



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA QUIMICA

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO
DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE
CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE,
ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA
PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUIMICO

AUTOR: FREIRE FREIRE CRISTIAN ANDRES

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA QUIMICA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUIMICO

AUTOR: FREIRE FREIRE CRISTIAN ANDRES

DIRECTORA: Dra. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO, PhD

Riobamba – Ecuador

2023

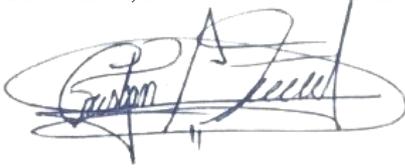
© 2023, Cristian Andrés Freire Freire

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Cristian Andrés Freire Freire, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos 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; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de octubre de 2023

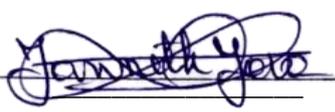
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cristian Freire', enclosed within a large, loopy oval scribble.

Cristian Andrés Freire Freire

C.I. 180521084-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA QUIMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **CRISTIAN ANDRES FREIRE FREIRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Segundo Hugo Calderón, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-10-26
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-10-26
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		2023-10-26

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de integración curricular a mi querida madre, María Freire, por ser el ejemplo de trabajo y perseverancia por apoyarme incondicionalmente en mi formación, pues sin ella no lo habría logrado. A mis hermanos, Alberto, María y Vanesa por estar siempre presentes, acompañándome, brindándome su apoyo moral a lo largo de esta etapa de mi vida y a mi sobrina Montserrat, que este logro represente un estímulo en su vida, teniendo siempre en mente que ella puede lograr todo aquello que se proponga.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mi madre María, ya que Usted. ha sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, Usted quien siempre estuvo a mi lado guiándome en este camino llamado vida. A mi directora de trabajo de integración curricular Dra. Janneth Jara y Asesora Ing. Mabel Parrada Ustedes formaron parte importante en el desarrollo de este trabajo con sus conocimientos y aportes profesionales guiaron el desarrollo del mismo. Finalmente, mi agradecimiento a la Ing. Ginna Álvarez

Cristian

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación del proyecto	3
1.4. Línea base del proyecto	4
1.4.1. <i>Localización del proyecto</i>	4
1.4.2. <i>Comunidades en las que se desarrolló el estudio</i>	5
1.4.2.1. <i>San José de Chanchahuan</i>	5
1.4.2.2. <i>Calpiloma</i>	5
1.4.2.3. <i>Bayushi San Vicente</i>	6
1.4.2.4. <i>Asunción</i>	7
1.4.2.5. <i>Calpi (cabecera Parroquial)</i>	7
1.4.2. <i>Beneficiarios directos e indirectos</i>	8
1.4.2.1. <i>Directos</i>	8
1.4.2.2. <i>Indirecto</i>	8
1.5. Objetivos	9
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	9
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	9

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10

2.2.	Referencias teóricas	11
2.2.1.	<i>Agua</i>	11
2.2.2.	<i>Agua cruda</i>	12
2.2.3.	<i>Agua potable</i>	12
2.2.4.	<i>Aguas subterráneas</i>	12
2.2.5.	<i>Agua superficial</i>	12
2.2.6.	<i>Principales enfermedades hídricas</i>	13
2.2.7.	<i>Calidad del agua</i>	13
2.2.7.1.	<i>Análisis de las características del agua</i>	13
2.2.7.2.	<i>Análisis físico</i>	13
2.2.7.3.	<i>Análisis químicos</i>	14
2.2.7.4.	<i>Análisis bacteriológicos</i>	14
2.2.8.	<i>Parámetros de la calidad del agua</i>	15
2.2.8.1.	<i>Parámetros biológicos</i>	15
2.2.9.	<i>Parámetros microbiológicos</i>	15
2.2.9.1.	<i>Coliformes totales</i>	15
2.2.9.2.	<i>Coliformes fecales</i>	16
2.2.10.	<i>Parámetros químicos</i>	16
2.2.10.1.	<i>Sólidos totales disueltos en agua (STD)</i>	16
2.2.10.2.	<i>Sólidos suspendidos</i>	16
2.2.10.3.	<i>pH</i>	16
2.2.10.4.	<i>Dureza</i>	17
2.2.10.5.	<i>Turbidez y color</i>	17
2.2.10.6.	<i>Conductividad eléctrica</i>	17
2.2.10.7.	<i>Cloruro</i>	17
2.2.10.8.	<i>Alcalinidad</i>	18
2.2.10.9.	<i>Hierro</i>	18
2.2.10.10.	<i>Fluoruro</i>	18
2.2.10.11.	<i>Nitritos (NO^3^-)</i>	18
2.2.10.12.	<i>Nitratos (NO^2^-)</i>	19
2.2.10.13.	<i>Cadmio</i>	19
2.2.10.14.	<i>Plomo</i>	19
2.2.10.15.	<i>Manganeso</i>	19
2.2.10.16.	<i>Fosfatos</i>	20
2.2.11.	NORMA INEN 1108:2006	20
2.3.	Métodos de purificación del agua	21

2.3.1.	<i>Filtración</i>	21
2.3.1.1.	<i>Grava y arena</i>	21
2.3.1.2.	<i>Carbón activado</i>	22
2.3.1.3.	<i>Membranas filantes</i>	22
2.3.2	<i>Aireación</i>	22
2.4.	Desinfectantes del agua	22
2.4.1.	<i>Cloro</i>	23
2.4.2.	<i>Formas comerciales del cloro</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Pasos para la recolección de muestras	24
3.2.	Procedimiento	24
3.2.1.	<i>Selección de los puntos de captación de muestras</i>	24
3.2.2.	<i>Precauciones de seguridad en el manejo de las muestras</i>	25
3.2.3.	<i>Materiales usados en la captación de muestras</i>	25
3.2.4.	<i>Recomendaciones para seguir durante la toma de muestras</i>	25
3.2.5.	<i>Análisis de parámetros físico – químicas</i>	26
3.2.6.	<i>Análisis microbiológico</i>	26
3.2.7.	<i>Manejo de muestras</i>	26
3.3.	Técnicas para la caracterización de agua en el laboratorio	27
3.3.1.	<i>Procedimiento método volumétrico</i>	27
3.3.2.	<i>Técnica para determinación de metales</i>	29
3.3.3	<i>Método para determinación de coliformes fecales y totales</i>	29
3.4.	Interpretación de análisis del agua de consumo	32
3.5.	Técnicas de tratabilidad	33

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	34
4.1.	Resultados análisis parámetros físico – químicos	34
4.2.	Diagrama resultados parámetros que salen de norma	43
4.2.1.	<i>Interpretación fosfatos</i>	44
4.2.2.	<i>Interpretación coliformes totales</i>	45
4.3.	Propuesta de tratabilidad	45

4.3.1.	<i>Primera simulación filtración</i>	46
4.3.2.	<i>Segunda simulación</i>	48
4.3.3.	<i>Tercera simulación</i>	49
4.3.4.	<i>Cuarta simulación aireación más filtración</i>	51
4.4.	Análisis e interpretación de resultados de las simulaciones	54
4.5	Dosificación de cloro	55
4.5.1.	<i>Procedimiento</i>	55
4.6.	Propuesta	58
4.6.1.	<i>Cálculos de diseño</i>	59
4.6.1.1.	<i>Bases de diseño</i>	59
4.6.1.2.	<i>Período de diseño</i>	59
4.6.1.3.	<i>Proyección poblacional</i>	59
4.6.1.4.	<i>Dotación neta</i>	60
4.6.2.	<i>Caudal de diseño</i>	60
4.6.2.1.	<i>Caudal medio</i>	60
4.6.2.2.	<i>Caudal máximo horario</i>	61
4.6.2.3.	<i>Caudal máximo diario</i>	61
4.6.2.4.	<i>Caudal de diseño</i>	62
4.6.3.	<i>Diseño del aireador de bandejas</i>	62
4.6.3.1.	<i>Área total del aireador</i>	63
4.6.3.2.	<i>Dimensionamiento de cada bandeja</i>	63
4.7.	Diagramas de proceso del sistema de tratabilidad	69
4.7.1.	<i>Diagrama de tratabilidad de las comunidades que no tuvieron problemas de coliformes totales</i>	69
4.7.2.	<i>Diagrama de tratabilidad de las comunidades que presentaron problemas de coliformes totales</i>	70

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1.	Conclusiones	71
5.2.	Recomendaciones	73

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Ubicación y Características geográficas de la Parroquia Calpi	4
Tabla 2-1:	Parámetros de calidad de agua para consumo humano	20
Tabla 3-1:	Dureza	27
Tabla 3-2:	Alcalinidad	27
Tabla 3-3:	Cloruros	27
Tabla 3-4:	Métodos HACH para la determinación de nitritos, nitratos, flúor, hierro, fosfatos	27
Tabla 3-5:	Uso de equipos para la caracterización del agua de consumo	29
Tabla 3-6:	Metodología para pruebas microbiológicas	30
Tabla 4-1:	Resultados de la caracterización del agua Comunidad San José de Chanchuan.	34
Tabla 4-2:	Resultados de la caracterización de metales Comunidad San José de Chanchuan.	35
Tabla 4-3:	Caracterización del agua Comunidad San José de Chanchuan. II y III Muestreo	35
Tabla 4-4:	Resultados de pruebas microbiológicas San José de Chanchuan	36
Tabla 4-5:	Resultados de caracterización del agua Comunidad Calpiloma	36
Tabla 4-6:	Resultados de la caracterización de metales Comunidad Calpiloma	37
Tabla 4-7:	Resultados de caracterización del agua Comunidad Calpiloma. II y III Muestreo	37
Tabla 4-8:	Resultados de pruebas microbiológicas Calpiloma.....	38
Tabla 4-9:	Resultados de la caracterización agua de consumo Comunidad Asunción.....	38
Tabla 4-10:	Resultados de la caracterización del agua Comunidad Asunción	39
Tabla 4-11:	Resultados de la caracterización agua Comunidad Asunción. II y III Muestreo ..	39
Tabla 4-12:	Resultados de pruebas microbiológicas Asunción.....	40
Tabla 4-13:	Resultados de la caracterización agua de consumo Comunidad Bayushi.....	40
Tabla 4-14:	Resultados de la caracterización de metales Comunidad Bayushi.....	40
Tabla 4-15:	Caracterización agua de consumo Comunidad Bayushi. II y III Muestreo	41
Tabla 4-16:	Resultados de pruebas microbiológicas Bayushi	41
Tabla 4-17:	Resultados de la caracterización agua de consumo de la Cabecera Parroquial	42
Tabla 4-18:	Resultados de la caracterización de metales de la Cabecera Parroquial.	42
Tabla 4-19:	Caracterización agua de consumo de la Cabecera Parroquial. II y III Muestreo ..	42
Tabla 4-20:	Resultados de pruebas microbiológicas Cabecera Parroquial.....	43
Tabla 4-21:	Resultados de la Primera Simulación Membranas Filtrantes.....	46

Tabla 4-22:	Resultados de la segunda simulación grava más cascara de coco.....	49
Tabla 4-23:	Resultados de la Tercera Simulación Carbón activado granulado.....	50
Tabla 4-24:	Resultados de la cuarta simulación. Aireación más filtración	52
Tabla 4-25:	Resultados Cloro residual	56
Tabla 4-26:	Resultados de pruebas microbiológicas Calpiloma después del tratamiento	56
Tabla 4-27:	Resultados de pruebas microbiológicas Asunción después del tratamiento	57
Tabla 4-28:	Resultados de pruebas microbiológicas Bayushi después del tratamiento	57
Tabla 4-29:	Parámetros de diseño del aireador de bandejas.....	62
Tabla 4-30:	Cuadro resumen del diseño de la torre de aireación	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Georreferencia de la parroquia Calpi.....	4
Ilustración 1-2:	Localización geográfica de San José de Chanchuan.....	5
Ilustración 1-3:	Localización geográfica de Calpiloma	6
Ilustración 1-4:	Localización geográfica de Bayushi San Vicente.....	6
Ilustración 1-5:	Localización geográfica de Asunción.....	7
Ilustración 1-6:	Localización geográfica de la Cabecera Parroquial.....	8
Ilustración 2-1:	Mercado de los productos.....	23
Ilustración 3-1:	Esquema Coliformes Totales, Fecales, E. Coli.....	31
Ilustración 3-2:	Índice del NMP.....	32
Ilustración 4-1:	Caracterización Fosfatos.....	44
Ilustración 4-2:	Caracterización coliformes totales.....	45
Ilustración 4-3:	Desgrama 1ra simulación.....	46
Ilustración 4-4:	Disminución en la concentración de fosfatos primera simulación	48
Ilustración 4-5:	Desgrama 2da simulación.....	48
Ilustración 4-6:	Desgrama, 3º simulación.....	49
Ilustración 4-7:	Disminución de la concentración de fosfatos tercera simulación	51
Ilustración 4-8:	Diagrama cuarta simulación	52
Ilustración 4-9:	Disminución de la concentración de fosfatos cuarta simulación	53
Ilustración 4-10:	Diagrama cloración del agua	55
Ilustración 4-11:	Diseño torre de aireación.....	58
Ilustración 4-12:	Diseño torre de aireación.....	68
Ilustración 4-13:	Diseño de bandejas y lecho filtrante	69
Ilustración 4-14:	Diagrama de flujo del proceso de tratamiento	69
Ilustración 4-15:	Diagrama de flujo del proceso de tratamiento	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4-1:	57
Ecuación 4-2:	59
Ecuación 4-3:	60
Ecuación 4-4:	61
Ecuación 4-5:	61
Ecuación 4-6:	62
Ecuación 4-7:	63
Ecuación 4-8:	63
Ecuación 4-9:	64
Ecuación 4-10:	64
Ecuación 4-11:	65
Ecuación 4-12:	65
Ecuación 4-13:	66
Ecuación 4-14:	66

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXOS A:** REUNION CON EL GAD DE CALPI
- ANEXOS B:** TOMA DE MUESTRAS
- ANEXOS C:** CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA
- ANEXOS D:** DETERMINACION DE METALES
- ANEXOS E:** USO DE EQUIPOS
- ANEXOS F:** PLANOS DEL AIREADOR
- ANEXOS G:** DISEÑO AUTOCAD DEL AIREADOR

RESUMEN

Las comunidades Calpiloma, Bayushi, Chanchahuan, Asunción y la Cabecera Parroquial pertenecientes a la zona centro de la parroquia Calpi, no cuentan con un sistema de potabilización del agua, ante esta problemática, el objetivo de esta investigación fue determinar la calidad de agua de consumo de las comunidades anteriormente mencionadas con el fin de conocer si el agua se encuentra en condiciones aptas para el consumo humano. La metodología implementada para la caracterización del agua de consumo, se realizó mediante una serie de pasos tales como: visitas de campo a las fuentes, tanques de captación y almacenamiento y las redes de distribución de donde se obtuvieron las muestras para la posterior caracterización físico-química y microbiológica en los laboratorios de la ESPOCH. Mediante esta metodología se logró determinar que, los fosfatos es uno de los parámetros que sale del límite permisible que establece la Norma NTN INEN 1108 AGUA POTABLE. REQUISITOS, siendo estos valores para las 5 comunidades, Calpiloma, Bayushi, Chanchahuan, Asunción y la Cabecera Parroquial de 0,5 mg/l; 1,3 mg/l; 0,64 mg/l; 0,86 mg/l y 1,1 mg/l respectivamente. Otro parámetro analizado fue los coliformes totales presentándose únicamente en 3 de las 5 comunidades, se logró la disminución de fosfatos mediante una filtración más aireación del agua, llegando al valor de 0,3 mg/l en las cinco muestras tratadas. A su vez luego de la cloración del agua, se midió la cantidad de cloro residual en el equipo HACH-LANGE DR 2800, valor que arrojó 1,33 mg/mL, que actuó en la eliminación de organismos patógenos que hayan quedado presentes en el agua. Como propuesta de tratabilidad se presentan los cálculos de ingeniería para la construcción de una torre de aireación, cuyo lecho filtrante a colocarse es carbón activado granulados y como base grava, misma que debe ser colocada sobre el tanque de almacenamiento.

Palabras clave: <AGUA CRUDA>, <CARACTERIZACIÓN>, <METALES>, <COLIFORMES>, <FILTROS>, <AIREACIÓN>, <LECHOS FILTRANTES>, <CLORACIÓN >.

