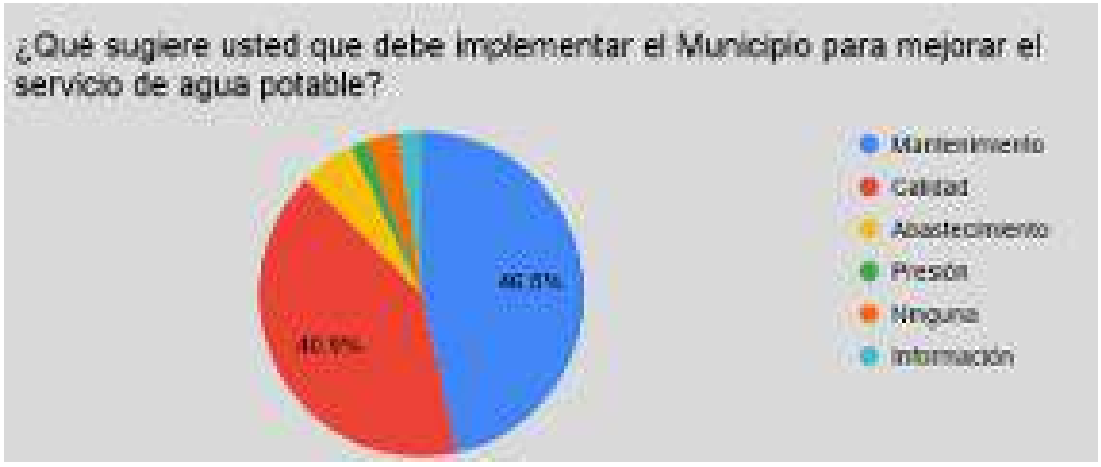


Figura 61-4: Pregunta 10 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En esta grafica se presenta los resultados de opinión al usuario sobre lo que se debe mejorar en el servicio de agua potable por lo que el 46.5% contestan que debe mejorar el mantenimiento y el 40.9% contestan la calidad del agua potable, mostrando así el interés de la población en percibir mejoras del sistema de abastecimiento de agua que hacen uso



Figura 62-4: Pregunta 11 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: En la siguiente grafica la población encuestada contestan que si compran agua embotellada para el consumo siendo el 53.5% y el 47.2% no compran agua embotellada.

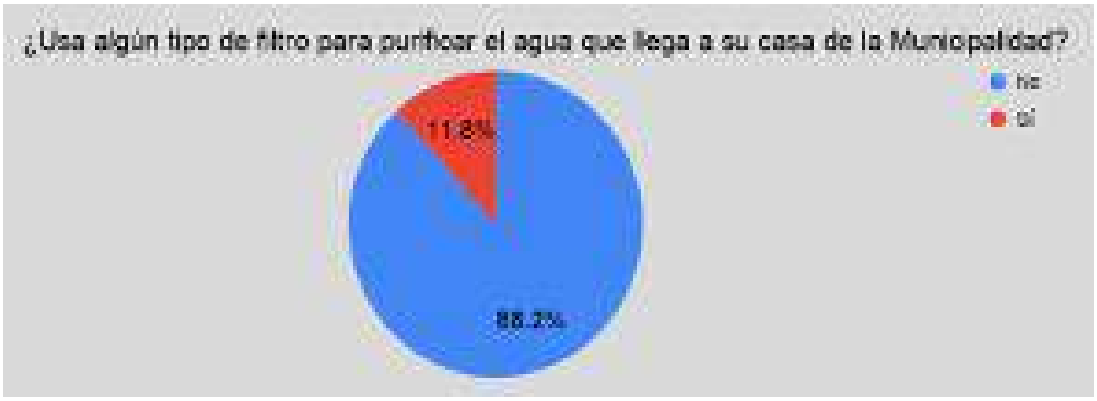


Figura 63-4: Pregunta 12 de la encuesta
fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: La población encuestada responden en su mayoría representando un 88.2% no utilizan ningún tipo de filtro para purificar el agua que llega a su casa y el 12.6% responden que si utilizan filtro.

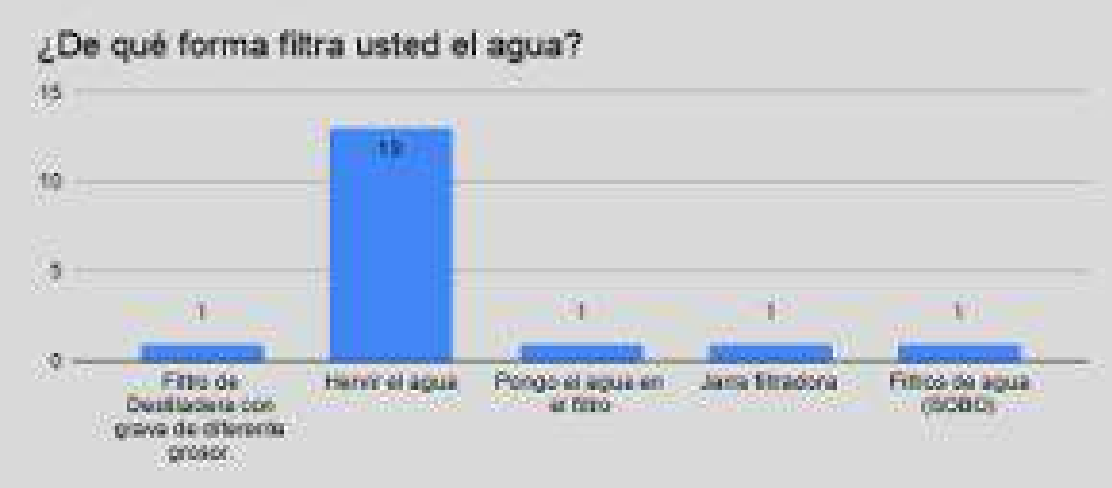


Figura 64-4: Pregunta 13 de la encuesta
Fuente: Realizado por: Susana B

Interpretación: Por otro lado la última pregunta es tipo abierta el cual permite al usuario a responder a su libertad; la pregunta se refiere si realizan algún procedimiento antes de consumir el agua, realizando un análisis de la misma en su mayoría las personas hierven el agua y también se obtuvo un resultado que una persona utiliza un filtro, cabe resaltar que en la encuesta los usuarios expresan quejas por lo que ya están considerando en comprar un filtro para asegurar el agua que están consumiendo.

4.4 Manual de operación y mantenimiento

4.4.1 Introducción

El correcto manejo de un sistema de planta de tratamiento de agua potable es un paso fundamental para obtener y dotar agua de calidad a la población, gran parte de lo mencionado se logra a través de la operación y mantenimiento que se realiza en el sistema de agua, que inicia desde la bocatoma pasando por el tratamiento hasta las conexiones domiciliarias; es por ello que se presenta en el manual definiciones básicas para la fácil compresión del operador, las actividades y acciones, así como las responsabilidades a realizar en cada uno de los componentes y unidades que conforman la planta tipo

convencional de la parroquia el Corazón. Para la elaboración del presente manual de operaciones y mantenimiento se ha tomado en cuenta en su mayoría, los manuales que han sido elaborados por el Centro Americano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/ OPS, y del manual elaborado por el Ministerio de Salud Pública.

4.4.2 Definiciones

4.4.2.1 Operación

Son las actividades que se realizan para hacer funcionar el sistema de agua potable (CEPIS/OPS, 2004).

4.4.2.2 Mantenimiento preventivo

Son las acciones rutinarias y periódicas que se realizan para la conservación de las instalaciones y equipos con la finalidad de prevenir fallas que den como consecuencia la ineficiente prestación de servicio de agua potable. (CEPIS/OPS, 2002).

4.4.2.3 Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de técnicas, acciones que se realizan para reparar y corregir daños que se presenten en las estructuras, equipos y accesorios, que impidan el buen funcionamiento. Las acciones a tomar dependerán de las necesidades que requieran (CEPIS/OPS, 2004).

4.4.3 Responsabilidades

4.4.3.1 Coordinador del sistema de agua potable

Las siguientes responsabilidades se basan de acuerdo al (GAD MUPAM, 2015).

- Suministrar de agua de calidad a la población.
- Inspeccionar en funcionamiento del sistema de agua potable
- Controlar la operación y mantenimiento de las unidades de la planta.
- Programar y efectuar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Solicitar informes mensuales de los análisis de laboratorio.
- Revisar los controles de calidad e informes presentados por el laboratorista y por el personal de operación y mantenimiento para la toma de medidas correspondientes en caso de presentar anomalías.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento y mantenerlo en constante actualización.
- Brindar asesoría técnica a los operadores.

- Investigar detalladamente la red de distribución para detectar y localizar fugas no visibles.
- Presentar las pruebas de presiones en los tanques y tuberías
- Dar cumplimiento estricto de las especificaciones de materiales y normas de instalación, de tuberías y acometidas al personal operativo o contratistas.
- Atender a reclamos del servicio de agua potable por parte de los usuarios y tomar medidas correspondientes.
- En caso de emergencia laborará en jornadas extraordinarias.
- Entre otras que les asigne a fines de su profesión.