2051-DBRA-UPT-2023

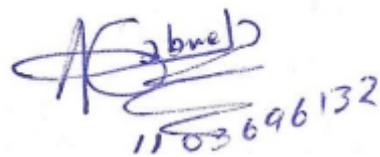


2051-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The communities of Calpiloma, Bayushi, Chanchahuan, Asunción and the Parish Headwaters belonging to the central zone of the Calpi parish do not have a water purification system. Given this problem, the objective of this research was to determine the quality of drinking water in the aforementioned communities in order to determine whether the water is fit for human consumption. The methodology implemented for the characterization of drinking water was carried out through a series of steps such as: field visits to the sources, catchment and storage tanks and distribution networks from which samples were obtained for subsequent physical chemical and microbiological characterization at the ESPOCH laboratories. By means of this methodology, it was determined that phosphates are one of the parameters that exceeds the permissible limit established by the NTN INEN 1108 DRINKING WATER STANDARD. REQUIREMENTS, with values for the 5 communities, Calpiloma, Bayushi, Chanchahuan, Asunción and the Parish Headwaters of 0.5 mg/l; 1.3 mg/l; 0.64 mg/l; 0.86 mg/l and 1.1 mg/l respectively. Another parameter analyzed was total coliforms, which were present in only 3 of the 5 communities. Phosphates were reduced through filtration and aeration of the water, reaching a value of 0.3 mg/l in the five samples treated. After chlorinating the water, the amount of residual chlorine was measured in the HACH LANGE DR 2800 equipment, which yielded a value of 1.33 mg/ml, which eliminated pathogenic organisms that may have been present in the water. As a proposal for treatability, engineering calculations were presented for the construction of an aeration tower, whose filtering bed to be placed consists of granulated activated carbon and gravel as a base, which should be placed over the storage tank.

Keywords: <RAW WATER>, <CARBONIZATION>, <METALS>, <COLIFORMS>, <FILTERS>, <AERATION>, <FILTERING BEDS>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso, Mgs.

INTRODUCCIÓN

La parroquia Santiago de Calpi posee un sistema hidrográfico importante constituido por los ríos Chimborazo y Chibunga los mismos que pertenecen a la subcuenca del río Chambo, que en su totalidad la parroquia pertenece a la cuenca del río Pastaza. La parroquia tiene a su disposición varias vertientes mismas que son utilizadas para el riego de cultivos, hidratación de bovinos y ovinos así también para el consumo de la población perteneciente a las comunidades que forman la parroquia Calpi. Estas vertientes se encuentran localizadas desde las faldas del Chimborazo y es distribuida a lo largo y ancho de la zona Norte, sur, y la cabecera parroquial. Estas aguas carecen de un sistema de tratamiento, debido a esto el agua se consume directamente de las vertientes subterráneas que tienen a su disposición, cabe mencionar que los principales problemas que se han detectado en las fuentes de agua es la presencia de basura, frascos de pesticidas usados para agricultura, constante pastoreo de bovinos y ovinos causando que contaminan con excretas el agua, causando enfermedades en pobladores de las comunidades. Es por esto, que el presidente de la Parroquia Calpi en colaboración con ESPOCH UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA POR EL COMERCIO JUSTO, han hecho el pedido que se realice el control de calidad del agua de consumo humano en estas comunidades.

El agua sin duda es un recurso vital para el desarrollo de la sociedad siendo derecho de todos recibir agua de calidad y segura para nuestro consumo diario. En la Actualidad, la mayoría de las fuentes de agua se encuentran contaminadas debido a la actividad inconsciente del ser humano tala de árboles, crecimiento acelerado de la población o a las condiciones ambientales propias del lugar, por ello es imprescindible brinda un tratamiento adecuado al efluente antes de ser distribuido mediante la red hídrica hacia su destino final las poblaciones, para de esta manera evitar enfermedades y asegurar el desarrollo de una buena salud de las personas que hacen uso de este recurso vital para el desarrollo de la vida.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El agua cruda es aquella que no ha recibido ningún tipo de tratamiento, por ende, este recurso hídrico no es recomendado para el consumo humano, pese a esto existen comunidades en el Ecuador que realizan esta práctica. Dicho recurso se encuentra en fuentes y reservas naturales como son: ríos, lagos y canales denominándose a estas como aguas superficiales, por otro lado, se encuentran fuentes como: pozos y manantiales que son llamados aguas subterráneas. Sin embargo, el término agua cruda es una expresión que se ha popularizado en las comunidades del país donde se consume el agua directamente de las fuentes antes mencionadas, sin recibir ningún tipo de tratamiento o a su vez sin recibir el correcto tratamiento del recurso hídrico, situación que se ve reflejada en las comunidades de la zona centro de la parroquia Calpi.

Según Rivas (2015, pág.3), el agua cruda en su composición consta de materia orgánica, materia inorgánica y microorganismos, así como sabor, olor, color y turbidez, por lo que antes de poder ser llamada agua potable, el agua cruda debe pasar por un correcto tratamiento y cumplir con los parámetros establecidos en la NORMA INEN 1108. Es por esta razón que consumir este tipo de agua que no ha recibido ningún tipo de tratamiento supone un riesgo para la salud de los habitantes de las comunidades que tienen la costumbre de hacer uso de ella ya sea por falta de conocimientos, recursos para realizar la caracterización de esta agua situación en la que se encuentran las comunidades Norte, Sur y Centro de la parroquia Calpi.

Hasta finales del siglo XIX los principales criterios para juzgar la calidad del agua potable eran su transparencia, la ausencia de olor y de sabor. Pero fue realmente en el siglo XX cuando se alcanzó un conocimiento suficiente para garantizar un grado de calidad seguro para el agua potable, aunque pocos se daban cuenta o por el contrario no querían darse cuenta de que las fuentes de agua podrían estar contaminadas y que sin un tratamiento adecuado estaban generando un problema serio de salud pública. En la década de los sesenta se empezó a despertar una conciencia de la contaminación y sus efectos negativos en el hombre; empezó la educación sobre la preservación de nuestro ecosistema y la sociedad consciente presionó a los gobiernos para que emitiera leyes que obligaran a la industria y a la sociedad en su conjunto a tratar los efluentes y evaluar los efectos de la contaminación (Guerrero, 2010, pág.49).

1.2. Planteamiento del problema

La parroquia Calpi cuenta con varias vertientes de origen natural que en su gran mayoría son usadas para la agricultura, ganadería, pero también y lo que causa preocupación en las autoridades de la parroquia, es que se lo usa para el consumo humano sin un previo tratamiento (agua cruda). Estas vertientes subterráneas se localizan desde las faldas del Chimborazo y se distribuyen a lo largo de la Zona Norte, Zona Sur, Zona Centro, incluida la Cabecera parroquial.

Al ser esta agua proveniente de vertientes subterráneas preocupa a sus autoridades conocer si este recurso hídrico está en condiciones aptas para el consumo humano, ya que se ha podido evidenciar la presencia de basura, pesticidas usados en agricultura, así como excretas de animales del permanente pastoreo de bovinos y ovinos, generando incertidumbre en los moradores de las comunidades (San José de Chanchahuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción, y la cabecera parroquial), ya que esta agua entra a los tanques de almacenamiento, misma que no se trata de manera adecuada distribuyéndose a la población como agua cruda, pudiendo llegar a causar problemas de salud si no se determinan las condiciones en las que se encuentra este recurso natural imprescindible para el desarrollo de la vida.

1.3. Justificación del proyecto

El agua es sin duda uno de los principales recursos naturales indispensables para el desarrollo de la vida, es por ello que, atendiendo a la petición del GAD de Calpi de conocer cuál es el estado del agua de consumo en las comunidades de la zona centro (San José de Chanchahuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción, y la cabecera parroquial), se propone esta investigación para establecer las condiciones de este recurso hídrico que es consumido por los moradores de estas comunidades, cuyas condiciones deben estar acordes con lo establecido en la norma INEN 1108: 2006. Ante esta problemática, este estudio que forma parte del proyecto de vinculación “ESPOCH Universidad Latinoamericana por el Comercio Justo” pretende contribuir con información acerca de las condiciones en las que se encuentra el agua que se consume en estas comunidades.

La información se obtendrá a través de la implementación de métodos de investigación, muestreos e implementación de una propuesta de tratamiento, así como capacitaciones al personal encargado del recurso hídrico, brindando las certezas que el agua que se está consumiendo cumpla con lo establecido en la norma INEN 1108: 2006, garantizando así la salud de los usuarios.

1.4. Línea base del proyecto

1.4.1. Localización del proyecto

El presente proyecto se desarrolló en las comunidades San José de Chanchuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción, y la cabecera parroquial pertenecientes a la zona centro de la parroquia Calpi, ubicadas la zona rural del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo.

Tabla 1-1: Ubicación y Características geográficas de la Parroquia Calpi

Provincia	Chimborazo	
Cantón	Riobamba	
Altura	Cabecera Parroquial	300 msnm
	Zona Norte	3200 a 3600 msnm
	Zona Centro	3080 a 3280 msnm
	Zona Sur	3200 a 3400 msnm
Superficie	62, 46 Km ²	
Limites	<ul style="list-style-type: none">• Al Norte con las comunidades San Andrés y Cantón Guano.• Al Este con la Parroquia Lican y Cantón Riobamba.• Al Oeste con la Parroquia San Juan.	

Fuente: (Google Maps, 2023).

Realizado por: Freire, C., 2023.



Ilustración 1-1: Georreferencia de la parroquia Calpi

Fuente: (Google Maps, 2023).

1.4.2. Comunidades en las que se desarrolló el estudio

1.4.2.1. San José de Chanchahuan

Chanchahuan es una aldea en Ecuador, está situada al este de La Merced de Guilltus, y al suroeste de Bayushi Calpiloma. La vertiente de agua que abastece a esta comunidad se llama Shuar Machay posee un caudal de 6.5 l/s, el número de usuarios que se abastece de esta vertiente es de 180 personas (GAD-Calpi, 2022).



Ilustración 1-2: Localización geográfica de San José de Chanchahuan

Fuente: (Google Maps, 2023).

1.4.2.2. Calpiloma

Calpiloma se encuentra dentro del área de influencia del Terminal de Productos Limpios de Riobamba, la vertiente de agua que abastece a esta comunidad se llama Shuar Machay posee un caudal de 6.5 l/s, el número de usuarios que se abastece de esta vertiente es de 180 personas (GAD-Calpi, 2022).

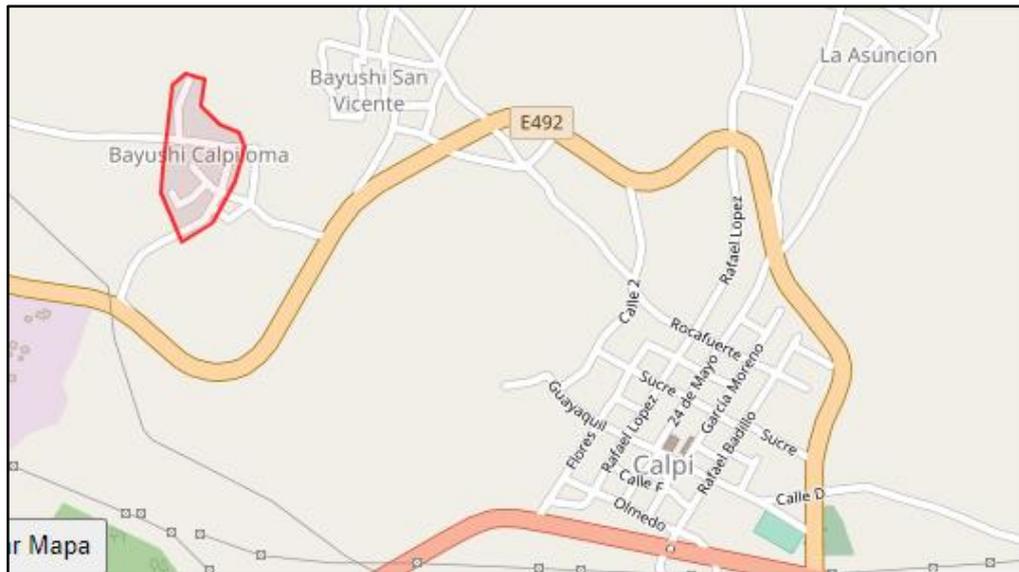


Ilustración 1-3: Localización geográfica de Calpiloma

Fuente: (Google Maps, 2023)

1.4.2.3. Bayushi San Vicente

Bayushi San Vicente es una aldea en Ecuador, está situada cerca de Bayushi Calpiloma, y al sur de Palacio Real. El nombre de la vertiente que abastece a esta aldea se denomina Shobol posee un caudal de 3 l/s, el número de usuarios que se abastecen de esta vertiente de 550 personas (GAD-Calpi, 2022).

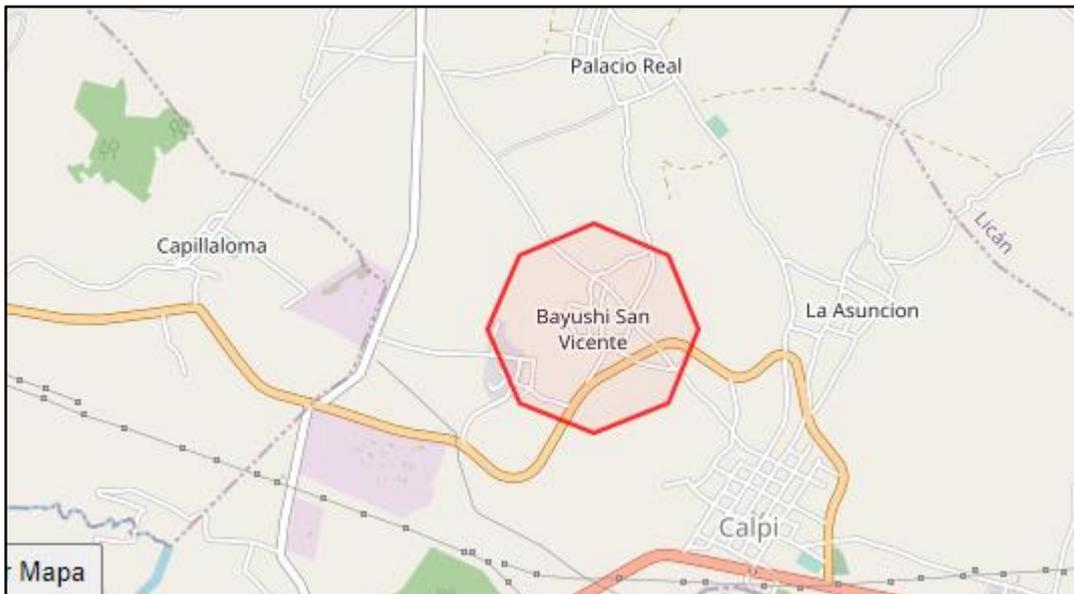


Ilustración 1-4: Localización geográfica de Bayushi San Vicente

Fuente: (Google Maps, 2023).

1.4.2.4. Asunción

Asunción es una aldea en Ecuador, está situada al noreste de Calpi, y al este de Bayushi San Vicente. El nombre de la vertiente de la que esta aldea se provee de agua es Shuar Machay que posee un caudal de 6.5 l/s, el número de usuarios que se abastece de esta vertiente es de 180 personas (GAD-Calpi, 2022).

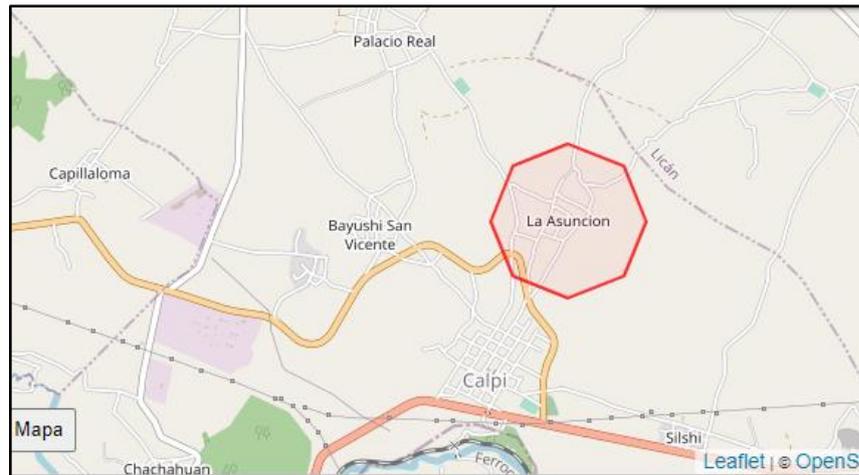


Ilustración 1-5: Localización geográfica de Asunción

Fuente: (Google Maps, 2023).

1.4.2.5. Calpi (cabecera Parroquial)

Calpi es una villa en Ecuador y tiene una altitud de 3.049 metros. Calpi está situada al norte de Gatazo Grande, y al suroeste de Asunción. El nombre de la vertiente de la que esta villa se provee de agua se llama Shobol, Pamba Lirio que posee un caudal de 8 l/s, el número de usuarios que se abastece de esta vertiente es de 450 personas (GAD-Calpi, 2022).

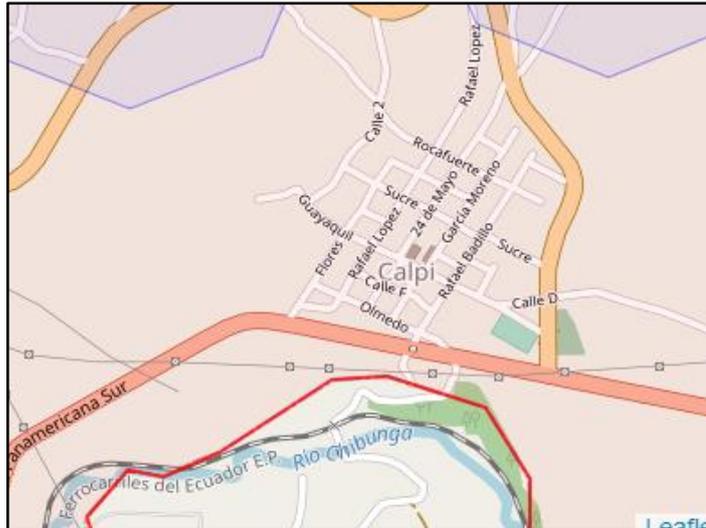


Ilustración 1-6: Localización geográfica de la Cabecera Parroquial

Fuente: (Google Maps, 2023).

1.4.2. Beneficiarios directos e indirectos

1.4.2.1. Directos

- El presente proyecto técnico tiene como beneficiarios directos a todos los moradores de las 5 comunidades en las que desarrolla la caracterización del agua de consumo humano.

1.4.2.2. Indirecto

- Fundación Maquita, ya que este trabajo se encuentra dentro del proyecto: ESPOCH UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA POR EL COMERCIO JUSTO.
- GAD Parroquial Santiago de Calpi.

La sociedad en general, que desee conocer la calidad de agua que se consume en las comunidades de la parroquia Cali.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la calidad de agua de consumo de la zona centro de las comunidades San José de Chanchahuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción, y la cabecera parroquial de la parroquia Calpi Provincia de Chimborazo

1.5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento del agua de consumo de las comunidades.
- Determinar los puntos de muestreo a lo largo del sistema para el estudio de la calidad del agua de consumo en las comunidades.
- Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo en las comunidades de la zona centro de la parroquia Calpi según la norma INEN 1108: 2006
- Establecer una alternativa de tratabilidad más adecuada para un buen funcionamiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades.
- Caracterizar el agua posterior al tratamiento, a nivel de laboratorio, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en función a la normativa INEN 1108:2006.
- Realizar una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El agua en la naturaleza posee impurezas pudiendo presentarse como suspendidas o disueltas, resultado de su continuo movimiento, mismas impurezas que deben ser eliminadas para su uso cotidiano. Será necesario filtrarla y sedimentarla para quitar los materiales suspendidos y darle un tratamiento más profundo para eliminar los contaminantes disueltos. Cuando el agua se toma de un río, vertientes, aguas subterráneas es el ingeniero el que debe decidir en base a su conocimiento está en las condiciones óptimas de consumo satisfaciendo los requerimientos de la comunidad, cumpliendo con normativas que garanticen la salud de los usuarios de este tipo de agua (Guerrero, 2010, pág.49).

De acuerdo con Logroño (2015, pág.19) en una de las comunidades pertenecientes a la parroquia Calpi Nitiluisa, redacta que no ha sido tomada en cuenta en muchos de los proyectos que se realizan a nivel de la ciudad, nunca antes se ha realizado ningún tipo de análisis o tratamiento de agua que consumen en esta comunidad, por lo que se presume que las demás comunidades pertenecientes a esta parroquia se encuentran en la misma condición.

Logroño (2015, pág.61) después de la caracterización del agua en su estudio da a conocer los resultados compartiendo que muchos de los parámetros establecidos en la norma se encuentran en regla, encontrándose únicamente con la novedad de que los niveles de fosfatos y nitratos se encuentran en un nivel superior a lo que se establece en norma, explicando que los fosfatos causan el crecimiento excesivo de algas asociándose a problemas futuros en la salud de los moradores tales afecciones como enfermedades digestivas, por otra parte la presencia de nitratos indica que está presente en el agua materia orgánica considerándose tóxico para el organismo. Al compartir algunas de estas comunidades la misma fuente de abastecimiento de agua, se supone que existan estos parámetros y otros fuera de norma en las comunidades de la zona centro.

Como se evidencia según investigaciones preliminares en la comunidad Nitiluisa existía en el 2015 fosfatos en el agua, con el nuevo estudio se puede apreciar que en otra comunidad a más de los fosfatos apareció otro parámetro fuera de rango que es el plomo, por lo que se presume al compartir algunas de estas comunidades la misma fuente de abastecimiento de este recurso vital existan los mismos problemas de contaminación por Pb y fosfatos y talvez algún otro parámetro fuera de rango en las comunidades de la Zona Centro de la parroquia Calpi.

De acuerdo a una investigación presentada por GAD Calpi (2015, p.126) denominada: ACTUALIZACION DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARROQUIA DE SANTIAGO DE CALPI, da a conocer que, la dotación de agua potable es decir la que ha recibido un tratamiento previo únicamente está presente en las comunidades Asunción y Palacio Real, el resto de comunidades lo obtienen directamente de las fuentes misma agua que es llevada por tuberías hasta su destino final (la población), nos detalla el texto que el sistema de agua entubada no cuenta con las normas que garanticen la calidad del agua de consumo humano. En el mismo estudio página 15 nos habla de las vertientes que abastecen del líquido vital a las diferentes comunidades, encontrando aquí que en la comunidad Nitiluisa después de la caracterización del agua los coliformes fecales salen de la norma establecida dando un resultado de 208/100ml, siendo el límite permisible que establece la NORMA IINEN 1108:2006 un valor menor a uno (< 1). En el caso de la comunidad Corona Real existe el mismo problema ya que el resultado del laboratorio arroja 4/100ml, de la misma forma, aunque con un valor mucho menor que en la comunidad Nitiluisa, se encuentra fuera del límite permisible.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Agua

El H_2O es una de las sustancias más abundantes con la que contamos en nuestro alrededor. Este importante líquido representa una de las moléculas (H_2O) que más presente se encuentra en el Universo, ocupando el segundo lugar después de la molécula de hidrógeno (H_2). Como es de conocimiento general, el agua es la sustancia más importante ya que esta permite el desarrollo y el sostén de la vida en el planeta tierra; la mayoría de los procesos biológicos se desarrollan gracias a este recurso vital. Como dato adicional, se debe recordar que, aproximadamente, 70 por ciento de la superficie terrestre está cubierta por el líquido siendo un 97 por ciento de esta agua salada y apenas un 2,5 por ciento es dulce es decir apta para el desarrollo de la vida. (Peralta, 2019, pág.3).

La composición del agua posee tres átomos, dos de hidrógeno (el elemento más ligero) y uno de oxígeno, formando un ángulo de 105 grados, con el oxígeno en el vértice; ya sea que se encuentre formando parte de un sólido, un líquido o un gas. La distancia que separa a estos átomos de oxígeno y uno de los de hidrógeno es de 0.96 ángstrom (López, 2010, pág.15).

2.2.2. Agua cruda

El agua cruda denominada también como agua bruta es aquella que no ha recibido ningún tratamiento se encuentra en condiciones natural, por lo tanto, no ha sido aún introducida en la red distribución. Se encuentra en fuentes y reservas de aguas superficiales (ríos, lagos, embalses, canales) como aguas subterráneas (pozos, manantiales) (Zarza, 2021, pág.65).

2.2.3. Agua potable

Es aquella que cumple las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en la NORMA INEN 1108: 2006, y se utiliza para beberla directamente, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (Tuesca y Ávila, 2017, pág.29).

2.2.4. Aguas subterráneas

Son aquellas que se introducen por las porosidades del suelo mediante el proceso denominado infiltración. Se conocen dos tipos de estas aguas: agua freática y agua artesiana. El agua freática es la que esta contienda entre la superficie de la tierra y la primera capa o estrato impermeable; se encuentra en un lecho permeable en donde se mueve libremente y a la presión atmosférica; está formada por dos zonas: una superficial Hamada zona de aguas vadosas o zona de aireación y otra zona que continua hasta la capa impermeable conocida como zona de saturación. El agua artesiana es la que está contenida entre dos estratos impermeables, no se mueve libremente, esta confinada y tiene una presión diferente a la atmosférica (López, 2010, pág.19).

2.2.5. Agua superficial

Son aquellas que observamos en corrientes naturales como ríos y arroyos; y en relativo reposo y calma en lagos, embalses, mares; y en estado sólido en el hielo y las nieves donde se acumulan en grandes cantidades. Al escurrir por la superficie las corrientes naturales están susceptibles a contaminaciones provocadas por el hombre y de sus actividades, transformándolas en muchos casos en nocivas o impropias para la salud. Su calidad depende también del tipo de suelo y de vegetación que se encuentre a su alrededor (López, 2010, pág.19).

2.2.6. Principales enfermedades hídricas

El agua y los alimentos son uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades cuyo ingreso es la boca y tubo digestivo. El agua puede contener agentes infecciosos tales como: colera, tifoidea, paratifoidea, disentería, salmonelosis, amibiasis, anquilostomiasis y teniasis. Los microorganismos que generan enfermedades suelen llegar al agua mediante excreta de enfermos o portadores de dichos organismos. Se sospecha que también son transmitidas por el agua la hepatitis infecciosa, la gastroenteritis y tuberculosis (López, 2010, pág.15).

2.2.7. Calidad del agua

Para que el agua sea ingerida por el ser humano de tal forma que beneficie su salud, es necesario que lleven en solución ciertas sustancias que las hacen agradables y nutritivas, al momento de ser ingerida como el oxígeno y bióxido de carbono y sales minerales de potasio, sodio, calcio y magnesio en cantidades pequeñas; pues el exceso hace impropia el agua para el consumo. Debe estar exenta de materias perjudiciales a la salud, libre de olores, colores y gérmenes infecciosos que acarreen consecuencias a la salud de los consumidores de este recurso vital (López, 2010, pág.44).

2.2.7.1. Análisis de las características del agua

Para conocer las características del agua se realizan una serie de análisis, mismos que son llevados a cabo en laboratorios, estos ensayos o pruebas a su vez se clasifican en: físicas, químicas, bacteriológicas (López, 2010, pág.44).

2.2.7.2. Análisis físico

Estos análisis consisten en determinar una serie de parámetros tales como: la turbiedad, color, olor, sabor y temperatura. La turbiedad se debe a la materia orgánica en suspensión: arcilla, barro, materia orgánica, organismos microscópicos, etc. Una de las formas más eficaces de eliminar o a su vez minimizar la presencia de estos componentes es mediante el uso de las operaciones unitarias tales como la sedimentación, filtración, coagulación.

Sanitariamente es inocua, debido a arcilla o a otras sustancias minerales presentes en su composición, llegando a ser peligrosa si la turbiedad proviene de aquellas aguas calcáreas o que contengan algún tipo de residuo industrial. La turbiedad no debe exceder del grado 10 de la escala de sílice, pero es conveniente que no sea mayor de 5.

El color proviene generalmente de la descomposición de materia vegetal, aunque a veces también proviene de las sales de hierro. En realidad, el color se debe a materias en estado coloidal y en solución. Se quita por coagulación y filtración y también por el uso del carbón activado. No debe exceder del grado 20 de la escala normal de cobalto, pero es preferible se mantenga por debajo de 10 (López, 2010, págs.44-45).

En cuanto al olor y el sabor son dos sensaciones que tienen una relación íntima y van casi siempre unidas; sin embargo, a veces puede haber sabor en el agua sin que se le aprecie olor alguno. No existe forma de medir el olor y el sabor, por lo tanto, en los análisis solo se indica si este es aromático, mohoso, rancio, de cloro, etc. El olor se quita por aireación, por filtración, por coagulación y por el carbón activado (López, 2010, págs.44-45).

2.2.7.3. Análisis químicos

El análisis químico tiene como fin dar respuesta a dos objetivos:

Conocer la composición mineral del agua para determinar si es apta para el empleo en la bebida, los usos domésticos o industriales.

Conocer las causas sobre la contaminación por el contenido de sustancias ajenas a su origen geológico. Lo que químicamente se determina es: contenido de sólidos totales, presencia de cloruros, cantidad de oxígeno consumido: contenido de nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos, dureza y alcalinidad, acidez, gases disueltos, metales y metaloides. La manera de hacer esta determinación, en las aguas de consumo se realizó a través de pruebas de laboratorio (López, 2010, pág.45).

2.2.7.4. Análisis bacteriológicos

Las bacterias son seres microscópicos de vida unicelular. Existen en diferentes lugares, pero por lo general cada tipo en su ámbito natural y su presencia en otro medio es meramente accidental. La mayoría de las bacterias son inocuas y muchas de ellas son importantes en la ecología; unas cuantas son peligrosas y estas son las patógenas o bacterias que causan enfermedades al entrar en contacto con el cuerpo humano, otras no son siempre peligrosas por sí mismas, pero están usualmente asociadas con formas patógenas. El bacilo Coli o B. Coli es un miembro perteneciente a este grupo.

La caracterización del recurso hídrico en el laboratorio se hace para determinar el número de bacterias que pueden desarrollarse bajo condiciones comunes, así como detectar la presencia de bacterias del grupo intestinal, que, en caso afirmativo, constituye un índice de que la contaminación es de origen fecal y sugiere la presencia de organismos patógenos (López, 2010, pág.46).

2.2.8. *Parámetros de la calidad del agua*

La manera práctica de evaluar la calidad del agua consiste en determinar parámetros físicos, químicos o biológicos, establecido por normas de sanidad en el caso del Ecuador la NORMA INEN1108:2006 norma encargada de establecer ciertos estándares de calidad (Costa, 2021).

2.2.8.1. *Parámetros biológicos*

Se refiere puntualmente a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En aquellos países que se encuentran vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son la principal causa de muerte prematura, principalmente en niños.

Comúnmente estos microorganismos llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas y animales. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua (Costa, 2021).

2.2.9. *Parámetros microbiológicos*

Los Parámetros microbiológicos más comunes son:

2.2.9.1. *Coliformes totales*

Las bacterias coliformes son un grupo de bacterias que están presente en el ambiente, material de las plantas y del suelo, pero sobre todo en el tracto digestivo de los animales y humanos, y se proliferan en sus desechos fecales (Acebedo, 2021).

2.2.9.2. Coliformes fecales

Los coliformes fecales se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44-45 °C. Incluyen bacterias del género *Escherichia* y también especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Aunque comúnmente su origen es fecal, organismos que dan positivo en este método de prueba en resultados de laboratorios pueden provenir de aguas enriquecidas, efluentes industriales y materia vegetal y suelo en descomposición, por lo que el término coliformes fecales no es siempre acertado la OMS recomienda el término coliformes termorresistentes (Acebedo, 2021, pág.9).

2.2.10. Parámetros químicos

Los análisis químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Entre los contaminantes químicos, los que generan especial preocupación son los que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias carcinógenas.

2.2.10.1. Sólidos totales disueltos en agua (STD)

Son partículas diminutas las cuales no se pueden remover del agua a través del uso de una operación unitaria como la filtración y necesitan de otros procedimientos para ser eliminadas del efluente. Uno de los métodos más usados es la Osmosis inversa ya que elimina o trata de minimizar los iones disueltos (sales), donde el rechazo es del 99%, dependiendo de la membrana y los iones específicos (Valdez, 2018, pág. 4).

2.2.10.2. Sólidos suspendidos

Son aquellos sólidos que son conservados por un filtro de fibra de vidrio que después se evapora a 103-105°C hasta obtener un peso constante (Valdez, 2018, pág. 7).

2.2.10.3. pH

Se refiere a la concentración del ion hidrógeno y es un parámetro de gran importancia para aguas residuales y potables, ya que entre un pH de 6.5 y 8 se desarrolla la mayor parte de la vida biológica, es decir que por encima y por debajo de ese valor causaría problemas a la vida biológica de ríos, lagos y cualquier cuerpo de agua dulce (Quinchuela, 2016, pág.9).

2.2.10.4. Dureza

Los componentes principales de la dureza son el Ca y el Mg, aunque los iones de Al, Fe, Mg, Sr y Zn pueden aportar a este parámetro si estos elementos se encuentran en concentraciones elevadas. La dureza se expresa como una cantidad equivalente de carbonato cálcico. Las aguas que tienen menos de 75 mg/l de carbonato cálcico se consideran blandas. Las que tienen entre 75 mg/l y 150 mg/l son moderadamente duras. Aquellas que tienen de 150 mg/l a 300 mg/l son duras y las que sobrepasan los 300 mg/l son muy duras (Quinchuela, 2016, pág. 2).

2.2.10.5. Turbidez y color

La turbidez es aquel fenómeno en el que el agua pierde su transparencia, generada por la presencia de partículas que se encuentran en suspensión en la superficie de la misma, tales como fitoplancton, crecimiento de algas, materia orgánica, etc. Está estrechamente relacionada con el color ya que la coloración del agua se debe a la presencia de materia orgánica, que se encuentra de forma natural presente en el recurso hídrico, como pueden ser las sustancias húmicas o ciertos metales como hierro, manganeso o cobre, que se encuentra disuelta o en suspensión. Estos dos parámetros nos dan a conocer la calidad del agua (Quinchuela, 2016, pág.12).