4.4.3.2 Laboratorista

- Inspeccionar la existencia de insumos y el estado.
- Solicitar, equipar y operar los insumos y materiales de laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable.
- Realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Realizar los análisis de agua de las vertientes que alimentan la planta de tratamiento.
- Realizar el monitoreo de cada una de las unidades de la planta de tratamiento.
- Llevar un registro de la toma de muestras de agua, establecida en los diferentes puntos de muestreo de la parroquia el Corazón.
- Verificar que el agua cruda y agua tratada cumplan las normativas vigentes el Acuerdo Ministerial No. 097-A y norma INEN 1108 sexta revisión 2020.
- Inspeccionar que los químicos aplicados en la planta como el coagulante y el cloro sean los adecuados teniendo la dosis optima.
- Presentar informes mensuales a la Municipio de Pangua (GADMUPAM) de los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua cruda y agua tratada.
- Solicitar el control de la calidad del agua cada año por el laboratorio externo acreditado para la debida inspección y toma de muestras.
- Coordinar junto con el coordinador de la planta y los operadores el mantenimiento del sistema de tratamiento de agua potable.
- Entre otras funciones que le designen a fines de su profesión.

4.4.3.3 Operadores

- Operar y mantener adecuadamente el sistema de agua potable
- Realizar inspecciones periódicamente en las líneas de aducción y conducción
- Comunicar al coordinador de la planta las fallas e irregularidades que presente las instalaciones de la planta.
- Llevar un registro de las observaciones que realice en cada componente y partes del sistema de agua potable.
- Llevar un registro en los formularios o libros correspondientes sobre los trabajos realizados en el sistema de agua.
- Inspeccionar posibles fuentes de contaminación en la captación y en el área circundante a la planta de tratamiento.
- Verificar el caudal de ingreso a la captación.
- Retirar instalaciones clandestinas.
- Ejecutar acometidas domiciliarias.
- En caso de emergencia laborará en jornadas extraordinarias.
- Entre otras funciones que le designe el coordinador de la planta de tratamiento.

Los operadores de la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón deberán disponer de los Equipos de Protección Personal (EPP) para realizar las actividades de mantenimiento de cada uno de los componentes y unidades del sistema de agua potable, además de conocer las herramientas, materiales y equipos a utilizar en las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

4.4.3.4 Las características del agua potable

Para considerar al agua como potable debe cumplir ciertas características físicas, químicas y microbiológicas en los que constan de parámetros con niveles máximos permisibles establecidos por la norma INEN 1108:2020.

Características físicas. - Se refieren al color, olor, turbiedad y sabor del agua

Características químicas. - Se refieren a la concentración de químicos

Características microbiológicas. - Se refiere a la identificación de coliformes totales y fecales en el agua.

4.4.3.5 Procesos de la potabilización

4.4.3.6 Clarificación

Para eliminación de los sólidos suspendidos del agua se realiza por la sedimentación que consta en la remoción de partículas que se encuentran suspendidas en el agua, es decir el agua con mayor concentración de turbidez convertirla en agua más clara (OCSAS, 2012).

4.4.3.7 Filtración

Este proceso se realiza la eliminación de algunas bacterias y partículas que se encuentran suspendidas en el agua, partículas que no se han eliminado en el proceso de clarificación; el proceso consiste en pasar el agua por diferentes medios filtrantes como son la piedra bola de diferente grosor y la arena de cuarzo (OCSAS, 2012).

4.4.3.8 Desinfección

La desinfección es el último proceso que se realiza en la potabilización del agua; consiste en la eliminación de la gran parte de microorganismos, para la desinfección se realiza con cloro.

4.4.4 Sistema de agua potable

Es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población; existen dos tipos de sistemas de agua potable: por gravedad y por bombeo. El sistema utilizado en la PTAP de la parroquia el Corazón es por gravedad (OCSAS, 2012).

Un sistema de agua potable está formado por las siguientes partes:

Fuente, captación, aducción-conducción, tratamiento, tanque de almacenamiento, macro medidor, red de distribución, acometidas domiciliarias y micromedidor.

4.4.4.1 Fuente

Se conoce como fuente al lugar donde proviene el agua, esta puede ser de procedencia superficial o subterránea, si el agua brota de la tierra se conoce como manantial; la fuente se caracteriza por contener agua en circulación y es utilizada para el suministro de agua potable (OCSAS, 2012).

La fuente debe ser vigilada donde se evalúen el estado de conservación y vulnerabilidad en la que se encuentre, presentando un reporte al coordinador de la planta de tratamiento de agua potable; en caso de presentar situaciones como:

- Contaminación de la fuente por desechos en forma líquida o sólida.
- Presencia de la tala de bosques no autorizada en el lugar adyacente a la fuente.

- Deterioro de la fuente por fenómenos naturales.

4.4.4.2 Captación

Se refiere a captación al conjunto de estructuras para recolectar y almacenar el agua que proviene de la fuente; la forma de captación dependerá al tipo de fuente, puede ser captación superficial o captación subterránea (OCSAS, 2012).

La planta de tratamiento de la parroquia el Corazón tienen las siguientes captaciones:

- Captación el Tingo
- Captación Langaló
- Captación de Yasaucho

4.4.4.3 Operación

- Inspección visual de la bocatoma.
- Tomar lectura del caudal en la entrada.
- Registrar las variaciones de cambio de caudal y turbiedad.
- Informar al coordinador de las observaciones registradas en la bocatoma.
- Después de cada mantenimiento realizado en la captación, se pone en marcha la operación de la captación abriendo la válvula de salida para el paso del agua limpia.

Tabla 16-4: Mantenimiento preventivo de la captación

Frecuencia	Mensual
Actividad 1	**Limpieza externa de la captación**
Acción	• Limpiar constantemente alrededor de las estructuras de la captación para evitar que la vegetación existente crezca y entre a la captación. • Retirar las plantas piedras u objetos que se encuentren en la entrada, obstruyendo el libre ingreso del agua. • Realizar la limpieza del vertedero de excesos, con la ayuda de una escobilla de plástico. • Diariamente mantener las rejillas en buenas condiciones de tal manera que no se encuentren con suciedades que impida el

	ingreso del agua, con la ayuda una de una escobilla de plástico limpiar hasta eliminar las suciedades. • Limpiar las compuertas con la ayuda de una escobilla de plástico y luego ubicarlo en la posición correcta. • Limpiar el canal lateral de captación y descarga. • Limpiar el orificio rectangular de fondo., para su fácil desagüe. • Limpiar el dado de protección.
Materiales	Machete, palas, balde, cepillos metálicos, escobillas de plástico.
Frecuencia	Semanal
Actividad 2	**Limpieza interna de la captación**
Acción	• Cerrar la válvula de salida de conducción • Limpiar el canal de desagüe con ayuda de una escobilla de plástico eliminado los musgos y algas que crecen en el interior de las paredes y eliminar el agua sucia que se acumula en el canal. • Se retira el codo de rebose para que el agua contaminada salga por el tubo de desagüe, removiendo con la ayuda de una escobilla de plástico la suciedad que se encuentre impregnada en el piso y paredes; con el mismo objeto se realiza la limpieza de los accesorios, por último, enjuagar con abundante agua para eliminar los restos de suciedad. • Desinfectar las estructuras de la captación • Abrir la válvula de salida para que el agua clorada pase por la línea de conducción y se realice la desinfección de las tuberías. • Cerrar la válvula de entrada del reservorio. • Enjuagar la captación y los accesorios para posterior ingresar el agua limpia. • Cerrar la tapa sanitaria asegurando que extraños puedan manipularla. • Abrir la válvula de salida de la captación para que pase el agua limpia

Materiales	Cloro, cuchara, ropa de agua, balde graduado, medidor de cloro, comparador de cloro residual, escalera manual, escobillas de plástico, cloro granular.
Frecuencia	Anual
Actividad 3	• Pintar las paredes con una pintura adecuada para proteger las estructuras. • Pintar con una pintura anticorrosiva las estructuras metálicas para evitar oxidaciones.
Materiales	• Pintura, lija, brocha

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

4.4.4.4 Otros Cuidados

- La captación debe tener la tapa sanitaria para evitar el ingreso de microorganismos y suciedades que se encuentren a sus alrededores y encima de la captación.
- La tapa sanitaria siempre debe estar en su lugar y asegurada
- Verificar las condiciones del sello de la tapa sanitaria.
- Inspeccionar de manera periódica la captación para detectar alguna anomalía que este causando daños al sistema.
- En caso de percibir una fuente de agua contaminada comunicar al Coordinador de planta de tratamiento para tomar las medidas correctivas.
- Interrumpir el servicio de agua cuando presente alta turbiedad en la captación.
- La tubería desagüe debe mantenerse libre, con su respectivo canal para una fácil evacuación del agua, en caso de limpieza.
- La tubería debe estar protegida por un dado de protección para evitar el ingreso de animales pequeños e insectos.
- Para evitar la contaminación del agua de la captación se debe evitar la presencia de pozos sépticos, letrinas y desagües de aguas servidas, aguas arriba de la captación.

Procedimiento desinfección de las estructuras de la captación

En un recipiente graduado agregar 20 litros de agua adicionar 10 cucharas soperas de cloro granular (hipoclorito de calcio al 70%) esparcir por las paredes internas con la ayuda de un

trapo, agregar el sobrante de la solución en el tanque y llenar la captación, dejar actuar alrededor de 1 hora para la eliminación de microorganismos.

Tabla 17-4: Mantenimiento correctivo de la captación

Problemas	**Actividad**
En caso de presentarse fisuras en las estructuras	Resanar la estructura • Realizar una mezcla de concreto: arena fina, cemento y agua, combinar hasta conseguir una mezcla pastosa • Proceder al sellamiento de las fisuras
En caso de presentar deterioro en las compuertas	Remplazar la compuerta por una que sea funcional y de un material resistente a la corrosión.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

4.4.4.5 Aducción y Conducción

Aducción se refiere al componente sea este tuberías o canales por el cual se transporta el agua en condición natural es decir directamente de la fuente hasta el desarenador y conducción se refiere a la tubería que transporta el agua tratada desde el desarenador hasta la planta de tratamiento de agua potable, tanque de reserva o su vez directamente a las redes de distribución.

Tabla 18-4: Operación para las tuberías de aducción y conducción

Frecuencia	**Actividades**
Diaria	• Hacer la lectura de los macro medidores. • Realizar recorridos de la línea de aducción y conducción para verificar el estado de la tubería y del área del terreno, de tal manera detectar posibles riesgos que afecten a la tubería. • Verificar que la tubería no presente fugas de agua. • Medir los caudales a la entrada y salida de la conducción

Mensual	• Inspeccionar e identificar las conexiones ilegales.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 19-4: Mantenimiento preventivo de las líneas de aducción y conducción

Frecuencia	**Trimestral**
Actividad	• Mantener despejada el área de la tubería para su fácil inspección.
Frecuencia	**Mensual**
Actividad	• Limpieza interna de la tubería mediante la desinfección.
Herramientas y materiales	Machete, Pala, pico.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 20-4: Mantenimiento correctivo de las líneas de aducción y conducción

Problema	**Actividad**	**Materiales**
Fugas en la tubería	Reparar la tubería • Cortar el tramo de tubería deteriorada • Limpiar el espigo, la unión y el sello de caucho. • Aplicar pegamento en las espigas y en las campanas del mango. • Inserción de las campanas en la espiga de la tubería de forma que quede alineado en ambos planos y luego aplicar fuerza para la penetración completa.	Pegamento, uniones de sellado elastomérico.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Principales componentes de las líneas de aducción y conducción

Para el buen funcionamiento de la red de aducción y conducción tiene que contar con estructuras y accesorios, como son los tanques de rompe presión, válvulas reductoras y reguladoras de presión, válvulas de aire y de purga.

La línea de aducción hacia la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón tiene 2 válvulas de aire, 3 válvulas de desagüe y 3 tanques rompe presión.

4.4.4.6 Tanque rompe presión

El tanque rompe presión es una estructura pequeña de 1 metro por cada lado, empleada en la línea de aducción y conducción con la finalidad de disminuir la presión en la tubería (OCSAS), 2012).

4.4.4.7 Cámara rompe presión tipo 6

La cámara rompe presión tipo 6 es empleada para disminuir la presión del agua en las líneas de aducción (OCSAS), 2012).

4.4.4.8 Cámara rompe presión tipo 7

La cámara rompe presión tipo 7 es empleada para disminuir la presión del agua en las redes de distribución se diferencia del tanque rompe presión tipo 6 por contener este tanque una válvula flotadora.

Operación

- Verificar el correcto funcionamiento del tanque rompe presión
- Revisar la válvula compuerta y válvula flotador que esté funcionando correctamente.

4.4.4.9 Válvulas

Es un accesorio que sirve para regular el paso del agua en una tubería; por medio de la válvula se interrumpe o permite el paso del agua permitiendo realizar reparaciones, limpieza y mantenimiento (OCSAS), 2012).

4.4.4.10 Válvulas de aire

Son dispositivos permiten la salida del aire que se acumula en la parte superior de la tubería, si se impide la expulsión del aire da como consecuencia la formación de bolsas de aire dando paso a la obstrucción de paso de agua por lo que la velocidad de la misma disminuirá, además puede causar daños a la tubería (OCSAS), 2012).

4.4.4.11 Válvulas de purga

Las válvulas de purga son accesorios que permiten realizar la limpia o purga de las partículas acumuladas en el interior de la tubería de la línea de aducción y conducción (OCSAS), 2012).

Tabla 21-4: Mantenimiento preventivo de la cámara rompe presión y válvulas

Frecuencia	Mensual
Actividad	**Limpiar la parte externa de la estructura**
Acción	• Retirar la vegetación existente en el área adyacente a la cámara rompe presión. • Mantener limpio el canal de desagüe para evitar obstrucciones y que el agua sobrepase en nivel del tubo de rebose. • Abrir la tapa sanitaria y proceder a limpiar y lubricar los pernos y accesorios que conforman en el interior de la cámara húmeda. • Abrir la tapa sanitaria de la cámara de válvulas y cerrar la válvula de ingreso de agua • Retirar el tubo de rebose para desfogar el agua
Actividad	**Limpiar la parte interna de la estructura**
Acción	• Limpiar con una escobilla de plástico las paredes, piso incluyendo los accesorios y la tapa sanitaria. • Abrir la válvula de ingreso y enjuagar la cámara con abundante agua y cerrar la válvula de ingreso. • Desinfectar con hipoclorito de calcio dejando concentrar alrededor de una a dos horas y enjuagar.
Frecuencia	• Semanal
Actividad	• **Realizar la inspección y girar las válvulas de aire y de purga**
Frecuencia	• Mensual
Actividad	**Limpieza de las válvulas**
Acciones	• Limpiar la parte externa de la estructura y el área adyacente a la estructura.

	• Abrir la tapa sanitaria, limpiar y retirar material u objetos extraños que se encuentren en el interior de las cajas. • Limpiar la caja donde se encuentran las válvulas para evitar oxidaciones de las válvulas. • Realizar lubricaciones con aceite de máquina para evitar trabas en la válvula como bisagras, pernos y tuercas • Revisar permanentemente la caja de válvulas de purga • Para cerrar la válvula de purga se debe realizar de manera lenta para evitar el golpe de ariete. • Pintar la válvula con una pintura anticorrosiva para evitar oxidaciones. • Verificar el normal funcionamiento de las válvulas.
Herramientas y materiales	Machete, palas, escobillas de plástico, aceite de máquina, pintura, balde, cloro.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 22-4: Mantenimiento correctivo de la cámara rompe presión y válvulas

Problemas	**Actividad**
La válvula de la compuerta debe permanecer abriendo y cerrando acorde la válvula flotadora llega al nivel del tubo de rebose. La válvula de la compuerta no cierra	Regular la válvula flotadora
Fallas en la válvula flotadora y presencia de fuga de agua	Revisar el empaque o realizar el cambio por una nueva.
Grietas en la estructura	Resanar las estructuras que presenten alguna grieta.

Daños en los empaques de la válvula causando el goteo de agua.	Sacar el agua de la caja para prevenir oxidación de la válvula y cambiar los empaques por uno nuevo.
Fugas de agua en la válvula	Examinar las partes que las conforma para evaluar el estado en las que se encuentra y proceder al remplazo de una nueva, luego armar la válvula e instalar.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

El personal que opera en las válvulas debe tener las siguientes precauciones

- Contar con autorización del jefe o previa coordinación del personal de mantenimiento antes de manipular una válvula en la tubería matriz.
- Saber con certeza que válvula tiene que ser manipulada.
- Antes de cerrar la válvula principal se deberá abrir la válvula de by-pass.
- Utilizar las herramientas correspondientes para válvulas e hidrantes.

Recomendación

- Llenar un registro tarjeta de identificación y control por cada hidratante.
- Implementar un cerco perimétrico en los tanques rompe presión y las cajas de válvulas.

Desarenador

El desarenador es una estructura que tiene la función de eliminar las partículas de arena provenientes en el agua por sedimentación, estas son retenidas y decantan por su propio peso. En épocas de invierno en sus horas máximas de lluvia presentan mayor cantidad de arena lo que significa que el desarenador retendrá mayor cantidad de arena en épocas invernales y requerirá el mantenimiento con mayor frecuencia.

Tabla 23-4: Operación del desarenador

Frecuencia	Actividades
Diario	• Medir el caudal de ingreso al desarenador

	• Controlar la calidad del efluente
	• Medir la turbiedad del agua en la entrada y salida del desarenador
	En un libro de apuntes realizar un registro de:
	• La turbiedad del agua en la entrada y salida del desarenador.
	  • Registrar los cambios de caudal.
	  • Registrar las fechas de limpieza del desarenador

Semanal	• Evacuar los lodos que han sido sedimentados

Fuente Adaptado de**:** (CEPIS/OPS), 2004)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 24-4: Mantenimiento del desarenador

Frecuencia	Mensual La limpieza dependerá la calidad del agua que ingrese, esta varía de acuerdo las épocas del año (invierno u verano)
Actividad 1	**Limpieza de la cámara de entrada**
Acción	• Cerrar la válvula de entrada para cortar el flujo de agua hacia el tanque. • Limpiar y desprender el material adherido en el piso y paredes.
Herramientas y materiales	Escobilla de plástico
Actividad 2	**Limpieza de la parte interna del desarenador**
Acción	• Abrir la válvula de drenaje y evacuar los lodos. • Realizar el raspado del tanque para eliminar material adherido. • Enjuagar el tanque hasta que quede totalmente limpio.
Actividad 3	**Limpieza de la cámara de salida**
Acción	• Limpiar y desprender el material adherido en el piso y paredes.