2.2.10.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del agua es la medida de la capacidad de una solución para concluir la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad (Callay, 2015). El valor de la medida de la CE es usado como un parámetro sucedáneo de la concentración de los sólidos disueltos totales (SDT). La CE se expresa en micromhos por centímetro ($\mu\Omega/\text{cm}$) en unidades del sistema inglés y como mili Siemens por metro (mS/m) en unidades del SI (Callay, 2015, pág.7).

2.2.10.7. Cloruro

El ión cloruro (Cl^-) forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión Na^+ , esto en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. El ión cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio iónico, dependiendo de su cantidad, pueden llegar a afectar la

salud de la población por su ingesta. Las sales de cloruros son altamente solubles su tratamiento es costoso y difícil de implementar en volúmenes grandes (Quinchuela, 2016, pág.23).

2.2.10.8. Alcalinidad

La alcalinidad en el agua se define como la capacidad que posee para neutralizar los ácidos. La alcalinidad puede ser considerada como la presencia de sustancias básicas en el agua, fundamentalmente sales de ácidos débiles o bases fuertes. En aguas naturales, la alcalinidad es producto de la presencia de iones $[\text{OH}^-]$, $[\text{CO}_2^{3-}]$, y $[\text{HCO}^{3-}]$, mismos que se incorporan al agua por la acción del CO_2 sobre los materiales naturales del suelo. Otra forma de provocar alcalinidad en el agua es por la presencia de bases fuertes; estas bases ingresan al agua principalmente por la contaminación industrial (Callay, 2015, pág.11).

2.2.10.9. Hierro

Comúnmente se halla en pozos, el óxido de los tubos de hierro puede aumentar la concentración de materiales disueltos en el agua tratada, así como la total de hierro. La presencia de Fe en el agua puede provocar un sabor desagradable en el agua y dejar manchas en la ropa que se lava con dicha agua. Su determinación analíticamente se hace por colorimetría, en la actualidad existen reactivos ya preparados por laboratorios certificados que son colocados en la muestra de agua y después de un periodo de reacción se lee el resultado, su eliminación se la consigue principalmente por sistema de aireación (Callay, 2015, pág.3).

2.2.10.10. Fluoruro

El fluoruro aparece naturalmente en la tierra vegetal y en muchos suministros de agua. Durante más de 40 años se ha añadido fluoruro a las aguas carentes de cantidades naturales suficientes para reducir las caries dentales. Sin embargo, la sobredosis puede dar lugar a la aparición de fluorosis así también náuseas, diarreas, dolores abdominales y dolores de cabeza (Quinchuela, 2016, pág.76).

2.2.10.11. Nitritos (NO^{3-})

Su presencia en agua suele indicar la contaminación de carácter fecal frecuente, habida cuenta de su inestabilidad. La presencia de estos compuestos se debe a la superficie en la que el agua se mueve siendo un medio reductor formador de nitritos, nitrógeno y en algunas veces amoníaco

encontrándose en áreas industriales o granjas donde existe el pastoreo de animales, contacto del agua con abonos con alto contenido en su composición de N_2 (Quinchuela, 2016, pág.1).

2.2.10.12. Nitratos (NO_2^-)

Se da debido a la presencia de materia orgánica dándose principalmente por la contaminación de aguas de uso doméstico e industrial. Al consumirse tiene consecuencias a la salud humana llegando a ser cancerígeno. Se pueden determinar mediante una colorimetría. En presencia de salicilato sódico, los nitratos dan el p-nitrosalicilato sódico de color amarillo, susceptible de una determinación colorimétrica a 420 nm. Espectrofotometría o cromatografía iónica. Unidades: mg/L (Quinchuela, 2016, pág.1).

2.2.10.13. Cadmio

Es un metal que se encuentra en el agua por contaminación de aguas residuales y fertilizantes, la NTE IEN 1108:206 en la que se comparará los resultados obtenidos de este trabajo establece como valor límite 0,003 mg/L (Quinchuela, 2016, pág.5).

2.2.10.14. Plomo

El plomo aparece principalmente en el agua potable a partir de la corrosión de tubo de plomo y grifos construidos con bronce o cobre emplomado. Los efectos sobre la salud están correlacionados normalmente con las pruebas de nivel en la sangre. Los niños pequeños absorben el plomo más fácilmente que los adultos (Quinchuela, 2016, pág.2).

2.2.10.15. Manganeso

Está por todas partes en el medio ambiente y a menudo se lo encuentra en el agua subterránea. El ión manganeso se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ión hierro, además de poder ser bivalente y trivalente positivo puede también presentarse con valencia +4 formando el óxido de manganeso (MnO_2) que es insoluble.

Rara vez el agua contiene más de 1 ppm y requiere un pH ácido. La forma manganeso (Mn^{++}), que es más general por aireación se oxida y precipita con un color oscuro de MnO_2 . Se determina por oxidación a permanganato y colorimetría de la solución oxidada y espectrometría de absorción atómica (Quinchuela, 2016, pág.1).

2.2.10.16. Fosfatos

Los abonos inorgánicos usados para la agricultura están elaborados con un gran número de fosfatos solubles los más comunes de los que derivan los aniones meta (PO_3^-), piro ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) y ortofosfato (PO_4^{3-}) estos aniones son fácilmente arrastrados por el agua hacia ríos, acuíferos. Otra fuente de contaminación de fosfatos son los vertidos urbanos que contienen detergentes usado ampliamente en la limpieza del hogar ya que para aumentar su eficiencia los fabricantes de este producto usan comúnmente fosfatos inorgánicos como agentes alcalinizadores. La contaminación del agua con fosfatos causa un crecimiento exagerado de plantas, algas al descomponerse estas plantas se produce la demanda de oxígeno llevándose lo que queda del agua. Solamente 1 gramo de fosfato bastará para generar 100 g de algas por ende traerá problemas como la extinción de especies vegetales y animales (Costa, 2021, pág.16).

2.2.11. NORMA INEN 1108:2006

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, forma parte del sistema Ecuatoriano de la Calidad y cumple un rol importante en materia de reglamentación, normalización y metrología (Maigualema, 2020, pág. 35). La INEN 1108:2006 establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

Tabla 2-1: Parámetros de calidad de agua para consumo humano

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Color	-----	<15
Turbiedad		5
pH	mg/l	6,8 – 8,5
Conductividad	mg/l	<1250
Cloruros	mg/l	250
Dureza	mg/l	200
Calcio	mg/l	70
Alcalinidad	mg/l	250 - 300
Nitritos	mg/l	0,01
Nitratos	mg/l	<10
Hierro	mg/l	0,3
Arsénico	mg/l	0,01
Cadmio	mg/l	0,003
Mercurio	mg/l	0,006
Plomo	mg/l	0,01

Selenio	mg/l	0,01
Sólidos Totales	mg/l	1000
Sólidos Disueltos	mg/l	500
Coliformes totales	UFC/100 ml	<1
Coliformes fecales	UFC/100 ml	<1

Fuente: Norma INEN 1108, 2006.

2.3. Métodos de purificación del agua

En la actualidad poder consumir agua de calidad se ha convertido en tema de interés para todas las personas, ya que un agua fresca, sin contaminantes, sin olores y de buen sabor, genera bienestar y salud en los consumidores. Es por ello que la purificación del agua es muy importante y se la realiza mediante una serie de operaciones físico-químicas y biológicas que buscan eliminar o, en mejor de los casos disminuir las concentraciones de sustancias no deseadas presentes en el agua que se juntan con el recurso hídrico ya sea naturalmente de fuentes, vertientes, sustancias que arrastran en su paso o, por problemas de la red de abastecimiento. Los métodos más conocidos para tratar el agua son:

2.3.1. Filtración

Operación unitaria en el que el agua pasa por un medio filtrante de cualquier naturaleza ya sea grava, arena fina, carbón, carbón activado, zeolita, etc. Con el objetivo de separar partículas que son arrastradas por el agua, desde la fuente, o red de distribución hasta los tanques de almacenamiento.

A lo largo del tiempo y con el desarrollo de nuevas técnicas y el conocimiento de materiales se han probado diversos filtros para la remisión de sustancias perjudiciales para la salud que están presentes en el agua (Orellana, 2016, pág.5). Los lechos filtrantes más usados son:

2.3.1.1. Grava y arena

Ampliamente usado como lecho filtrante ya que se ha determinado que remueve sólidos suspendidos que acompañan al agua. A este material de contacto se lo conoce como filtro lento ya que el agua fluye a través de este lecho por el solo efecto o acción de la gravedad y por tal motivo se les conoce también como filtros de gravedad. La velocidad de filtración en este tipo de filtros es muy lenta, por lo que se requiere de una gran área o superficie de filtración para un flujo determinado (Orellana, 2016, pág.1).

2.3.1.2. Carbón activado

Elegido como lecho filtrante ya que al activar el carbón por medios químicos o térmicos, lo que se hace es crear mayor porosidad en su estructura lo que permite que, al momento de pasar el agua por el este carbón adsorba de manera eficiente productos químicos, compuestos orgánicos en general y sustancias que acompañan al agua de manera natural y que a veces sobrepasan los valores permisibles por norma. Este proceso de adsorción retiene como un imán estas partículas reteniéndolas en su estructura, reduciéndolas o en el mejor de los casos eliminándolas (Orellana, 2016).

2.3.1.3. Membranas filtrantes

Es aquel material que usa una membrana porosa como barrera para filtrar las partículas que se encuentran presentes en el agua, reteniendo en sus poros aquellas partículas de tamaño superior al diámetro de los orificios que componen la membrana, debido a que este diámetro se lo mide en micras, es necesario generar una presión a través de una bomba para que el agua pueda pasar.

2.3.2 Aireación

Procedimiento ampliamente usado en la purificación del agua, consiste en un procedimiento de mezcla del agua con el aire con el fin de disminuir o en mejor de los casos eliminar los gases disueltos presentes en el agua. Este oxígeno ayuda al desarrollo de bacterias no patógenas. Existen muchos aireadores a nivel comercial, el más usado en disminución de concentraciones de ciertas sustancias presentes en el agua es el de torres de aireación, que generen el arrastre de compuestos volátiles, remoción de sustancias generadoras de olores, sabores así como la disminución de dióxido de carbono. De acuerdo al lecho filtrante que se emplee en las bandejas de este aireador su eficiencia es mayor llegando a remover fosfatos, nitratos y otros compuestos que acompañan al agua en su recorrido hasta ser consumida.

2.4. Desinfectantes del agua

Hace mucho tiempo que se trata el agua; se han encontrado indicios de que incluso en el año 4000 A.C. ya se hacían algunas cosas como por ejemplo filtrar el agua o bien dejarla calentar al sol. En el antiguo Egipto el agua se depositaba en vasijas para posteriormente decantar esas partículas que pudiesen quedar en suspensión y, después proceder a filtrarla. A mediados del siglo XIX,

existían ciudades que contaban con redes de abastecimiento de aguas y filtrado, con el pasar del tiempo y los estudios se determinó que existían algunos organismos patógenos sobrevivían a estos tratamientos, ejemplo el Cólera, que se transmite a través del agua si está en contacto con aguas fecales. Uno de los mayores avances en la historia en salud pública fue la cloración del agua, para clorar el agua se utilizan diferentes compuestos que contienen cloro, como el hipoclorito, dióxido de cloro, a más de estos se encuentran sustancias oxidantes como los fluoruros, permanganato o el ozono. Estas sustancias oxidantes lo que hacen es romper la pared celular y por tanto no puedan transmitir enfermedades; también sirve para la proliferación bacteriana.

2.4.1. Cloro

El cloro es un agente energético oxidante, que elimina microorganismos como bacterias y virus que se encuentran presentes en el agua. El cloro rompe las uniones químicas moleculares, es decir rompe la pared celular de estos microorganismos inhibiéndolos, por ende, haciéndolos incapaces de transmitir enfermedades (Guzmán, 2017, pág.2).

2.4.2. Formas comerciales del cloro

En el mercado los productos que se encuentran para la desinfección con cloro son:

Cloro gaseoso:	Hipoclorito de calcio:	Hipoclorito de sodio :
<ul style="list-style-type: none">•Este posee un contenido de cloro de un 99%, tener cuidado con su manipulación ya que es un gas tóxico.	<ul style="list-style-type: none">•Se presenta como un sólido blanco que posee un 60 a 70% de cloro, es corrosivo.	<ul style="list-style-type: none">•Se encuentra como una solución líquida amarilla posee un contenido en cloro máximo hasta un 15%, es un líquido corrosivo que posee sosa.

Ilustración 2-1: Mercado de los productos

Fuente: (Guzmán, 2017).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se detallan los pasos específicos que se desarrollaron durante la realización del proyecto técnico.

3.1. Pasos para la recolección de muestras

La metodología de este trabajo, se desarrolló con base a las actividades que se realizaron en campo, siendo estas:

- Delimitación del área de captación de muestras.
- Selección de los puntos de muestreo.
- Determinación de la frecuencia de la toma de muestras (día después de la lluvia, día soleado), definiendo aleatoriamente puntos de muestreo como: fuente, tanques reservorios por comunidad, casas a las que llega el recurso hídrico.
- Determinar las variables que se van a analizar por medio de procedimientos analíticos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Manipulación, transporte, procesamiento y evaluación de los datos obtenidos en la caracterización del agua cruda.

3.2. Procedimiento

3.2.1. Selección de los puntos de captación de muestras

Los puntos de captación de muestras se determinaron aleatoriamente considerando 5 muestras por comunidad la primera muestra se tomó de la fuente, seguido del tanque general donde llega el agua desde la vertiente, desde este punto este recurso es distribuido a tanques por comunidad donde se tomó otra muestra, posteriormente dependiendo de las características de la comunidad si es grande el muestreo se realizó en la primera y última casa de la red de distribución del agua, por otro lado si la comunidad es pequeña la muestra se tomó en la última casa, ya que es el último punto donde el agua llega, una vez recolectadas estas muestras y después de la caracterización del agua de consumo se lograra presentar un estudio completo de calidad de agua que atraviesa

distintos puntos de las comunidades de la zona centro hasta llegar a los moradores de cada una de las comunidades que comprenden este estudio para su consumo.

3.2.2. Precauciones de seguridad en el manejo de las muestras

- Uso de guantes durante la captación de las muestras.
- Uso de ropa adecuada para las condiciones del área donde se tomarán las muestras como mandil gorra, cofia, mascarilla, etc.
- Contar con materiales adecuados como envases desinfectados, cooler con hielo para la conservación de las muestras.

3.2.3. Materiales usados en la captación de muestras

- Guantes de nitrilo.
- Envases plásticos para parámetros inorgánicos
- Envases plásticos para parámetros orgánicos
- Paquetes de hielo
- Cooler
- Marcador
- Etiquetas
- Envases esterilizados para muestras microbiológicas.

3.2.4. Recomendaciones para seguir durante la toma de muestras

- Abrir los envases esterilizados justo en el momento de la toma de la muestra del agua cruda.
- Enjuagar de 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a tomar la muestra desechando el agua de enjuague.
- El contorno del envase sin la tapa no debe tener contacto por ningún motivo con los dedos de la persona que toma la muestra con el fin de evitar la contaminación de la misma.
- Rotular los envases con las muestras para evitar la confusión entre muestras al momento de meterlas al sistema de frío para su transporte.
- El tiempo entre recolección, transporte y análisis de la muestra no debe exceder las 48 horas, con el fin de que los parámetros a analizar no se alteren y los resultados arrojen valores verdaderos. Es prácticamente imposible preservar de manera completa las muestras de carácter acuoso, es por ello que las técnicas de preservación nos sirven para retardar los cambios químicos y biológicos que inevitablemente continúan después de remover la

muestra de la fuente. En caso de que las muestras vayan a ser analizadas después de las 48h se debe adicionar 2ml de HNO₃ (ácido nítrico) en el envase en el que se encuentre la muestra, para conservarlas de 1 a 6 meses de acuerdo lo dicta la NORMA INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS.

3.2.5. *Análisis de parámetros físico – químicas*

El muestreo debe realizarse con mucho cuidado evitando que se contamine el envase plástico, se debe homogenizar el envase con el agua a muestrear, para o cual se recoge un poco de agua se enjuaga el mismo y se desecha el agua esto se puede hacer de 2 a 3 veces, procediendo rápidamente a tomar la muestra que deberá tener por lo menos 1L.

3.2.6. *Análisis microbiológico*

Destapar el envase esterilizado, evitando siempre contaminarlo, se debe desinfectar con alcohol la boquilla por donde sale el agua en el caso de toma de muestras en llaves de domicilios abrir y dejar correr el agua por lo menos 1 min, para toma de la muestra inclinar el envase 45° para evitar que ingresen materiales extraños se debe dejar una pequeña cama de aire esto debido a que se debe agitar la muestra antes de su respectivo análisis (aproximadamente 10% del volumen del envase).