Herramientas y materiales	Palas, cubetas, tablas, carretilla, escobilla de plástico.
Actividad 4	**Poner en funcionamiento**
Acción	• Cerrar la válvula de drenaje y abrir la válvula de entrada del agua. • Llenar el tanque de acuerdo al volumen que posea.
Frecuencia	Mensual
Actividad	**Limpieza de la estructura externa**
Acción	• Limpiar el área adyacente al desarenador, eliminado plantas y musgos. • Engrasado de las válvulas y accesorios.
Frecuencia	Semestral
Actividad	• Pintar el cerramiento con una pintura anticorrosiva
Frecuencia	Cada que lo requiera
Actividad	• Pintar las paredes de la estructura externa

Fuente Adaptado de**:** (CEPIS/OPS), 2004)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 25-4: Mantenimiento correctivo del desarenador

Problemas	**Actividad**
En caso de presentarse fisuras en las estructuras	Resanar la estructura • Realizar una mezcla de concreto: arena fina, cemento y agua, combinar hasta conseguir una mezcla pastosa • Proceder al sellamiento de las fisuras
En caso de presentar deterioro en las compuertas y accesorios.	Reparación o cambio de válvulas y compuertas.

Fuente Adaptado de**:** (CEPIS/OPS), 2004)
Realizado por: Susana Borja

Tratamiento

Tratamiento consiste en convertir el agua cruda en agua tratada previo a diferentes procesos a realizar en un conjunto de estructuras dispuestas para realizar el tratamiento del agua, de tal manera se encuentre en condiciones óptimas para el consumo humano.

Tratamiento por medios físicos

Un tratamiento físico se refiere a la eliminación de la turbiedad, el color y solidos totales en suspensión la cual consiste en el asentamiento de los sedimentos que se encuentran en el agua; para la eliminación de los parámetros anteriormente mencionados se realiza por sedimentación, proceso que requiere una previa adición de coagulante químico para adquirir mayor peso de las partículas y así una fácil sedimentación.

Mezcla rápida- canaleta de Parshall

El proceso de mezcla rápida es el primero que se realiza en la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón; mediante la canaleta Parsall facilita la dispersión del agua con el coagulante por la turbulencia generada en la canaleta para lograr la desestabilización de las partículas coloidales generando un floc microscópico (coagulación).

Tabla 26-4: Operación de la mezcla rápida

Frecuencia	Actividades
Diaria	• Medir el caudal de entrada y salida de agua. • Regular el caudal de ingreso. • Medir la turbiedad y color del agua en la entrada de la PTAP. • Verificar cada hora la dosis de coagulante • Aplicar la dosis optima del coagulante en la canaleta Parshall de acuerdo al caudal de entrada. • Aplicar la dosis de coagulante en el punto de mayor turbulencia. • Registrar la cantidad de coagulante (sulfato de aluminio) consumido en el día

Fuente: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)

Realizado por: Susana Borja

Tabla 27-4: Mantenimiento preventivo de la mezcla rápida

Frecuencia	**Diaria**
Actividad	• Determinar la dosis optima del coagulante • Aplicación de la dosis optima en el canal Parshall.
Frecuencia	**Cada 15 días**
Actividad	• Limpieza de las estructuras • Limpieza y calibre de los equipos de laboratorio
Herramientas y materiales	Registro de información, instrumentos de laboratorio.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Floculador

La floculación consiste en aglomeración de partículas y coloides (floc) con mayor peso de tal manera faciliten su sedimentación misma que es favorecida por la mezcla lenta que permiten juntar los flóculos.

Una vez aplicado el coagulante en el canal Parshall y realizado la mezcla rápida, la masa de agua pasa al floculador vertical aplicando velocidades de creciente, el flujo de agua sube y baja a través de los canales verticales formados por las pantallas y mediante la mezcla lenta promueve al crecimiento de flóculos; en esta unidad el micro floc formado tiende a juntarse poco a poco con otras partículas formando un floc de mayor peso y tamaño.

Tabla 28-4: Operación del floculador

Frecuencia	**Actividades**
Diaria	• Observar el estado de los compartimentos y las pantallas. • Llenar el floculador lentamente. • Tomar una muestra a la salida del floculador para verificar la formación del floculo y la dosis que ha sido aplicada. • Verificar que el tiempo de retención sea el suficiente para formar el floculo con un peso y tamaño adecuado.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 29-4: Mantenimiento preventivo del floculador

Frecuencia	**Diaria**
Actividad	• Limpieza del floculador abriendo la válvula de entrada y desaguar la unidad. • Limpieza de las pantallas del floculador. • Revisión del funcionamiento en cuanto al caudal.
Frecuencia	**Mensual**
Actividad	• Limpieza de la estructura • Limpieza y calibre de los equipos de laboratorio
Herramientas y materiales	Escobillas de plástico.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Sedimentador

El floc que han sido formados en el floculador, mediante el proceso de sedimentación el material en suspensión por la acción de la gravedad decanta en el sedimentador para luego ser retirado en la limpieza de la unidad.

Tabla 30-4: Operación del sedimentador

Frecuencia	**Actividades**
Diaria	• Verificar que el sedimentador remueva más del 90% de turbiedad. • Verificar el nivel del lodo del sedimentador. • Medir la turbiedad del agua

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 31-4: Mantenimiento preventivo del sedimentador

Frecuencia	**Semanal**
Actividad	**Limpieza interna del sedimentador**
Acción	• Abrir la válvula de drenaje para la evacuación de lodos.

	• Remover el lodo sedimentado manualmente. • Limpieza de la estructura interna del sedimentador, con la ayuda de escobillas y agua. • Realizar el raspado del material adherido en el fondo del sedimentador. • Desinfectar las paredes y las placas con hipoclorito de calcio. • Enjuagar el sedimentador y ponerlo en funcionamiento.
Frecuencia	Cada que lo requiera
Actividad	**Limpieza externa del sedimentador**
Herramientas y materiales	Palas, cepillos metálicos, hipoclorito de calcio.

Fuente Adaptado de**:** (CEPIS/OPS), 2004)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 32-4: Mantenimiento correctivo del sedimentador

Problemas	**Actividad**
En caso de presentarse fisuras en las estructuras	Resanar la estructura • Realizar una mezcla de concreto: arena fina, cemento y agua, combinar hasta conseguir una mezcla pastosa • Proceder al sellamiento de las fisuras
Deterioro de las placas	Cambio de las placas del sedimentador.

Fuente Adaptado de**:** (CEPIS/OPS, 2004)
Realizado por: Susana Borja

Filtración

En el proceso de filtración se realiza para separar los sedimentos que no se hayan eliminado en el proceso de sedimentación, para la eliminación de estas partículas sea hace pasar el agua por medios filtrantes como son la piedra bola de diferentes tamaños y la arena de cuarzo.

Filtración lenta

Un buen mantenimiento de los filtros lentos de arena requiere tareas diarias como son los siguientes.

Tabla 33-4: Operación de los filtros lentos

Frecuencia	Actividades
Diaria	• Controlar el agua que ingresa a la planta. • Retirar el material flotante con una nasa. • Medir y regular la velocidad de filtración. • Revisar que el nivel del agua del tanque principal no suba demasiado, debido a que si esta se eleva significa que se debe realizar el mantenimiento. • Monitoreo de la calidad del agua. • Medir el caudal del agua filtrada. • Llevar un registro de la limpieza y lavados de los filtros.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 34-4: Mantenimiento preventivo de los filtros lentos

Frecuencia	Semanal
Actividad	**Limpieza de los filtros lentos**
Acción	• Cerrar la válvula de ingreso de agua al filtro lento. • Verificar el cierre de la válvula de interconexión que une a los dos filtros. • Abrir la válvula de desagüe, hasta que el agua tenga un nivel de 20 cm por debajo de la arena para verificar el mismo se hace un hoyo. • Una vez comprobado el nivel se cierra la válvula de desagüe. • Con la ayuda de una tabla bien limpia, ubicar de manera horizontal encima de la arena para ayudar al operador hacer la limpieza. • El operador no debe pisar en la arena al hacer el raspado • Raspar y retirar la arena colmatada de 1 a 2 cm de la superficie o el nivel que requiera para la limpieza, luego nivelar la superficie.

• Llenar el tanque de forma descendente.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 35-4: Mantenimiento correctivo de los filtros lentos

Problemas	Actividad
• Agua con abundante maleza y materia orgánica. • Ingreso del agua con excesiva turbulencia. • Falta de elementos que eviten la caída directa del agua al sedimentador. • Estructuras deterioradas.	• Retirar con una nasa diariamente el material flotante. • Controlar el caudal de ingreso a los filtros. • Implementación de tuberías con la respectiva válvula. • Limpiar y pintar las estructuras.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Lavado de la arena

- Ingresar la arena a la cámara de lavado
- Remover la arena junto con el agua cuantas veces sea necesario
- Realizar la prueba de la botella para comprobar si la arena está limpia.

Procedimiento para la prueba de la botella

- En una botella llenar de arena y añadir agua y observar si el agua está limpia o sucia; en caso de presentar suciedad el operador deberá lavar la arena cuantas veces sea necesario hasta que el agua de la botella se observe totalmente clara.
- Escurrir el agua de arena y secarla en el sol.
- Con la ayuda de una carretilla transportar la arena a la caseta donde se almacena para los rearenamientos.

Procedimiento para el rearenamiento

Cuando la capa de arena se encuentre a un nivel mínimo de 60 cm de alto por los raspados realizados en la limpieza periódica, se realizará el rearenamiento hasta el nivel máximo de 1 metro.

El operador deberá comunicar al Coordinador de la planta de tratamiento de agua potable y alcantarillado Ing. Cristian Rosero, que es necesario realizar el rearenamiento para planificar la fecha y el personal para realizar dicha tarea.

- Abrir la válvula de desagüe, hasta que quede totalmente sin agua el filtro.
- Con la ayuda de una tabla bien limpia, ubicar de manera horizontal encima de la arena para ayudar al operador hacer la limpieza.
- Raspar la capa superior del filtro y sacar la arena por partes haciendo montones a un costado con precaución de no retirar los otros medios filtrantes con mayor grosor.
- Rellenar de arena limpia hasta un nivel de 40 cm y luego colocar la arena vieja hasta completar 1 metro de altura.
- Nivelar la superficie de arena
- Poner a funcionar el filtro llenando por la cámara de salida con agua limpia de otro filtro lento.
- Dejar madurar el lecho filtrante, puede ser de 3 a 15 días esta dependerá de la calidad del efluente.
- Una vez formada en la superficie de la arena la biopelícula biológica (piel de filtro).
- Dejar ingresar el agua al filtro la cual cruzara por la piel de filtro y los microorganismos benéficos serán los encargados de eliminar los microbios y bacterias.
- De la misma manera al cruzar por el medio filtrante después de pasar la piel de filtro cada partícula de arena se rodea de la película biológica donde se encuentran muchos microorganismos benéficos, al cruzar el agua por las partículas van dejando el resto de microbios y bacterias que son eliminados por la película biológica de esta manera se termina de purificar el agua.

Tratamiento por medios químicos

Un tratamiento químico se refiere a la eliminación de microorganismos por medios químicos; para realizar la desinfección del agua se utiliza cloro puede ser el hipoclorito de sodio que es liquido o el hipoclorito de calcio que es granular.

Desinfección

La desinfección es el último proceso por el cual pasa el agua para la eliminación de los microorganismos como bacterias y virus, considerándose un agua potabilizada apto para el consumo humano, para la desinfección del agua se utiliza cloro granular (hipoclorito de calcio).

Tabla 36-4: Operación de la desinfección

Frecuencia	**Actividades**
Diaria	• Verificar que el caudal de entrada sea el apropiado para la cantidad de cloro a aplicar. • Calibrar la válvula hasta conseguir el goteo adecuado. • Verificar que no haya escape del cloro. • Registrar en el libro o formularios la cantidad de cloro consumido al día.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)

Realizado por: Susana Borja

Tabla 37-4: Mantenimiento preventivo de la desinfección

Frecuencia	Mensual
Actividad	• Limpiar la caseta de post cloración. • Limpiar las partes que conforman el tanque hipoclorador. • Verificar del estado de los accesorios para un posible cambio.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)

Realizado por: Susana Borja

Preparación de la solución madre

- Para un tanque de 400 litros
- Pesar 700 gramos de hipoclorito de calcio al 70%.

- Diluir el hipoclorito de calcio al 70% con agua.
- Dejar reposar 30 minutos para que se asiente el calcio y luego disponer de la disolución liquida.
- Llenar el tanque de 400 litros y agregar la solución evitando el ingreso del calcio sedimentado en el balde y asegurar el tanque.

Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es la estructura dispuesta para almacenar el agua que ha sido tratada en gran cantidad para distribuir y satisfacer la demanda de la población.

Tabla 38-4: Operación en el tanque de almacenamiento

Frecuencia	**Actividad**
Cada hora	• Lectura y registro del nivel de agua del tanque de almacenamiento. • Registrar la cantidad de cloro que ha sido consumido en el día. • Lectura de los macro medidores.
Materiales	Cuaderno o libro, esfero

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 39-4: Mantenimiento en el tanque de almacenamiento

Frecuencia	2 veces al año
Actividad	**Limpieza de las estructuras internas del reservorio**
Acción	• Cerrar las válvulas de ingreso y salidas. • Abrir la válvula de limpia y corroborar que el reservorio contenga agua suficiente para la limpieza. • Limpiar las paredes y piso con ayuda de una escobilla de plástico. • Eliminar los sedimentos y partículas propios de las paredes y piso producto de la limpieza.

	• Desinfección en la parte interna y externa del reservorio con hipoclorito de calcio al 70%. • Para la desinfección de las paredes internas con la ayuda de la escobilla de plástico se procede a limpiar las paredes y el piso con el cloro. • Llenar el reservorio junto con la solución clorada y dejar alrededor de 1 a 2 horas que la estructura se mantenga en contacto con el cloro, después se realiza el desahogo del cloro por medio del rebose • Enjuagar las paredes con una manguera de agua.
Materiales	Manguera, valde, hipoclorito de calcio al 70%
Frecuencia	Mensual
Actividad	**Limpieza de la cámara de válvulas**
Acción	• Limpiar la parte interna de las válvulas eliminando yerbas y musgos que se forman por la humedad y la falta de aireación. • Inspeccionar que las válvulas, tuberías y accesorios se encuentren por encima del lecho de grava. • Lubricar con aceite las válvulas y accesorios. • Pintar con una pintura anticorrosiva para evitar oxidaciones • Pintar las válvulas de colores diferentes para se diferencien en su funcionamiento: Azul: válvula de ingreso Verde: válvula de salida Rojo: válvula de by-pass Negro: válvula de limpieza
Actividad	• Limpieza del área circundante del tanque de almacenamiento.
Materiales	• Aceite de máquina, pintura anticorrosiva, cepillos.

Fuente: Adaptado de: MSP, 2019. (Ministerio de Salud Pública. 2019)

Realizado por: Susana Borja

Procedimiento para la desinfección

Agregar en un valde de 100 litros de agua 300 gr de hipoclorito de calcio al 70 % y disolverlo bien.

Repetir el proceso cuantas veces sea necesario hasta cubrir todas las paredes y piso del reservorio.

Dejar reposar la solución del hipoclorito de calcio alrededor de 1 a 2 horas

Recomendaciones

Utilizar los equipos de equipo de protección personal (EPP)

Contar con las herramientas a utilizarse en el proceso de limpieza.

Redes de distribución

Es el conjunto de instalaciones, tuberías por donde el cual circula agua potable hasta llegar al consumidor.

Para el mantenimiento de las redes de distribución se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

La población de la parroquia el Corazón debe ser informada con anticipación sobre los cortes del servicio de agua potable que se realizarán por el mantenimiento y limpieza de las redes de distribución, de tal manera se puedan abastecer de agua mientras dura las horas de corte, para tal actividad se debe realizar en la noche y las horas de menor consumo además deberán cerrase las válvulas de paso de las conexiones domiciliarias como medida de precaución hacia el usuario. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la salud (CEPIS/OPS), 2005)

Tabla 40-4: Operación de las redes de distribución

Frecuencia	Actividad
Mensual	• Tomar las presiones a través de los hidrantes y conexiones domiciliarias de preferencia en las horas máximas de consumo de agua.
Variable	• Apertura y cierre de las válvulas dependiendo la actividad a realizarse.
Materiales	Llaves de válvulas, gancho de hierro dulce

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)

Realizado por: Susana Borja

Tabla 41-4: Mantenimiento preventivo de las redes de distribución

Frecuencia	Mensual
Actividad	**Limpieza y desinfección de tuberías**
Acción	• Cerrar las válvulas de ingreso y salidas. • Desinfectar las tuberías con hipoclorito de calcio. • Dejar pasar la solución de agua clorada por la línea de redes y dejar concentrar en la línea alrededor de 2 a 3 horas. • Mantener los caños abiertos para la purga correspondiente y que el agua no sea utilizada en el consumo doméstico. • Eliminar por la purga el agua con el material acumulado en la tubería. • Pasar agua limpia para conseguir un enjuague de las tuberías. • Tomar la muestra en los puntos de muestreo para el análisis de laboratorio. • Permitir la normal circulación del agua.
Materiales	Hipoclorito de calcio al 70%

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 42-4: Mantenimiento correctivo de las redes de distribución

Problemas	**Actividad**
En caso de presentarse fugas de agua por rotura de la tubería de hierro se debe realizar lo siguiente:	Reparar la tubería de hierro • Mediante un Geófono detectar el sonido producido por la fuga de agua bajo el suelo. • Excavar en el lugar donde se encuentre el daño. • Cerrar la válvula que controla en flujo de agua • Al ser interconexiones antiguas proceder a contarla y taponar sus extremos. • Rellenar el lugar donde se realizado la excavación.

	• Excavar en el lugar donde se encuentre el daño. • Cerrar la válvula que controla en flujo de agua • Cortar el tramo de tubería deteriorada • Limpiar el espigo, la unión y el sello de caucho. • Aplicar pegamento en las espigas y en las campanas del mango.
Fugas de agua en las tuberías PVC	• Inserción de las campanas en la espiga de la tubería de forma que quede alineado en ambos planos y luego aplicar fuerza para la penetración completa. • Realizar la prueba hidráulica abriendo la válvula correspondiente. • Rellenar y compactar donde se hizo la excavación. • Para la reparación utilizar uniones de reparación por sellado elastomérico.
En caso de presentar deterioro en las compuertas y accesorios.	Proceder al sellamiento de las fisuras Reparación o cambio de válvulas y compuertas.
Materiales	Mango o tubería con dos campanas, llave stilon N° 12 y 18, llave cresen N° 10 arco de sierra, alicate, escobillas de cerda, destornillador, Cemento, arena, gravilla y agua
Herramientas	Caja de herramientas, carretilla, llaves de tubo, segueta con marco, flexómetro, alicate, destornilladores, cinta de teflón, mechero, llave para hidrante, martillos, grata, cortatubos, palas, pico barras, baldes.
Equipo	Geófono

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

Conexiones domiciliarias

Es el conjunto de tuberías instaladas con conexión directa a las redes de distribución para circular agua potable a un inmueble. Las acometidas constan de un collar de derivación,

adaptador macho, válvula de cilindro de bronce, llave de registro de corte, medidor, cajilla, T, y tapón.