3.2.7. *Manejo de muestras*

Las muestras recolectadas y debidamente etiquetadas se colocan en el cooler con paquetes de hielo para su conservación en frío durante su transporte al laboratorio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, de preferencia a una temperatura de 5 a 10° C, teniendo la precaución que no se congele.

Una vez que las muestras llegan al laboratorio se realizan lo análisis microbiológicos primero, seguido de la caracterización físico – química esta caracterización debe ser analizada en un periodo máximo de tres días a partir de la toma de la muestra.

3.3. Técnicas para la caracterización de agua en el laboratorio

3.3.1. Procedimiento método volumétrico

Tabla 3-1: Dureza

Procedimiento	Resultado
Tomar 25 ml de muestra	De rojo a azul
1 ml de cianuro de potasio (KCN)	
2ml de Buffer pH 10	
Pizca de indicador negro de Ericromato T.	
Titular con EDTA (0,02M)	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 3-2: Alcalinidad

Procedimiento	Resultado
Tomar 25 ml de muestra	De naranja a rosado
2 gotas de Fenolftaleína (rosado) pH > 8	
3 gotas de naranja de metilo	
Titular con ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄), 0,05N	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 3-3: Cloruros

Procedimiento	Resultado
Tomar 25 ml de muestra	De amarillo a ladrillo
4 a 6 gotas de cromato de potasio (K ₂ CrO ₄)	
Titular con nitrato de plata (AgNO ₃), 0,01N	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 3-4: Métodos HACH para la determinación de nitritos, nitratos, flúor, hierro, fosfatos

Sustancia	Procedimiento	Resultado
Nitritos, NO ³⁻	Poner 10ml de muestra en un tubo de ensayo con tapa rosca, agregar el reactivo HACH, sacudir para mezclar y esperar 30 min para que reaccione. Colocar 10ml de agua destilada en una celda cuadrada, introducir la celda al equipo HACH-LANGE DR 2800 y encerrar el mismo. Colocar la	Leer el resultado

	muestra con reactivo en otra celda e introducir al equipo.	
Nitratos, NO²⁻	Poner 10ml de muestra en un tubo de ensayo con tapa rosca, agregar el reactivo HACH, sacudir para mezclar y esperar 6 min para que reaccione, Colocar 10ml de agua destilada en una celda cuadrada, introducir la celda al equipo HACH-LANGE DR 2800 y encerrar el mismo. Colocar la muestra con reactivo en otra celda e introducir al equipo.	Leer el resultado
Hierro	Poner 10ml de muestra en un tubo de ensayo con tapa rosca, agregar el reactivo HACH, sacudir para mezclar y esperar 1 min para que reaccione, Colocar 10ml de agua destilada en una celda cuadrada, introducir la celda al equipo HACH-LANGE DR 2800 y encerrar el mismo. Colocar la muestra con reactivo en otra celda e introducir al equipo.	Leer el resultado
Flúor, F	Poner 10ml de muestra en un tubo de ensayo con tapa rosca, agregar el reactivo SPANDS, sacudir para mezclar y esperar 1 min para que reaccione. Colocar 10ml de agua destilada en una celda cuadrada, introducir la celda al equipo HACH-LANGE DR 2800 y encerrar el mismo. Colocar la muestra con reactivo en otra celda e introducir al equipo.	Leer el resultado
Fosfatos	Poner 10ml de muestra en un tubo de ensayo con tapa rosca, agregar el reactivo HACH, sacudir y esperar 2 min para que reaccione. Colocar 10ml de agua destilada en una celda cuadrada, introducir la celda al equipo HACH-LANGE DR 2800 y encerrar el mismo.	Leer el resultado

	Colocar la muestra con reactivo en otra celda e introducir al equipo.	
--	---	--

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 3-5: Uso de equipos para la caracterización del agua de consumo

Prueba	Procedimiento	Resultado
Color	10ml de muestra, llevar al equipo HACH-LANGE DR 2800	Leer el resultado
pH	Colocar la muestra en un vaso de precipitado, llevar al equipo Peachímetro.	Leer el resultado
Conductividad	Colocar la muestra en un vaso de precipitado, llevar al equipo Conductímetro.	Leer el resultado
Turbiedad	Colocar 10ml de muestra, llevar al equipo: Turbidímetro.	Leer el resultado

Realizado por: Freire, C., 2023.

3.3.2. *Técnica para determinación de metales*

Para la caracterización de metales pesados en el laboratorio el procedimiento a seguir se lo conoce como “**digestación**” procedimiento que consiste en:

Procedimiento poner la muestra en un Erlenmeyer de 1000ml dejar que se evapore la muestra hasta que quede un valor menor a 100ml se debe aforar en un balón de 100. Poner la muestra en frascos de orina para posteriormente llevarlo al equipo, y leer los resultados

3.3.3 *Método para determinación de coliformes fecales y totales*

La detección de coliformes fecales y totales se realizó mediante el uso de la técnica del número más probable (NMP) o tubos múltiples de fermentación, según la NTE INEN 1529-8:1990. Simultáneamente con el ensayo confirmatorio de la Norma INEN 1 529-6 Se colocaron y analizaron muestras durante 2 muestreos.

Tabla 3-6: Metodología para pruebas microbiológicas

Descripción del método del NMP	El procedimiento es progresivo para detectar tres grupos de microorganismos: a: coliformes b: coliformes fecales c: <i>E. coli</i> .
Progresividad del método	Primero se determina la presencia de coliformes (prueba presuntiva), después se determina si los cultivos que contienen coliformes contienen además coliformes fecales y finalmente se confirma la presencia de <i>E. coli</i>
Inoculación	Tres o más diluciones decimales de la muestra se inocularon en un medio de cultivo líquido (en tubos) y se incuban a temperatura definida durante un tiempo definido El número más probable de microorganismos de los tres grupos se calcula sobre una tabla estadística estándar del NMP utilizando el número de cultivos que indican la presencia o ausencia de estos microorganismos.
Presunción	Prueba presuntiva de la presencia de coliformes: producción de gas en caldo lactosado que se interpreta producido por fermentación de lactosa.
Confirmación	Presencia de coliformes: producción de gas en caldo. Presencia de coniformes fecales: producción de gas a 44.5 o 45° C en caldo EC. Presencia de <i>E. coli</i> : los cultivos positivos en caldo EC se siembran en estrías sobre agar. Las colonias con centro oscuro con o sin aspecto metálico confirman la presencia de <i>E. coli</i> .

Realizado por: Freire, C., 2023.

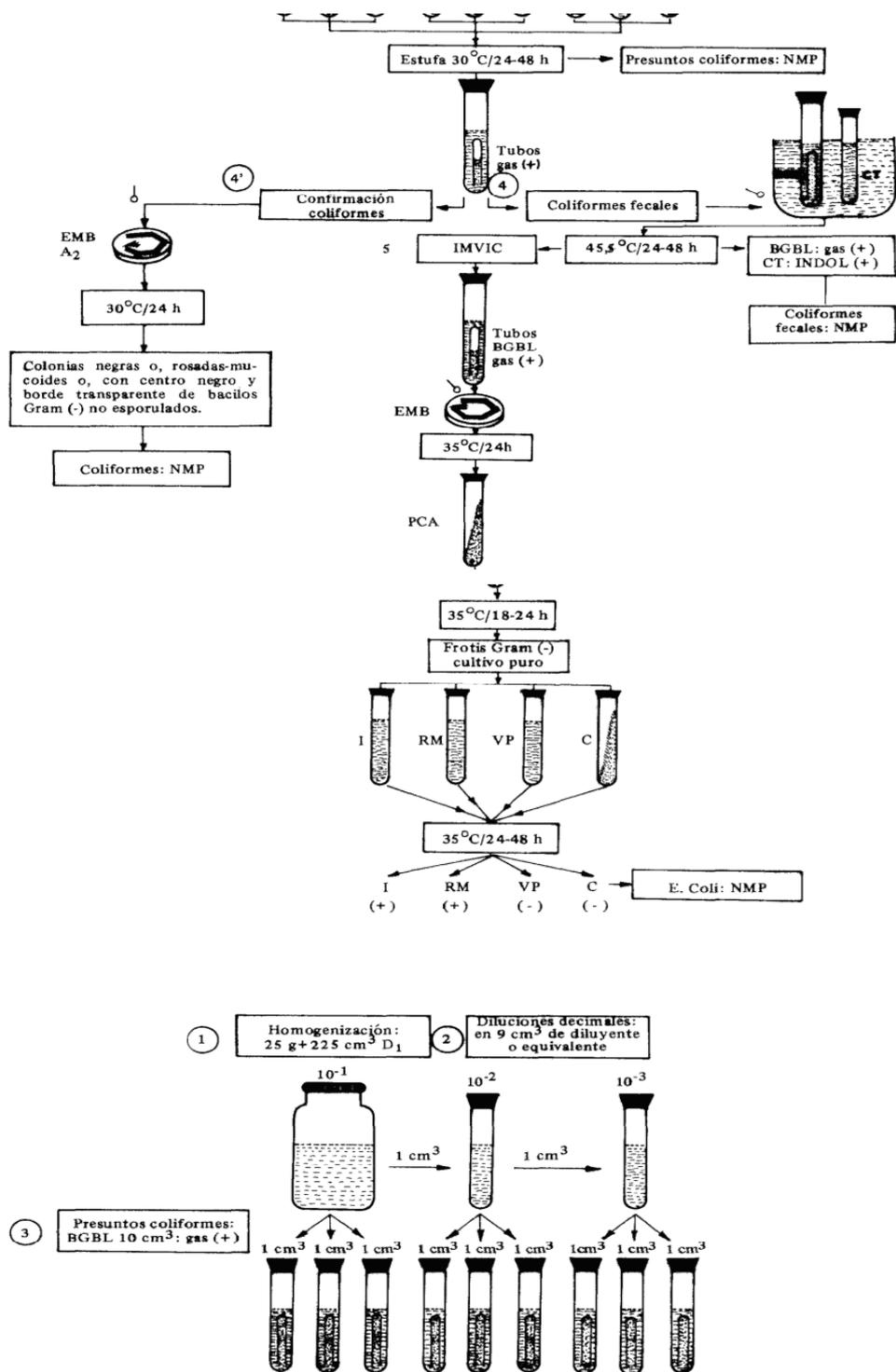


Ilustración 3-1: Esquema Coliformes Totales, Fecales, E. Coli

Fuente: (INEN, 2012).

No. de tubos con reacciones positivas.			Índice del NMP Por 100 cm ³	Límite confiable de 95%	
3 tubos con 10 cm ³	3 tubos con 1 cm ³	3 tubos con 0.1 cm ³		Inferior	Superior
0	0	0	< 3		
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13
1	0	0	4	< 0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	> 2400		

Ilustración 3-2: Índice del NMP

3.4. Interpretación de análisis del agua de consumo

Este análisis consistió en determinar si las concentraciones de las muestras (pH, color, turbiedad, alcalinidad, dureza, hierro, flúor, cloruros, nitritos, nitratos, STD, As, Pb, Hg, Se, Cd, coliformes totales y coliformes fecales) están de acuerdo a los que dicta la NORMA IINEN 1108:2006. Una vez obtenidos estos resultados fueron comparados con la norma antes mencionada, estableciendo, así, la necesidad de proponer alternativas de tratabilidad mediante procesos de potabilización para eliminar o disminuir la concentración de sustancias presentes en el agua, dependiendo de cada caso que llegarán a salir del rango establecido por la norma antes mencionada, para conseguir así agua de calidad para el consumo de los moradores de la zona centro de la parroquia Calpi.

3.5. Técnicas de tratabilidad

Una vez determinados los parámetros que salen de norma se procedió a la construcción de filtros a nivel laboratorio, posteriormente se simuló empleando diferentes técnicas como la aireación, filtración y con la ayuda de diferentes lechos filtrantes como carbón activado, grava fina y gruesa, materiales orgánicos como cáscara secas de coco hecho carbón, así como la ayuda de membranas filtrantes, técnica que necesita la ayuda de una bomba para generar presión y permitir la filtración de la muestra. etc. Se llevó a cabo todas las simulaciones buscando cual es la que mejores resultados brinda en la remoción de las sustancias fuera de norma. Una vez realizada la simulación se recolectó el agua tratada y se procedió de forma inmediata a su análisis en el laboratorio para constatar si el procedimiento tuvo éxito o poner en marcha otra simulación probando técnicas y materiales diferentes.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados análisis parámetros físico – químicos

En las tablas 4-1; a la 4-15, que se presentan a continuación se pueden observar los resultados obtenidos para cada parámetro analizado en los diferentes puntos de muestreo de cada comunidad, los resultados reflejan valores tanto para parámetros físico-químicas como para pruebas microbiológicas.

Las muestras de agua fueron recogidas durante tres muestreos en sitios aleatorios. De los resultados obtenidos existen valores que superan los límites de la NORMA INEN 1108:2006, que se usó como referencia para comparas los resultados obtenidos, determinando cuales se encuentran fuera y dentro de la norma antes mencionada. Finalmente se presentaron en diagramas la media de los tres muestreos realizados, en el que se compara los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo con un informe titulado “INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO SOBRE EL PROYECTO DE DESARROLLO DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR” presentado por el Concejo Provincial de Chimborazo, mismo que detalla la caracterización del agua de consumo en diferentes comunidades de la provincia.

Tabla 4-1: Resultados de la caracterización del agua Comunidad San José de Chanchahuan

Parámetro	Fuente M1	M2 Reservorio general	R. Chanchahuan M3	Primera casa M4	Ultima casa M4	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	7	7	7	9	9	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,5	0,9	0,9	0,8	1,5	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,21	7,19	7,66	7,3	7,27	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	462,4	464,8	461,6	464,0	457,6	μSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,9	1	0,7	0,7	0,8	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3,4	2,2	6,2	3,5	3,2	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2,5	2	3,2	2,5	2,7	mg/l	--	---

Nitritos	0,001	0,003	0,002	0,001	0,000	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	2,2	2,3	1,6	3,9	2,3	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,27	0,28	0,27	0,28	0,29	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,49	0,5	0,64	0,64	0,64	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,19	0,01	0,16	0,07	0,05	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	442,8	440,5	439,8	441,4	441,8	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-2: Resultados de la caracterización de metales Comunidad San José de Chanchuan.