Tabla 43-4: Operación de las conexiones domiciliarias

Frecuencia	Actividad
Mensual	• Manipuleo de las llaves de paso de acuerdo a los requerimientos. • Lectura de micro medidores • Inspeccionar las instalaciones en terrenos baldíos para proceder al retiro del mismo.
Variable	• Cortar el servicio cuando sea necesario. • Calibrar la llave de paso.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

Tabla 44-4: Mantenimiento preventivo de las conexiones domiciliarias

Frecuencia	Mensual
Actividad	**Limpieza y desinfección de tuberías**
Acción	• limpiar el área adyacente a la caja de válvulas de la llave de paso, retirando cualquier material extraño o vegetación presente. • Verificar el funcionamiento de las llaves de paso. • Inspeccionar que no haya fugas de agua. • Previo conocimiento de la limpieza de la red de distribución aprovechar la solución de cloro para desinfectar los tubos, para lo cual se debe abrir la llave de paso y cerrar el grifo para que la solución se mantenga en la tubería. • Dejar en contacto unas 2 horas luego dejar correr el agua.

Fuente: Adaptado de**:** (OCSAS), 2012)
Realizado por: Susana Borja

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se diagnóstico la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia el Corazón verificando que cuenta con 3 captaciones para su abastecimiento, sin embargo la de falta capacitaciones a los trabajadores y la falta de mantenimiento de manera periódica en las captaciones hace que presente interrupciones en el abastecimiento de agua a la planta de tratamiento, de la misma manera se observa la inadecuada reparación de las tuberías, la escaza limpieza en todas las unidades de la planta y de las redes de distribución genera que el servicio de agua potable a la población no sea tan eficiente, resultado que se ha visto reflejado en la encuesta de satisfacción aplicada a la población del casco urbano de la parroquia el Corazón.
- Al analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos con las normativas vigentes se concluye que los parámetros medidos en la planta de tratamiento de agua potable están dentro de los rangos establecidos por la INEN 1108:2020 y el Acuerdo Ministerial No. 097-A, además las fuentes de abastecimiento de la planta de tratamiento de agua potable no presentan mayor contaminación indicando su buena calidad. Sin embargo, los parámetros de conductividad, sólidos totales disueltos y nitratos presentan una mayor concentración en la salida de planta que en la entrada, identificando algunas falencias en ciertas unidades operacionales.
- Se elaboró el manual de operaciones y mantenimiento tomando en cuenta el diagnóstico de la planta de tratamiento; este documento permitirá una mejor orientación de las actividades diarias, semanales, mensuales y anuales que deberán llevar a cabo para mejorar su funcionamiento por ende el servicio de agua potable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el personal encargado de la operación y mantenimiento reciban capacitaciones sobre el manejo de la planta de tratamiento de agua potable.
- Se recomienda la aplicabilidad de las pautas de operación, mantenimiento preventivo y correctivo que se han propuesto en el manual, mismo que deberá ser disponible para todo el personal encargado.
- Se recomienda que el personal de la planta haga uso del equipo de protección personal para su seguridad.

REFERENCIAS

Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN). (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de agua residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* (Ecuador, Ed.) Obtenido de Normalización : https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). (2015). *Normativa Tecnica Sanitaria sobre prácticas correctivas de higiene.* Quito.

Alcaldía del Cantón Pangua. (14 de Julio de 2020). *El sistema de #agua potable garantiza la calidad para el consumo de toda la población, siguiento todos los procesos y parámetros establecidos por las instituciones de control [video]*. Facebook. Obtenido de https://fb.watch/2mvRgrcHpr/

Andía Cardenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua Coagulación y Floculación* . Obtenido de SEDAPAL: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2008). Microbiología de agua conceptos básicos. En M. C. Apella, & P. Z. Araujo, *Microorganismos Presentes en Aguas Naturales* (pág. 33).

Arrieta Lozano, J. J. (2019). Recommendations For Design And Optimization Of Drinking Water Treatment Plants, Considering Aspects Of Functionality And Durability. *Prospectiva, 17*(2), 47-52 . doi:10.15665/rp.v17i2.1732

Asamblea General del Ecuador. (18 de diciembre de 2015). Registro Oficial. *Ley Orgánica de Salud*. Quito, Ecuador: Ediciones legales.

Asamblea General del Ecuador. (29 de diciembre de 2017). CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL,. Quito, Ecuador: Ediciones Legales.

Asociación de agua rural de Minnesota (MRWA). (2009). *Coagulación y Floculación* . Obtenido de Archivos PDF: https://www.mrwa.com/WaterWorksMnl/Chapter%2012%20Coagulation.pdf

Balestrini Acuña, M. (2000). *Cómo se elabora el proyecto de investigación* (Primera Edición ed.). Caracas: Consultores Asociados BL.

Baltar, F., & Gorjup, M. T. (2012). Muetreo mixto online:Una aplicación en poblaciones ocultas. *redalyc.org*, *8*(1), 123-149.

Barrenechea Martel, A., & de Vargas , L. (2009). *Desinfección.*

Cama Luque, D. E., & Huasco Cuchaca, M. G. (2019). Ingeniería Ambiental. *Evaluación de la calidad de agua en la planta de tratamiento de.* Universidad Peruana Unión, Lima.

Carbotecnia. (17 de febrero de 2021). *carbotecnia.info*. Obtenido de Sólidos disueltos totales (TDS): https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/

CARE Internacional-Avina Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades (OCSAS). (2012). *Modulo 5. Operación y mantenimineto de sistemas de agua potable.* Quito-Ecuador.

Centro Americano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS OPS). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teroría Tomo I.* Lima: CEPIS.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua.* Lima.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la salud (CEPIS/OPS). (2005). *Guía de procedimientos para la operación y mantenimiento de desarenadores y sedimentadores.* Lima. Obtenido de Guía de Procedimiento para la operación y Mantenimiento de Desarenadores y Sedimentadores: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20procedimientos%20para%20operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

Código Orgánico De Organización Territorial (COOTAD). (23 de Octubre de 2018). Presidencia de la República del Ecuador. Quito, Ecuador.

Código Orgánico Del Ambiente. (12 de Abril de 2017). Presidencia de la República . Quito.

Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA). (2007). *Manual de Agua Potable Alcantarillado Y saenamiento.* Mexico.

Constitución de la Republica de Ecuador (CONST). (2008). *Artículo 12 (Título II).* Quito: Ediciones Legales.

Constitución de la Republica de Ecuador (CONST). (2008). *Artículo 3 (Título I).* Quito: Ediciones Legales.

Ecuador Estratégico (EP). (2017). *Proyectos de Agua Potable Mejoran la Calidad de Vida de Familias Ecuatorianas.* Obtenido de Ecuador estratégico: https://www.ecuadorestrategicoep.gob.ec/proyectos-de-agua-potable-mejoran-la-calidad-de-vida-de-familias-ecuatorianas/

EMAPAST EP. (2015). Puyo.

Empresa Municipal Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS). (17 de Diciembre de 2020). *aguaquito.* Obtenido de Nuestra historia: https://www.aguaquito.gob.ec/nuestra-historia/

Estrategia Nacional De Calidad Del Agua (ENCA). (2016). *Estrategia nacional de calidad del agua.* Quito.

Falcón, J. C., & Herrera, R. C. (2005). *Análisis del dato estadístico.* Caracas.

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

García López, B. C., López Bastida, E. J., & Castro Perdomo, N. A. (2020). Procedimiento para análisis químico de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo. *Universidad y Sociedad*, 190 - 195.

Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Pangua (GAD) Pangua. (2020). *Informe de análisis de aguas* . Laboratorio. Recuperado el 26 de Noviembre de 2020

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pangua (GAD MUPAM). (2015). *Estatuto Orgánico De Gestión Organizacional Por Procesos.* El Corazón.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Pangua (GAD MUPAN). (2017). *Reforma de la ordenanza sustitutiva que regula el servicio y el cobro de las tasas por dotación de agua potable y alcantarillado del Cantón Pangua.* Corazón.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pangua (GAD PANGUA). (2018). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pangua.*

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Pangua (GADMUPAN). (20 de Marzo de 2017). *Secretario General.* Corazón. Obtenido de Ordenanzas 2017:

https://pangua.gob.ec/wp-content/uploads/2020/04/ORDENANZA-AGUA-2016-MODIFICADO.pdf

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). México.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). *Agua Potable Requisitos.* Quito. Obtenido de Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf

Instituto Nacional De Estadísticas y Censos (INEC). (2010). *Población por área, segun provincia, cantón y parroquia de empadronamiento.* Obtenido de ecuadorencifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=310&force=1

Jiménez Jiménez, C. Y., & Sabogal Jiménez, M. A. (2017). Ingeniería civil. *Diagnóstico y optimización de la PTAT del Municipio de Fómeque (Cudinamarca).* Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Lima Uchupaille, L. A., & Pugo Plaza, A. C. (2017). Analisis Microbiológico y Fisico-Químico, del Agua Tratada en la Parroquia SinaÍ Del Cantón Morona. *Título de Bioquimico Farmacéutico.* Universidad de Cuenca, Cuenca.