Parámetro	Ultimo punto de la red de distribución	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Arsénico	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Cadmio	0,0	mg/l	0,003	Dentro de norma
Mercurio	0,0	mg/l	0,006	Dentro de norma
Plomo	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Selenio	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-3: Caracterización del agua Comunidad San José de Chanchuan. II y III Muestreo

Parámetro	Casa intermedia 1	Casa intermedia 2	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	8,5	8,1	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,7	0,78	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,01	7,0,6	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	454,0	457,6	µSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,7	0,8	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3,05	3,02	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2,3	2,6	mg/l	--	---

Nitritos	0,000	0,000	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	3,7	2,0	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,24	0,21	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,64	0,64	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,04	0,05	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	431,4	431,8	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-4: Resultados de pruebas microbiológicas San José de Chanchuan

Coliformes									NMP/ML			Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior	
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	Menos de 3.0		9,5
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-5: Resultados de caracterización del agua Comunidad Calpiloma

Parámetro	Fuente M1	Tanque general M2	R. Calpiloma M3	casa M4	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	10	10	8	8	Unidad	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,5	0,9	1,4	0,7	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,21	7,19	7,44	7,57	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	462,4	464,8	465	461,6	μSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,9	1	0,7	0,7	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3,4	2,2	4,3	2,6	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2,5	2	2,2	2,1	mg/l	--	---

Nitritos	0,001	0,003	0,006	0,007	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	2,2	2,3	2	2,7	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,27	0,26	0,26	0,26	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,49	0,47	0,5	0,5	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,19	0,01	0,20	0,01	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	442,8	440,5	441,9	442,1	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-6: Resultados de la caracterización de metales Comunidad Calpiloma

Parámetro	Ultimo punto de la red de distribución	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Arsénico	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Cadmio	0,0	mg/l	0,003	Dentro de norma
Mercurio	0,0	mg/l	0,006	Dentro de norma
Plomo	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Selenio	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-7: Resultados de caracterización del agua Comunidad Calpiloma. II y III Muestreo

Parámetro	Primera casa	Casa Intermedia	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	7	7	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,69	0,6	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,3	7,27	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	464,0	457,6	μSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,68	0,8	mg/l	2	Dentro de norma
Dureza	2	2,5	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2	2,001	mg/l	--	---
Nitritos	0,001	0,000	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	3,01	2,3	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,20	0,24	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,49	0,51	mg/l	0,3	Fuera de norma

Hierro	0,001	0,003	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	288,4	288,8	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-8: Resultados de pruebas microbiológicas Calpiloma

Coliformes									NMP/ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
+	+	+	-	-	-	-	-	-	3	0	0	23	4,6	94
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-9: Resultados de la caracterización agua de consumo Comunidad Asunción

Parámetro	Fuente M1	Tanque reservorio M2	R. Asunción M3	casa asunción m4	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	12	12	14	14	----	15	Dentro de noema
Turbiedad	0,5	0,9	0,6	0,8	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,21	7,19	7,43	7,35	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	462,4	464,8	464,1	164,7	µSiems/cm	--	----
Cloruros	0,9	1	0,8	0,9	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3,4	2,2	2,7	4,4	mg/l	300	Dentro de norma
Alcalinidad	2,5	2	2,2	2,1	mg/l	--	
Nitritos, N-NO ₂	0,001	0,003	0,001	0,003	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos, N-NO ₃	2,2	2,3	2,0	2,4	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,27	0,29	0,20	0,18	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,49	0,50	0,66	0,66	mg/l	0,3	Fuera de norma

Hierro	0,19	0,01	0,01	0,06	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	442,8	440,5	445,3	448,7	mg/l	1000	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-10: Resultados de la caracterización del agua Comunidad Asunción

Parámetro	Ultimo punto de la red de distribución	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Arsénico	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Cadmio	0,0	mg/l	0,003	Dentro de norma
Mercurio	0,0	mg/l	0,006	Dentro de norma
Plomo	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Selenio	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-11: Resultados de la caracterización agua Comunidad Asunción. II y III Muestreo

Parámetro	Primera casa	Casa Intermedia	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	12	12	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,79	0,8	NTU	5	Dentro de norma
pH	7,3	7,27	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	164,1	157,6	µSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,7	0,8	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3,5	3,9	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2	2	mg/l	--	---
Nitritos	0,001	0,005	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	2,9	2,3	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,28	0,29	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	0,4	0,8	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,05	0,05	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	442,4	444,8	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-12: Resultados de pruebas microbiológicas Asunción

Coliformes									NMP/100ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
+	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	3,6	0,7	18
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-13: Resultados de la caracterización agua de consumo Comunidad Bayushi

Parámetro	Primera casa	Casa de la mitad	Ultima casa	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	1	1	1	Unidad	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,52	0,26	0,26	NTU	5	Dentro de norma
pH	6,6	6,6	6,8	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	461,3	464,2	467,6	µSiems/cm	--	
Cloruros	0,8	0,8	0,9	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	3	2,3	2,6	mg/l	300	Dentro de norma
Alcalinidad	2,5	2	2,2	mg/l	--	
Nitritos, N-NO ₂	0,006	0,007	0,007	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos, N-NO ₃	2,2	2,5	2,7	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	1,07	1,07	1,09	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	1,38	1,38	1,39	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,05	0,005	0,003	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	186,7	287,5	288	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-14: Resultados de la caracterización de metales Comunidad Bayushi

Parámetro	Último punto de la red de distribución	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Arsénico	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Cadmio	0,0001	mg/l	0,003	Dentro de norma

Mercurio	0,0001	mg/l	0,006	Dentro de norma
Plomo	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Selenio	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-15: Caracterización agua de consumo Comunidad Bayushi. II y III Muestreo

Parámetro	Primera casa	Casa Intermedia	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	1	1	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,22	0,25	NTU	5	Dentro de norma
pH	6,4	6,06	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	466,0	467,6	μSiems/cm	--	Dentro de norma
Cloruros	0,9	0,8	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	2,4	2,6	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2,1	2	mg/l	--	---
Nitritos	0,000	0,002	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	2,6	2,6	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	1,06	1,07	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	1,37	1,36	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,007	0,003	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	287,2	288	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-16: Resultados de pruebas microbiológicas Bayushi

Coliformes									NMP/ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
+	+	+	-	-	-	-	-	-	3	0	0	23	4,6	94
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-17: Resultados de la caracterización agua de consumo de la Cabecera Parroquial

Parámetro	Primera casa	Casa de la mitad	Última casa	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	9	9	9	---	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,70	0,70	0,72	NTU	5	Dentro de norma
pH	6,7	6,7	6,8	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	462,4	464,8	466,8	μSiems/cm	--	
Cloruros	1,1	1,2	1,2	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	2,6	2,6	2,8	mg/l	300	Dentro de norma
Alcalinidad	2	2,2	2,4	mg/l	--	Dentro de norma
Nitritos, N-NO ₂	0,001	0,003	0,004	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos, N-NO ₃	2,7	2,7	2,9	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	1,34	1,34	1,36	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	1,24	1,24	1,27	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,03	0,03	0,03	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	280,8	280,5	282,7	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-18: Resultados de la caracterización de metales de la Cabecera Parroquial.

Parámetro	Último punto de la red de distribución	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Arsénico	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Cadmio	0,0	mg/l	0,003	Dentro de norma
Mercurio	0,0	mg/l	0,006	Dentro de norma
Plomo	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma
Selenio	0,0	mg/l	0,01	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-19: Caracterización agua de consumo de la Cabecera Parroquial. II y III Muestreo

Parámetro	Primera casa	Casa Intermedia	Unidad	Parámetro según NORMA	Criterio
Color	8	8	----	15	Dentro de norma
Turbiedad	0,66	0,6	NTU	5	Dentro de norma
pH	6,73	6,07	-----	6,5 – 8,5	Dentro de norma
Conductividad	454,0	447,6	μSiems/cm	--	Dentro de norma

Cloruros	1	0,8	mg/l	2,0	Dentro de norma
Dureza	2,5	2,2	mg/l	300	Dentro de norma-
Alcalinidad	2,1	2	mg/l	--	---
Nitritos	0,001	0,000	mg/l	3,0	Dentro de norma
Nitratos	1,9	2,3	mg/l	50	Dentro de norma
Flúor, F	0,98	1,29	mg/l	1,5	Dentro de norma
Fosfatos	1,1	0,94	mg/l	0,3	Fuera de norma
Hierro	0,01	0,05	mg/l	0,3	Dentro de norma
Sólidos Totales Disueltos	241,4	271,8	mg/l	1000	Dentro de norma

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-20: Resultados de pruebas microbiológicas Cabecera Parroquial

Coliformes									NMP/ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	Menos de 3.0		9,5
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.2. Diagrama resultados parámetros que salen de norma

Para cada parámetro caracterizado en el laboratorio se sacó el promedio de los tres muestreos que se realizó en diferentes puntos de cada comunidad, presentándose en gráficas únicamente los resultados de los parámetros que no cumplen con la norma establecida.

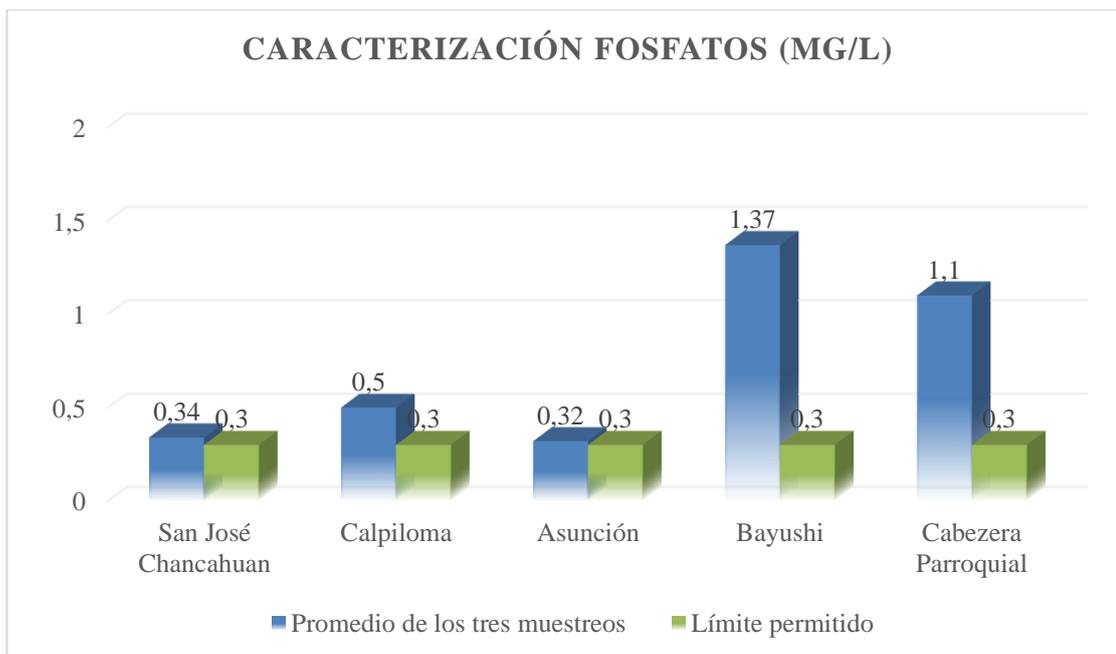


Ilustración 4-1: Caracterización Fosfatos

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.2.1. Interpretación fosfatos

Bayushi presenta el valor más elevado en comparación con las otras comunidades pese a que no existe un valor límite permisible para este parámetro en el agua, la OMS recomienda que el valor de be ser de 0,3 mg/l; según El Consejo Provincial de Chimborazo (2014, p.62), en la caracterización del agua en Licán el valor para este parámetro fue de 0,27 mg/l; para San Martín de Veranillo fue de 0,56 mg/l; mientras que para Calpi su valor fue de 1,08 mg/l, se evidencia que tanto en el informe presentado como en este estudio el valor de los fosfatos es elevado principalmente en la Cabezera Parroquial y Bayushi siendo más elevados que los reportados en Lican y San Martín de Veranillo, este problema se presenta por la contaminación de las fuentes por fertilizantes, excretas de los animales que pastan cerca de las fuentes, estos contaminantes son eliminados del suelo o lavados por la lluvia y llevadas por el agua o el viento hacia las fuentes.

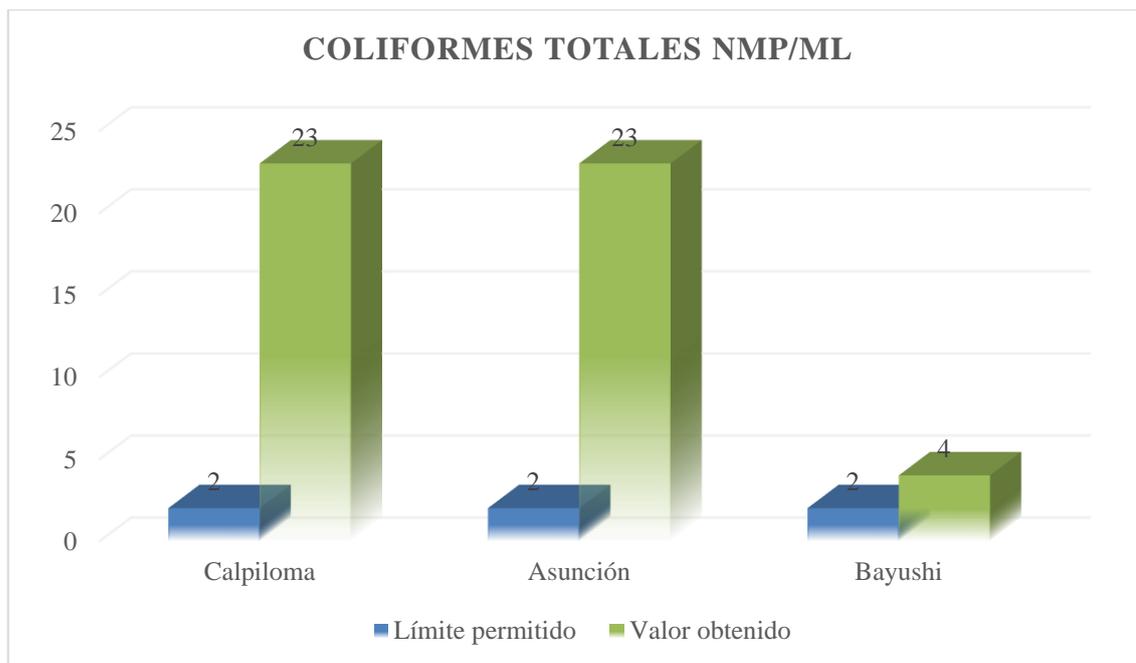


Ilustración 4-2: Caracterización coliformes totales

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.2.2. Interpretación coliformes totales

En la gráfica se aprecia que la comunidad de Calpiloma y Asunción presentan un valor elevado en cuanto a concentraciones de coliformes totales con valores de 23 NMP/ml, mientras que Bayushi presenta un valor de 4 NMP/ml evidenciando claramente que salen de norma ya que este valor debe ser < 2 NMP/ml. Estas bacterias coliformes son denominadas "organismos indicadores" ya que, indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad. Más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación con una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales). Las bacterias que causan enfermedades pueden utilizar esta vía para ingresar al suministro de agua.

4.3. Propuesta de tratabilidad

Una vez concluida la caracterización del agua de consumo en cada una de las 5 comunidades, se determinó que los fosfatos (PO_4^{3-}) son el parámetro que se encuentra fuera de norma, mismo que debe ser tratado para lograr minimizar el porcentaje de concentración o a su vez, que llegue al valor establecido por norma que es de 0,3 mg/l. Este parámetro debe ser tratado ya que un agua con exceso en fosfatos provoca el crecimiento excesivo de algas, posteriormente la putrefacción de la misma, esto conlleva a su vez a la pérdida del oxígeno disuelto.

La propuesta que se estableció para la disminución de fosfatos consistió en realizar diferentes simulaciones con filtros construidos a nivel laboratorio, mismos que fueron elaborados con una variedad de materiales, y ensayando diferentes métodos. Previo al inicio de las simulaciones se midieron los valores de los fosfatos esto con el fin de conocer las condiciones iniciales con las que se inicia el tratamiento y cuál es el resultado obtenido después del mismo.

4.3.1. Primera simulación filtración

El ensayo empezó con el armado del filtro rápido a nivel del laboratorio. El método consistió en colocar el agua sobre el papel filtro posteriormente se conectó el filtro a una bomba de vacío debido a que, el diámetro de los orificios del papel filtro eran tan pequeños que fue necesario generar presión para lograr la filtración, posteriormente se llevó la muestra filtrada al laboratorio y se midió la concentración de Fosfato siguiendo el método HACH, detallado en la Tabla 4-3.

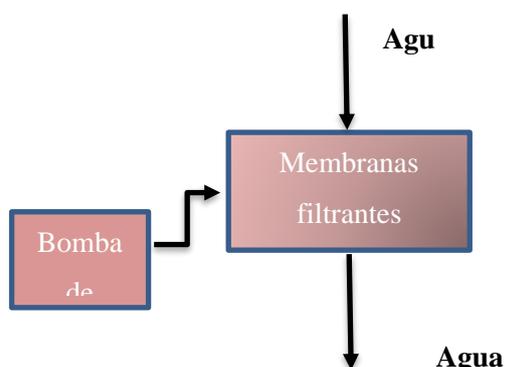


Ilustración 4-3: Desgrama 1^{ra} simulación.

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-21: Resultados de la Primera Simulación Membranas Filtrantes

Parámetro	Fosfatos					
	Calpiloma	Bayushi	Chancahuan	Asunción	Cabecera	Unidad
Antes del tratamiento.	0,5	1,3	0,64	0,86	1,1	mg/l
Después del tratamiento	0,33	0,63	0,37	0,45	0,56	mg/l
% de Remoción	34%	51.5%	42%	47.7%	49%	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Porcentaje de remoción de fosfatos correspondiente a la primera simulación.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\% \quad \text{Ecuación 1 - 4.}$$

Donde:

V_i = Valor inicial antes del tratamiento.

V_f = Valor final después del tratamiento.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Calpiloma} = \frac{0,5 - 0,33}{0,5} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 34\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Bayushi} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,3 - 0,63}{1,3} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 51,5\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Chancahuan} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,64 - 0,37}{0,64} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 42\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Asunción} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,86 - 0,45}{0,86} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 47,7\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos C5} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,1 - 0,56}{1,1} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 49\%$$

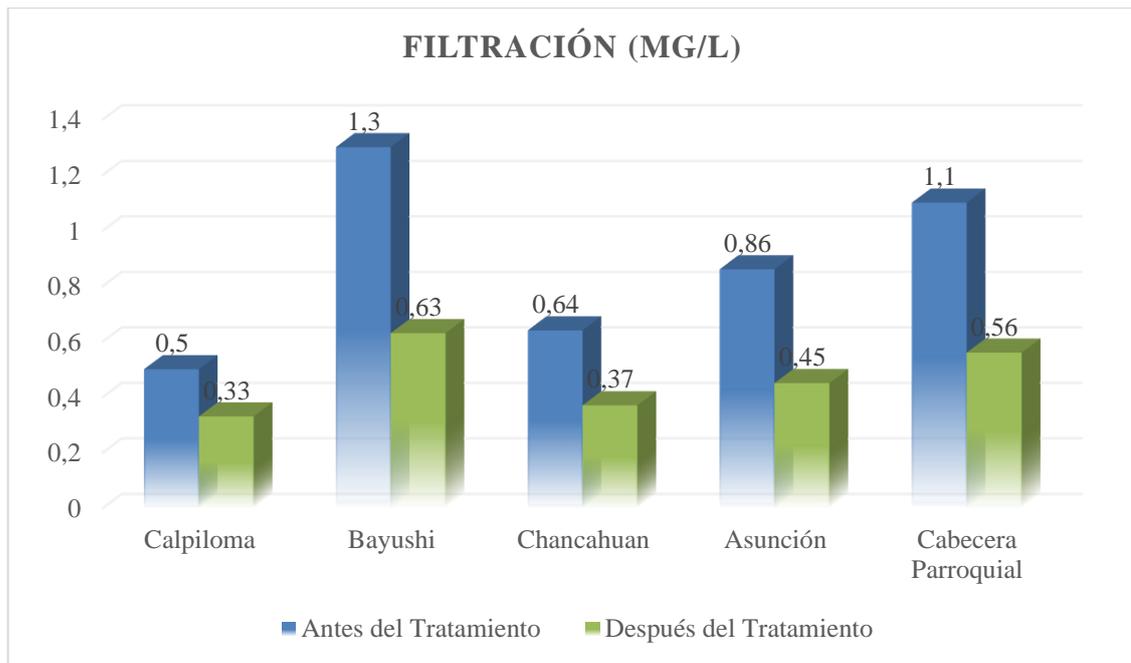


Ilustración 4-4: Disminución en la concentración de fosfatos primera simulación

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.3.2. Segunda simulación

Se construyó un filtro a base de grava más cáscara de coco seco (secada a 250°C por 4h con el fin de crear mayor porosidad en su estructura) como medio filtrante.

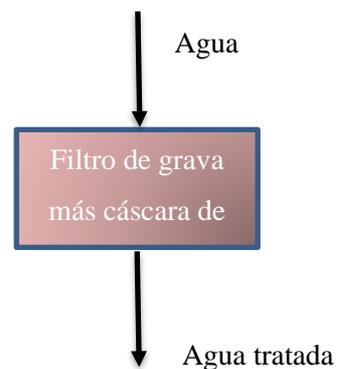


Ilustración 4-5: Desgrama 2^{da} simulación.

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-22: Resultados de la segunda simulación grava más cascara de coco.

Parámetro	<i>Fosfatos</i>					Unidad
	Calpiloma	Bayushi	Chanchahuan	Asunción	Cabecera	
Antes del tratamiento.	0,5	1,3	0,64	0,86	1,1	mg/l
Después del tratamiento	0,49	1,2	0,63	0,86	1,1	mg/l
% de Remoción	2%	7,7%	1,6%	0%	0%	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Porcentaje de remoción de fosfatos correspondiente a la segunda simulación

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

Donde:

V_i = Valor inicial antes del tratamiento.

V_f = Valor final después del tratamiento.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Calpiloma} = \frac{0,5 - 0,49}{0,5} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 2\%$$

4.3.3. Tercera simulación

El ensayo empezó con la construcción de un filtro de carbón activado a nivel del laboratorio. El carbón fue activado térmicamente, con el fin de formar poros, los mismos que permiten gracias a la operación unitaria de ADSORCIÓN atrapar una gran variedad de impurezas, siendo atraídas a la superficie del carbón y reteniéndolas en él.

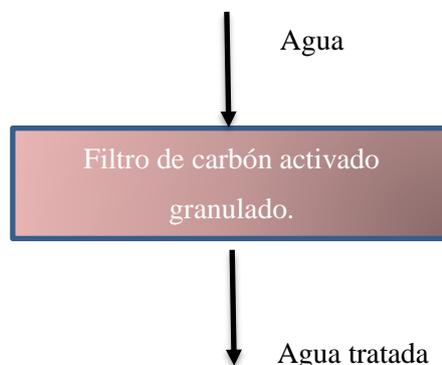


Ilustración 4-6: Desgrama, 3° simulación

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-23: Resultados de la Tercera Simulación Carbón activado granulado

Parámetro	<i>Fosfatos</i>					Unidad
	Calpiloma	Bayushi	Chancahuan	Asunción	Cabecera	
Antes del tratamiento.	0,5	1,3	0,64	0,86	1,1	mg/l
Después del tratamiento	0,33	0,40	0,32	0,40	0,45	mg/l
% de Remoción	34%	69%	50%	53,5%	59%	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Porcentaje de remoción de fosfatos correspondiente a la tercera simulación

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

Donde:

V_i = Valor inicial antes del tratamiento.

V_f = Valor final después del tratamiento.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Calpiloma} = \frac{0,5 - 0,33}{0,5} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 34\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Bayushi} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,3 - 0,40}{1,3} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 69\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Chancahuan} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,64 - 0,32}{0,64} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 50\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Asunción} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,86 - 0,40}{0,86} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 53,5\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Cabecera} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,1 - 0,45}{1,1} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 59\%$$

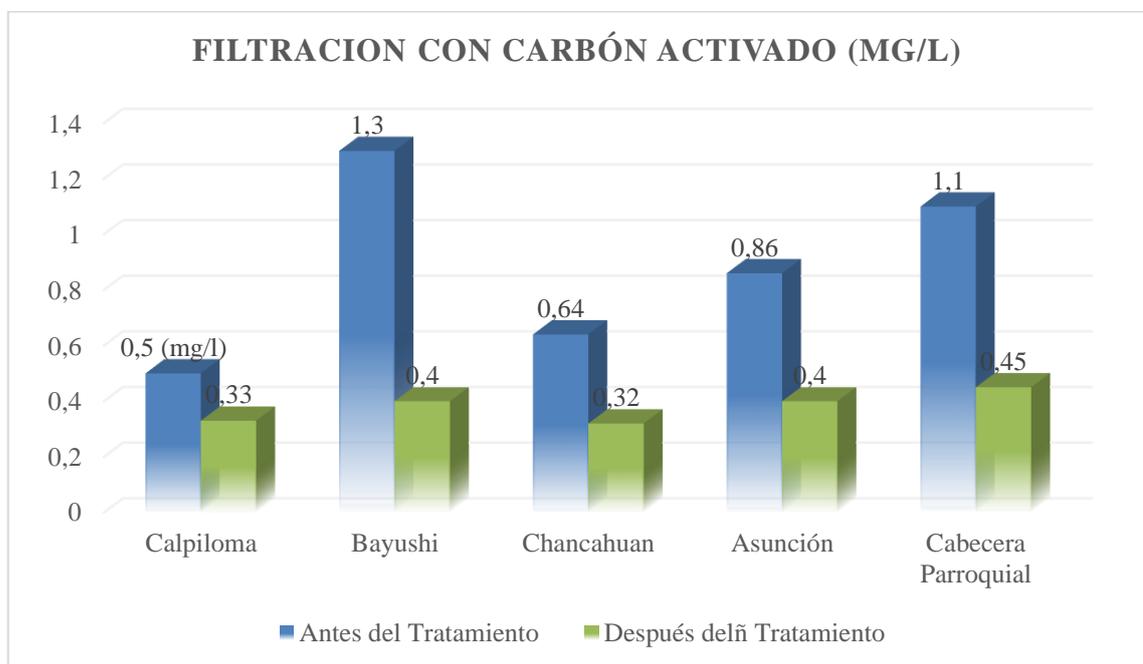


Ilustración 4-7: Disminución de la concentración de fosfatos tercera simulación

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.3.4. Cuarta simulación aireación más filtración

El ensayo constó de la combinación de simulaciones y materiales anteriores como la aireación proceso de transferencia de masa, la misma que se realizó con la ayuda de una bomba de pecera, agregando aire al agua durante 24h, con el fin de proveer el oxígeno necesario a los microorganismos para que cumplan con sus procesos de transformación y degradación. El lecho filtrante fue carbón activado granulado ya que éste logró disminuir en mayor cantidad la concentración de fosfatos en la simulación.

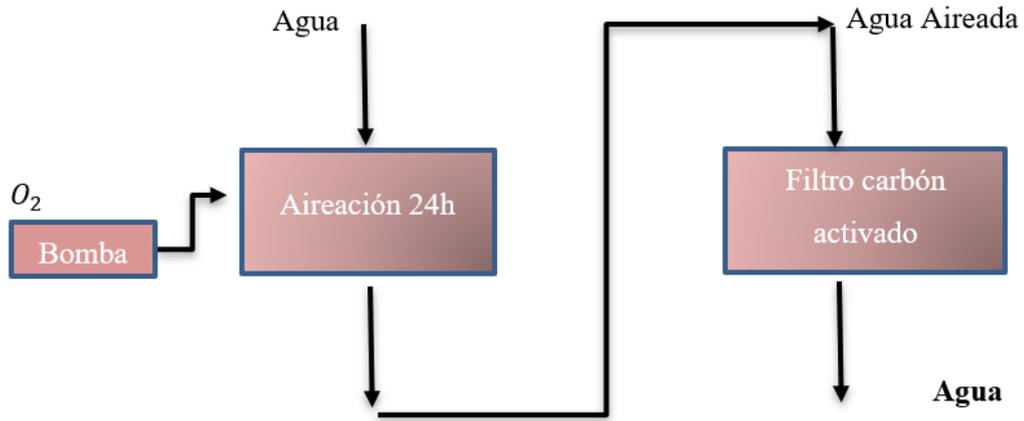


Ilustración 4-8: Diagrama cuarta simulación

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-24: Resultados de la cuarta simulación. Aireación más filtración

Parámetro	<i>Fosfatos</i>					Unidad
	Calpiloma	Bayushi	Chancahuan	Asunción	Cabecera	
Antes del tratamiento.	0,5	1,3	0,64	0,86	1,1	mg/l
Después del tratamiento	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	mg/l
% de Remoción	40%	77%	53%	65%	73%	

Realizado por: Freire, C., 2023.

Porcentaje de remoción de fosfatos correspondiente a la tercera simulación.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Calpiloma} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

Donde:

V_i = Valor inicial antes del tratamiento.

V_f = Valor final después del tratamiento.

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Calpiloma} = \frac{0,5 - 0,3}{0,5} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 40\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Bayushi} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,3 - 0,3}{1,3} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 77\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Chanchahuan} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,64 - 0,3}{0,64} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 53\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Asunción} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{0,86 - 0,3}{0,86} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 65\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos Cabecera Parroquial} = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = \frac{1,1 - 0,3}{1,1} * 100\%$$

$$\% \text{ Remoción de Fosfatos} = 73\%$$

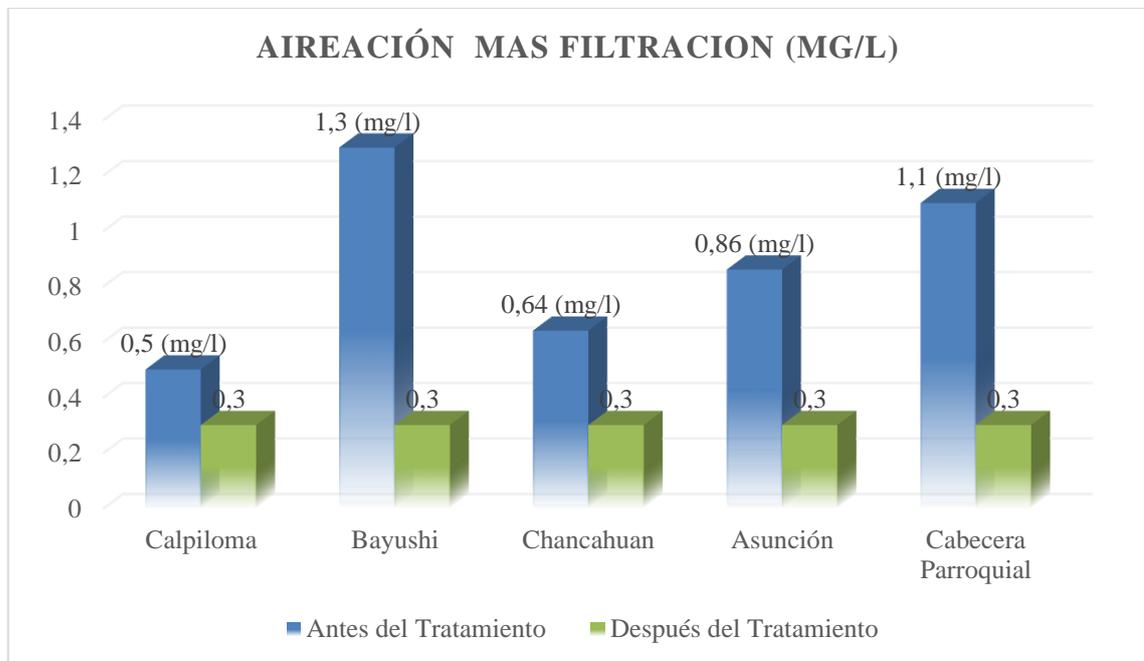


Ilustración 4-9: Disminución de la concentración de fosfatos cuarta simulación

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.4. Análisis e interpretación de resultados de las simulaciones

Una vez concluida con la caracterización del agua de consumo se observó que la gran mayoría de parámetros se encuentra dentro de lo que estipula la NORMA INEN 1108:2011, a excepción de los fosfatos (PO_4^{3-}), parámetro que sale de norma en todas las 5 comunidades en las que se realizó el estudio como se puede observar en las tablas No. 1-4 a la No. 14-4. Con base a estos resultados obtenidos se procedió a realizar diferentes simulaciones empleando técnicas y materiales diferentes, buscando qué filtro es el que brindaba mejores resultados en cuanto a disminución de la concentración de fosfato en el agua de consumo humano. Después de realizar la primera simulación que constó de membranas filtrantes, se evidenció una disminución de la concentración de (PO_4^{3-}), de 0,17 mg/l para Calpiloma, 0,67 mg/l para Bayushi, 0,27 mg/l para Chanchahuan, 0,41 mg/l para Asunción y 0,54 mg/l respectivamente ninguno llegando al valor establecido por norma ver tabla (16-4).

La segunda simulación constó de la fabricación a nivel laboratorio de un filtro que constó de grava más cáscara de coco seco los valores de disminución no variaron después de la filtración y respectivo análisis del agua tratada en el laboratorio, esto se debe a que, efectivamente la cáscara de coco seco es buena para retener impurezas que contiene el agua atrapándolas en sus porosidades y reteniéndolas allí- Pero lo que se buscaba era la disminución de la concentración de fosfatos y el coco posee en si composición fósforo, mismo que no modificó la concentración en el agua. La tercera simulación constó de un filtro a base de carbón activado granulado, con este material se obtuvieron importantes datos de disminución en la concentración de fosfatos siendo estos valores 0,17 mg/l para Calpiloma, 0,9 mg/l para Bayushi, 0,32 mg/l para Chanchahuan, 0,46 mg/l para Asunción y 0,65 para Cabecera Parroquial. Se notó claramente que existió un incremento en la remoción de (PO_4^{3-}), con respecto a la primera simulación. En la cuarta simulación que fue una combinación de técnicas y con la implementación de carbón activado, los valores de remoción fueron de 0,25 mg/l para Calpiloma, 1 mg/l para Bayushi, 0,33 mg/l para Chanchahuan, 0,56 mg/l para C4 y 0,8 mg/l para Cabecera Parroquial, con esta simulación se logró llegar al valor establecido en norma, que, para este parámetro es de 0,3 mg/l.

Por ende, la cuarta simulación fue un tratamiento apto y eficaz para lograr la disminución de fosfatos, entregando así resultados favorables del agua, mismos que cumplieron con lo establecido en norma. De esta manera se entregaría agua de calidad a la población de las 5 comunidades pertenecientes a la parroquia Calpi, garantizando así el buen estado de salud de los moradores que consumen este líquido vital.

4.5 Dosificación de cloro

En cuanto a la cloración del agua, de las 5 comunidades son tres las que presentaron coliformes totales: Asunción, Calpiloma y Bayushi con valores de 23 NMP/ml, 4 NMP/ml y 23 NMP/ml respectivamente, notándose claramente que salen de norma ya que esta establece que debe ser < 2 NMP/ml. Para tratar este problema se utilizó una solución de Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, en forma granular, ya que este compuesto posee un contenido de cloro hasta del 70%. A diferencia del hipoclorito de sodio cuyo contenido de cloro es de máximo 15%.

Para la dosificación de cloro en cada una de las muestras de las comunidades se preparó 100 ml de una solución de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ al 0,3%, disolviendo 0,3g de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ en estado sólido posteriormente fue aforado con agua destilada a 100 ml.