López Nuñez, A. C., & Jimenez Sabogal, B. F. (2016). Tecnología Gestión Ambiental y Servicios Públicos. *Manual de Operación y Mantenimiento Planta De Tratamiento De Agua Potable San Antonio-Asociación Sucuneta.* Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá.

Maldonado Yactayo, V. (2005). *Capítulo 9 Filtración.*

Maldonado Yactayo, V. (2009). *Capítulo 7 Sedimentación.* Obtenido de http://www.ingenieroambiental.com/4014/siete.pdf

Ministerio de Salud Pública (MSP). (2019). *Guía De Agua Segura.* Quito.

Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). *Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua.* Quito.

Ministerio del Ambiente (MAE). (2017). *Código Orgánico del Ambiente Registro Oficial Sumplemento 983* . Quito.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 097-A.* QUITO.

Montenegro, V. E. (2017). Rediseños de la Planta Potabilizadora de Agua Para Consumo Humano en el Terminal de Productos Limpios (EP-PETROECUADOR), Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. *(tesis de ingeniería).* Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba.

N° 418 Ley De Gestión Ambiental, Codificación . (10 de Septiembre de 2004). La Comisión de Legislación y Codificación. Quito, Ecuador: H. Congreso Nacional.

N° 650 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua. (20 de Abril de 2015). Presidente Constitucional de la República. Quito.

N° 752 Reglamento al código Orgánico del Ambiente. (12 de Junio de 2019). Presidente Constitucional de la República. Quito, Ecuador .

N° MAAE 001 Ministerio del Ambiente y Agua. (2020). Ministro del Ambiente y Agua . Quito, Ecuador .

Norma Ténica Ecuatoriana Servicio Ecuatoriano De Normalización NTE INEN 1108 Sexta revisión . (2020). *Agua para consumo humano. Requisitos.* Quito.

Organización de Naciones Unidas (ONU). (2015). *Naciones Unidas* . Obtenido de Naciones Unidas: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

Peña Rodríguez, K. d. (2019). tesis doctoral en Diseño y Gestión de Proyectos Industriales CONVENIO ULA-UPV. *Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable Caso de Estudio: Aguas de Merida C.A (Venezuela).* Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. doi:http://hdl.handle.net/10251/122313

Pineda, E. B., de Alvarado, E. L., & de Canales, F. H. (1994). *Metodología de la investigación* (Segunda edición ed.). Washington: Organización Panamericana de la Salud.

Ricardo, P., & Amaya, R. (2019). Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para las Comunidades de Sarar Alto y Buena Vista, Parroquia Ludo, Canton SIGSIG, Provincia del Azuay. *(Tesis de Ingeniería).* Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de Archivos PDF.

Rivera Barriga, C. A. (2018). Ingeniería civil. *Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua en la cabecera cantonal de Santa Lucía, Provincia del Guayas.* Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, Guayaquil.

Rodríguez Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual, 9*(12-13), 125 - 134.

Romero, M. (1 de Octubre de 2009). *TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA.* Obtenido de Facultad de Ingeniería- Universidad Rafael Landívar: http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING02.pdf

Rosero Armijo, C. D. (2019). Maestría en Sistema de Gestión Ambiental. *Agua Potable No Contabilizada en el Cantón Pangua y Programa de Control de Pérdidas.* Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Sangolquí.

Sandoval, A. M., Gabriela, & Carlos. (1991). *Determinación de Coliformes Fecales.* Obtenido de Comisión Nacional Del Agua: https://www.ircwash.org/sites/default/files/245.11-91AD-9090.pdf

Secretaría Técnica Planifica Ecuador (STPS). (2019). *Informe de Avance al Cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.* Quito.

SENAGUA. (2014). *La Norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblacionaes Mayores a 1.000 Habitantes.* Quito.

Survey Monkey. (2017). Tamaño de la muestra de la encuesta. Obtenido de https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size/

Vargas, L. d. (s.f.). *Procesos unitarios y plantas de tratamiento*. Obtenido de Archivos PDF: http://www.ingenieroambiental.com/4014/tres.pdf

Vásconez Endara , G. P., & Zurita Armendáriz, D. M. (2016). Ingeniería en Electrónica, Automatización y control. *Automatización de procesos de tratamiento de agua y mejora del SCADA de la Planta de Tratamiento Puengasí-EPMAPS.* Universidad de las Fuerzas Armadas, Salgolquí.

Vera Romero, J. M. (2020). Ingeniero Civil. *Diagnóstico del Sistema de Agua Potable de la Comunidad de Piñal de arriba del Cantón Santa Lucía. Propuesta de Soluciones para Mejorar la Calidad de Vida.* Universidad Católica de Santiago De Guayaquil, Guayaquil.

Vera, E. D. (s.f.). *Memoria Técnica* . El Corazón.

W, A. S., & J. B. (17 de Diciembre de 2020). *Alcalinidad,pH y Sólidos Disueltos Totales.* Obtenido de regio8water: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

World Health Organization. (2018). *Guias para la calidad del agua para consumo humano.*

ANEXOS

ANEXO A. Requisitos físicos y químicos del agua para el consumo humano Norma INEN 1108 sexta revisión 2020 y criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico del Acuerdo Ministerial No. 097-A.

Tabla 45-2. Requisitos físicos y químicos del agua para el consumo humano

Parámetro	unidad	Límite permitido b	Método de ensayo
Arsénico	mg/L	0,01	Standars Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standars Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standars Methods 4500 CI−
Cobre	mg/L	2,0	Standars Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standars Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,005	Standars Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standars Methods 4500-NO3 −
Mercurio	mg/L	0,006	Standars Methods 3112
Nitratos	mg/L	50,0	Standars Methods 4500-NO3 −
Nitritos	mg/L	3,0	Standars Methods 4500-NO2 −
Plomo	mg/L	0,01	Standars Methods 3113
Turbiedad	NTU	5	Standars Methods 2130

pHa	Unidades de pH	6-5-8,0

a Parámetro de control operativo

Fuente. Tomado de*:* (NTE INEN 1108 Sexta revisión , 2020).

Tabla 46-2. Requisitos microbiológicos del agua para el consumo humano

Parámetro	**Unidad**	**Límite permitido**	**Método de ensayo**
Coliformes fecales		Ausencia	Standars Methods 9221b Standars Methods 9222 c
Cryptosporidium,	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
Giarda	Número de quistes/L	Ausencia	EPA 1623

a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

b La ausencia corresponde a "< 1,1 NMP/100 mL".

c La ausencia corresponde a "< 1 UFC/100 mL".

Fuente. *Tomado de:* (NTE INEN 1108 Sexta revisión , 2020).

Tabla 47-2. Químicos orgánicos

Parámetro	**Límite permitido**
1,2Dibromoetano	0.0004
1,2dicloroetano	0.03
2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	0.03
Acryiamida	0.0005
Aldicarb	0.01
Benzo [a] pireno	0.0007
Carbofurano	0.007

Clordano	0.0002
Cloruro de vinilo	0.0003
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)	0.001
Endrín	0,0006
Epiclorhidrina	0.0001
Estireno	0.3
Tetracloroeteno	0.04
Tolueno	0.7
Tricloroeteno	0.02
Xileno	0.5

Fuente. *Tomado de:* (NTE INEN 1108 Sexta revisión , 2020).

Tabla 48-2. Químicos Inorgánicos

Parámetro	**Límite permitido (mg/L)**
Antimonio	0.02
Bario	1.3
Boro	2.4
Níquel	0.07
Selenio	0.004

Fuente. *Tomado de:* (NTE INEN 1108 Sexta revisión , 2020).

Tabla 49-2. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

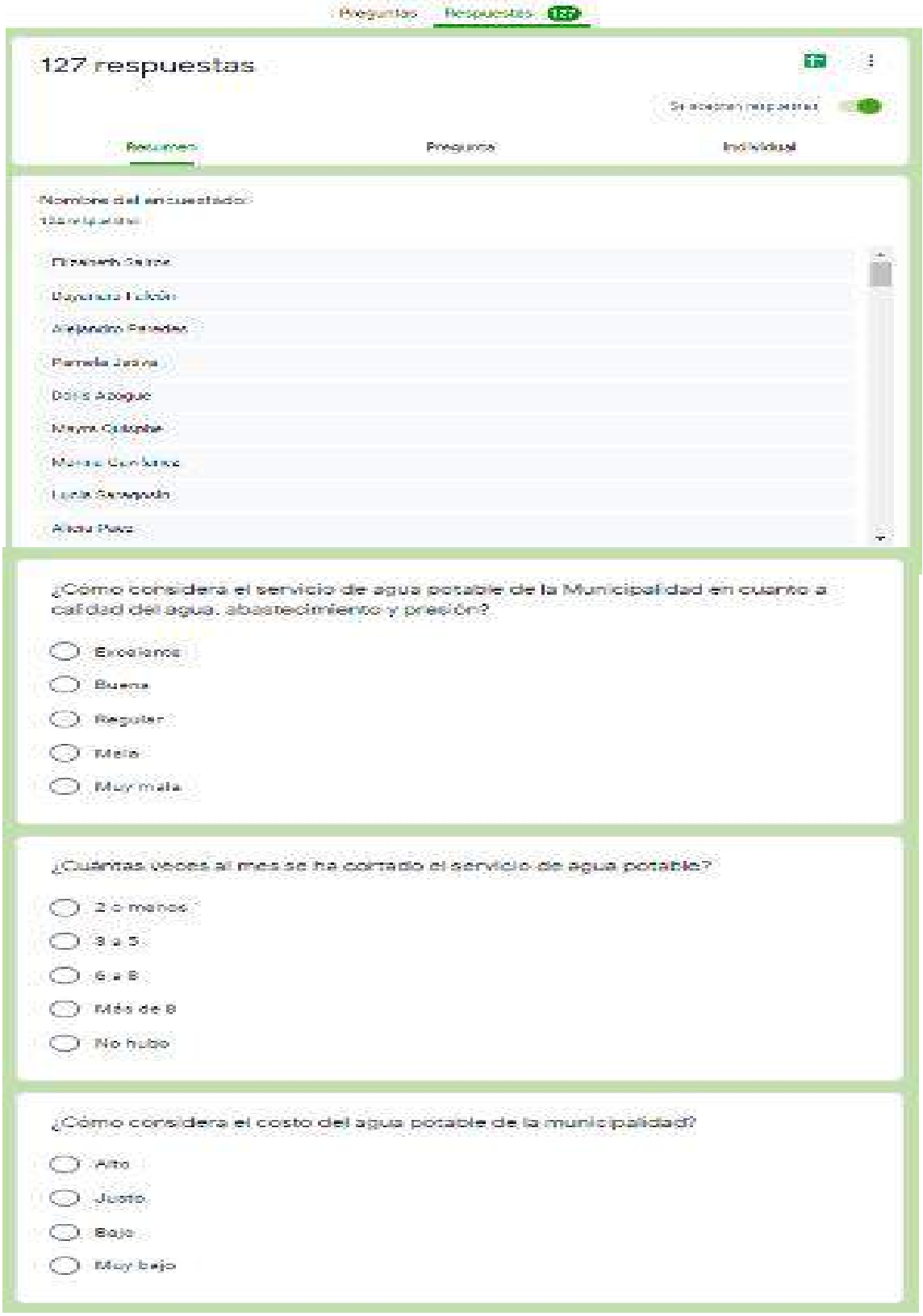
Parámetro	**Expresado como**	**Unidad**	**Criterio de calidad**
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0.3
Arsénico	As	mg/L	0.1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/L	1

Cadmio	Cd	mg/L	0.02
Cianuro	CN-	mg/L	0.1
Cobre	Cu	mg/L	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/L	0.05
Fluoruro	F -	mg/L	1.5
Demanda Químico de Oxígeno	DQO	mg/L	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/L	<2
Hierro total	Fe	mg/L	1.0
Mercurio	Hg	mg/L	0.006
Nitratos	NO3	mg/L	50.0
Nitritos	NO2	mg/L	0,2
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/L	0.01
Selenio	Se	mg/L	0.01
Sulfatos	SO4 -2	mg/L	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	0.2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100.0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esa tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Fuente. *Tomado de:* (Ministerio del Ambiente, 2015)**.**

ANEXO B. Preguntas de la encuesta



En base a las características de color, olor, sabor y turbiedad ¿Cómo considera usted la calidad del agua potable de la Municipalidad?

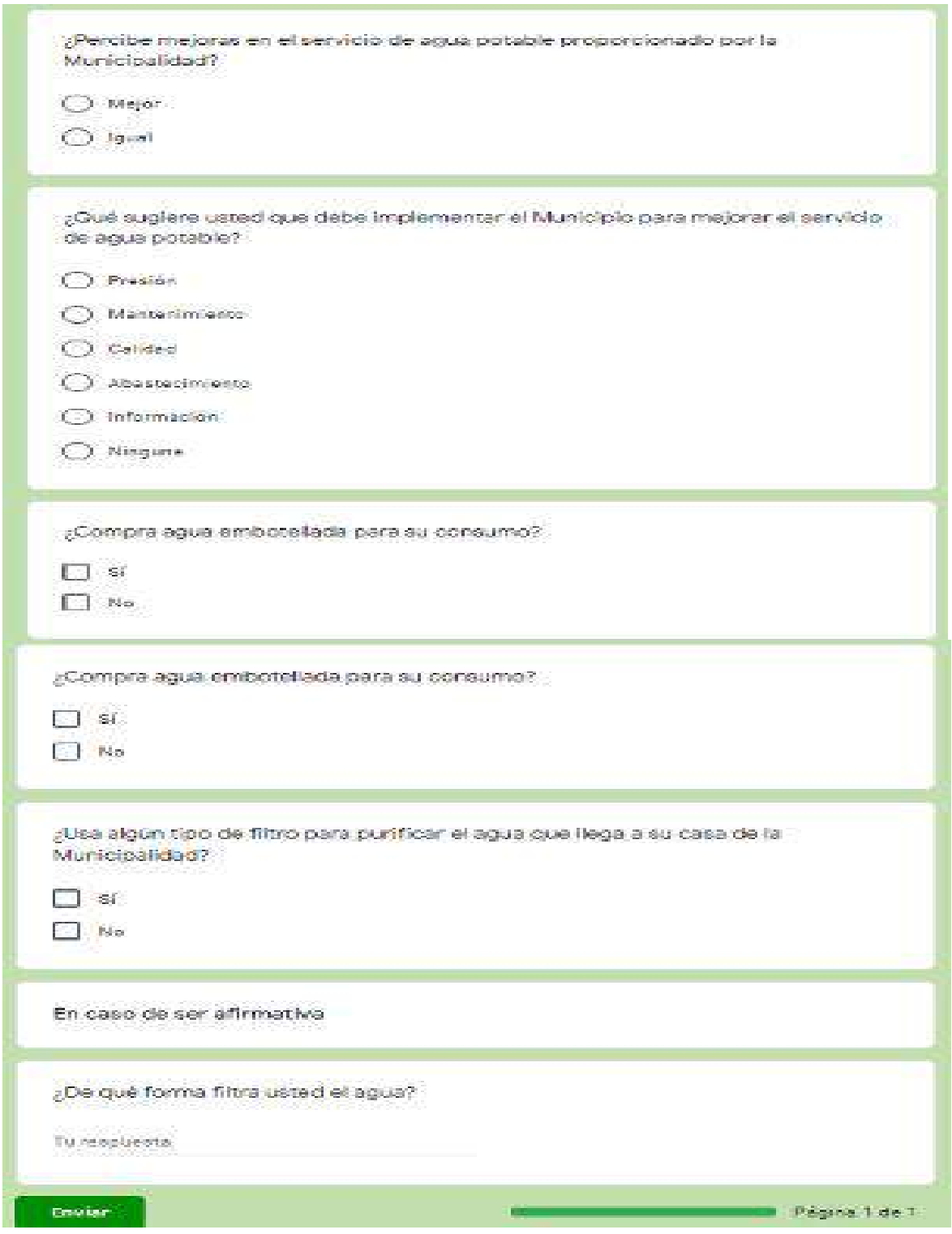
- ◯ Buena
- ◯ Muy buena
- ◯ Mala
- ◯ Muy mala

¿Ha detectado usted alguna inconformidad en la calidad del agua potable de la Municipalidad?

- ☐ Si
- ☐ No

En caso de ser afirmativa seleccione

- ◯ Olor a cloro
- ◯ Mal sabor
- ◯ Agua con presencia de suciedad
- ◯ Mal olor
- ◯ Otros: _____


¿Percibe mejoras en el servicio de agua potable proporcionado por la Municipalidad?
Mejor
Igual
¿Qué sugiere usted que debe implementar el Municipio para mejorar el servicio de agua potable?
Presión
Mantenimiento
Calidad
Abastecimiento
Información
Ninguna
¿Compra agua embotellada para su consumo?
Sí
No
¿Compra agua embotellada para su consumo?
Sí
No
¿Usa algún tipo de filtro para purificar el agua que llega a su casa de la Municipalidad?
Sí
No
En caso de ser afirmativo
¿De qué forma filtra usted el agua?
Tu respuesta
Enviar
Página 1 de 1

ANEXO C. Validación del instrumento

CONSTANCIA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO

Yo, Pedro Andrés Peñafiel Arcos portador de la C.I. 1600373987, docente de la Universidad Estatal Amazónica; por medio de la presente hago constar que he leído y evaluado el instrumento de recolección de datos correspondiente al Proyecto de titulación denominado: DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA, presentado por la estudiante: Nancy Susana Borja Coba, estudiante de décimo semestre de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, el cual apruebo en calidad de validador.

Cordialmente.

Ing. Peñafiel Arcos Pedro Andrés M.Sc

DOCENTE DE LA UEA

CARTA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Yo, Rubén Darío Ledesma Acosta, portador de la C. I. Nro.: 1600431827, docente de la Universidad Estatal Amazónica; por medio de la presente hago constar que he leído y evaluado el instrumento de recolección de datos correspondiente al Proyecto de Titulación denominado: DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL CORAZÓN CANTÓN PANGUA., presentado por la estudiante: Nancy Susana Boeja Coba, estudiante de décimo semestre de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, el cual apruebo en calidad de Tutor y Validador.

Cordialmente,

RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

Ing. Rubén Darío Ledesma M.Sc.

DOCENTE DE LA UEA