4.5.1. Procedimiento

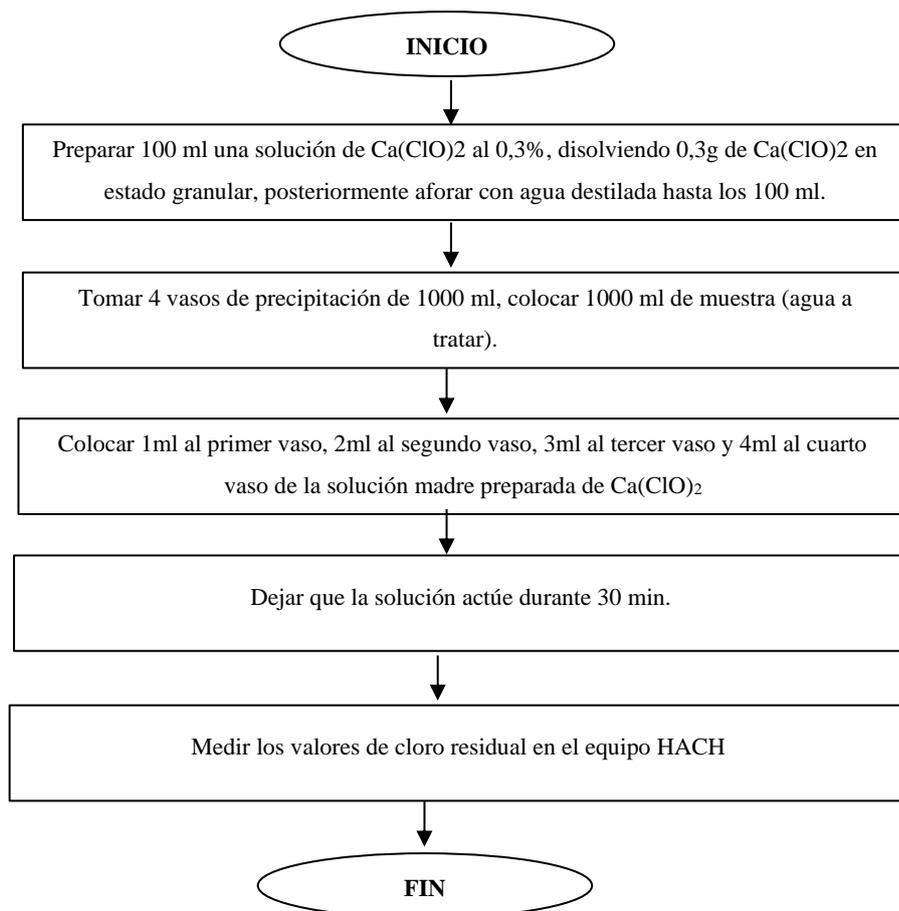


Ilustración 4-10: Diagrama cloración del agua

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-25: Resultados Cloro residual

Muestra	Solución de Ca(ClO) ₂ al 0,3%		Cloro residual mg/l			
	Vaso de precipitación	ml	Calpiloma	Asunción	Bayushi	Unidades
1	1		0,20	0,20	0,18	mg/l
2	2		0,81	0,81	0,76	mg/l
3	3		1,33	1,33	1,30	mg/l
4	4		1,8	1,8	1,77	mg/l

Realizado por: Freire, C., 2023.

Se pudo evidenciar que al añadir 3ml de solución al 0,3% de hipoclorito de calcio generó un valor de cloro residual de 1,33mg/l para 2 comunidades y de 1,30 para Bayushí ver tabla (22-4) este valor que se encontró dentro de la normativa NTE INEN 1108:2011 (0,3 a 1,5mg/l). Este cloro actúa contra los organismos patógenos que hayan quedado en el agua después de la cloración general.

Luego de realizar nuevamente las pruebas microbiológicas del agua, después de agregar el Hipoclorito de calcio Ca(ClO)₂, siguiendo el método del número más probable (NMP), ver tabla (6-3), se determinó que se logró bajar la concentración de coliformes totales del agua de consumo de las tres comunidades antes mencionadas, ya que los valores que reportan los resultados fueron < 2 NMP/ml, cumpliendo así, lo determina la norma, Ver tablas (20-4 a 22-4).

Tabla 4-26: Resultados de pruebas microbiológicas Calpiloma después del tratamiento.

Coliformes									NMP/ML			Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C					
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	Menos de 3.0	9,5
PARÁSITOS													
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli			
-					-					-			

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-27: Resultados de pruebas microbiológicas Asunción después del tratamiento

Coliformes									NMP/ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	Menos de 3.0		9,5
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

Tabla 4-28: Resultados de pruebas microbiológicas Bayushi después del tratamiento

Coliformes									NMP/ML			NMP/ML	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
A	A	A	B	B	B	C	C	C						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	Menos de 3.0		9,5
PARÁSITOS														
Ciclosporidium					Gardia Lamblia					E. Coli				
-					-					-				

Realizado por: Freire, C., 2023.

El volumen de agua del tanque de almacenamiento para las comunidades que presentaron coliformes totales es de 27600 litros y el caudal es de 6,5 l/s. Sabiendo que se necesitan 3ml de solución madre de hipoclorito de calcio, por cada litro de agua cruda se tuvo que:

$$V Ca(ClO)_2 = \text{Litros de agua cruda} * \frac{\text{ml de solución de hipoclorito de calcio}}{1 \text{ l de agua cruda}}$$

Ecuación 4-1.

$$V Ca(ClO)_2 = 27600 * \frac{3 \text{ ml de solución al 0,3\% de hipoclorito de calcio}}{1 \text{ l de agua cruda}}$$

$$V Ca(ClO)_2 = 82800 \text{ ml de solución de HTH} * \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}$$

$$V Ca(ClO)_2 = 82,8 \text{ l de HTH}$$

Por ende, interpretando este resultado, para clorar un volumen de agua que llega a los tanques de almacenamiento se necesitaría por día 82,8 l de solución de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ al 0,3%.

Si se desea conocer la cantidad que se debe suministrar cada minuto si se implementa un sistema de goteo sería:

$$82,8 \frac{l}{día} * \frac{1000ml}{1 l} * \frac{1 día}{24 h} * \frac{1 h}{60 min}$$
$$Q_{HTH} = 57,5 ml/min$$

4.6. Propuesta

La propuesta de tratabilidad se basó en los buenos resultados obtenidos con la simulación cuatro ver tabla (19-4), que constó de un tratamiento primero de aireación del agua, para posteriormente sea pasada esta agua por un filtro de carbón activado granulado (como lecho filtrante), este carbón actuará como un imán atrapando las impurezas en su porosidad y conservándolas allí o, dicho de otra manera, el carbón se rige a la operación unitaria de Adsorción. Para llevar este sistema de tratamiento del laboratorio a la práctica y que sea implementado por las comunidades como un sistema de tratabilidad, se propone la construcción de una torre de aireación por bandejas, cuyo material de contacto sea el carbón activado granulado, que debe ser colocada entre el tanque de captación y el tanque de almacenamiento, sistemas con los que ya cuentan las comunidades. Por ende, lo que se construiría sería únicamente la torre de aireación y el sistema de tuberías que necesita para funcionar.

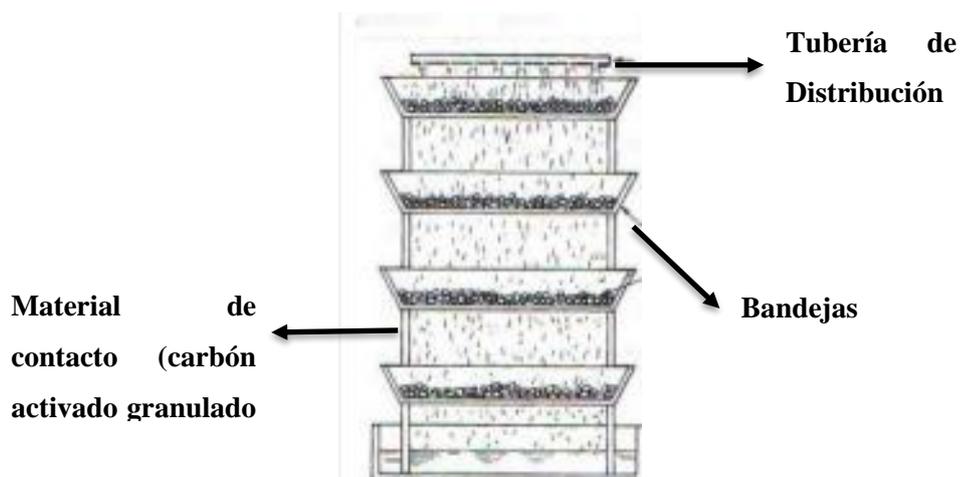


Ilustración 4-11: Diseño torre de aireación.

Fuente: (Guzmán, 2017).

4.6.1. Cálculos de diseño

4.6.1.1. Bases de diseño

Se empleó la norma CO 10.7 – 601: NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES para definir los parámetros de diseño.

4.6.1.2. Período de diseño

Se tomó en cuenta un lapso de diseño de 20 años de acuerdo con la norma CO 10.7-601, que corresponde al período recomendado por las regulaciones para este tipo de proyectos de diseño.

4.6.1.3. Proyección poblacional

De acuerdo con los datos suministrados por el GAD de Calpi en 2022, se identificaron aproximadamente 1540 beneficiarios de la vertiente, los cuales pertenecen a las comunidades de San José de Chanchahuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción y la cabecera parroquial, ubicadas en la zona central de la parroquia Calpi. Estos 1540 usuarios se consideran como la población actual. Para proyectar la población futura, se utilizó el método geométrico, el cual, según Valdez (2018, p. 82), es ampliamente utilizado y efectivo en este tipo de estimaciones.

Dado que no se disponen de datos específicos, se utilizaron los índices de crecimiento geométrico proporcionados en la Tabla 5.1 de la norma CO 10.7-602. Según esta tabla, se establece una tasa de crecimiento del 1% para la región de la sierra.

Método geométrico

$$P_t = P_o (1 + r)^t$$

Ecuación 4-2.

Donde:

P_t = Población futura

P_o = Población inicial o actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

t = Tiempo comprendido entre P_t y P_o

$$Pt = 1540 \left(1 + \frac{1,00}{100}\right)^{20}$$

$$Pt = 1879,09$$

$$Pt = 1880 \text{ usuarios}$$

4.6.1.4. Dotación neta

De acuerdo con la norma CO 10.7-601, se establece que la dotación media futura recomendada para poblaciones de hasta 5000 habitantes en climas fríos es de 120 a 150 litros por habitante por día. En el caso actual, se ha decidido adoptar una dotación de 120 litros por habitante por día, lo cual es adecuado para el sector y está acorde con la cantidad de agua disponible en la vertiente.

4.6.2. Caudal de diseño

4.6.2.1. Caudal medio

Se refiere al caudal de agua que se consume en promedio por la comunidad, teniendo en cuenta las posibles pérdidas por fugas, según lo establecido en la norma CO 10.7-602 (CO 10.7-602).

$$Q_m = \left(\frac{FPD}{86400}\right)$$

Ecuación 4-3.

Donde:

F= Factor de fugas (20%) (CO 10.7-602).

P= Población del área de estudio (hab.)

D= Dotación (L/hab.día)

$$Q_m = \left(\frac{0,2 * 1880 (hab.) * 120 \left(\frac{L}{hab.* día}\right)}{86400(s)}\right)$$

$$Q_m = 1,10 \text{ L/s}$$

4.6.2.2. Caudal máximo horario

$$Q_{MH} = KMH * Q_m$$

Ecuación 4-4.

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (L/s)

KMH = Factor de mayoración máximo horario

La norma CO 10.7-602 establece que el factor de mayoración máximo diario (KMH) tiene un valor de 3.

$$Q_{MH} = 3 * 1,10 \text{ L/s}$$

$$Q_{MH} = 3,30 \text{ L/s}$$

4.6.2.3. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se refiere a la cantidad promedio de agua que la comunidad consume durante el día de mayor demanda (CO 10.7-602).

$$Q_{MD} = KMD * Q_m$$

Ecuación 4-5.

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (L/s)

KMD = Factor de mayoración máximo diario

De acuerdo con la norma CO 10.7-602, el factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25.

$$Q_{MD} = 1,25 * 1,10 \text{ L/s}$$

$$Q_{MD} = 1,38 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

4.6.2.4. Caudal de diseño

La estructura se diseñó con una capacidad equivalente a 1,5 veces el caudal máximo diario, siguiendo la recomendación de Orellana en 2016 (p. 44).

$$Q_D = 1,5 * Q_{MD}$$

Ecuación 4-6.

Donde:

QD = Caudal de diseño (L/s)

QMD = Caudal máximo diario

$$Q_D = 1,5 * 1,38 \frac{L}{s}$$

$$Q_D = 2,07 \text{ L/s}$$

4.6.3. Diseño del aireador de bandejas

Tabla 4-29: Parámetros de diseño del aireador de bandejas

Parámetro	Valor	Unidades
Carga hidráulica	100-200	m ³ /m ² d
Número de bandejas	3-9	u
Altura total del aireador	1,2-3	m
Espacio entre bandejas	30-60	cm
Diámetro de coque o piedra	5-15	cm
Medio de contacto	15-20	cm
Diámetro de orificios	5-12	mm
Separación entre orificios	2,5-7,5	cm

Fuente: Romero, J, 2002; CO 10.7-601.

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.6.3.1. Área total del aireador

$$A_T = \frac{Q_D}{CH}$$

Ecuación 4-7.

Donde:

AT: Área total del aireador (m²)

QD: Caudal de diseño (m³/d)

CH: Carga Hidráulica (m³ /d. m²)

Según la norma CO 10.7-602, la carga hidráulica superficial puede variar entre 100 m³/m²*d y 200 m³/m²*d. Para este caso en particular, se ha decidido adoptar un valor de 150 m³/m²*d como carga hidráulica superficial.

$$A_T = \frac{178,85 \text{ m}^3/\text{d}}{150 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d}}$$
$$A_T = 1,19 \text{ m}^2$$

4.6.3.2. Dimensionamiento de cada bandeja

Número de unidades bandejas

La norma CO 10.7-602 recomienda que el número de bandejas esté comprendido entre 3 y 9 unidades.

$$N_B = \frac{A_T}{Q_D * A_e}$$

Ecuación 4-8.

Donde:

AT: Área total de aireación (m²)

QD: Caudal de diseño (m³/d)

Ae : Área específica (m² L/s)

NB: Número de bandejas o unidades de aireación requerida (adimensional)

Para el área específica (A_e), se ha seleccionado el valor de $0.15 \text{ m}^2 \text{ L/s}$, el cual cumple con las especificaciones tanto de Romero (1999) como de la RAS (2000).

$$N_B = \frac{1,19 \text{ m}^2}{2,07 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 0,15 \text{ L/s}}$$
$$N_B = 3,83 = 4 \text{ unidades}$$

Área de cada bandeja

$$A_b = \frac{A_T}{N_B}$$

Ecuación 4-9.

Donde:

Ab: Área de la bandeja (m^2)

NB: Número de bandejas o unidades de aireación requerida (adimensional)

$$A_b = \frac{1,19 \text{ m}^2}{4}$$
$$A_b = 0,30 \text{ m}^2$$

Longitud de la bandeja

Se determinó la longitud de cada lado de las bandejas, considerando que estas serán cuadradas, utilizando la raíz cuadrada del área.

$$L_b = \sqrt{A_b}$$

Ecuación 4-10.

Donde:

Lb: Longitud de la bandeja (m).

Ab: Área de la bandeja (m^2)

$$L_b = \sqrt{0,30 \text{ m}^2}$$

$$L_b = 0,55 \text{ m por lado}$$

Área total de bandeja

$$A_{tb} = A_{b1} + A_{b2} + A_{bn} \dots$$

Ecuación 4-11.

Donde:

Atb: Área total de las bandejas (m²)

Ab: Área de la bandeja (m²)

$$A_{tb} = 0,30 \text{ m}^2 + 0,30 \text{ m}^2 + 0,30 \text{ m}^2 + 0,30 \text{ m}^2$$

$$A_{tb} = 1,2 \text{ m}^2$$

Orificios en las bandejas

$$N = \frac{L_b + s - 2e}{D + s}$$

Ecuación 4-12.

Donde:

N: Número de orificios

Lb: Longitud de la bandeja (cm)

D: Diámetro del orificio (cm)

S: Separación (cm)

e: Espacio de borde libre (cm)

$$N = \frac{55 \text{ (cm)} + 3 \text{ (cm)} - 2(3 \text{ (cm)})}{1 \text{ (cm)} + 3 \text{ (cm)}}$$

$$N = 13$$

Se utilizaron 13 filas de orificios en cada bandeja, con cada orificio teniendo un diámetro de 10 mm. Los orificios estarán separados entre sí por una distancia de 3 cm, y se dejará un espacio de borde libre de 3 cm.

Área total de orificio

$$A = \left(\frac{\pi + D^2}{4} \right) * N^2$$

Ecuación 4-13.

Donde:

A: Área total del orificio (cm²)

N: Número de orificios

D: Diámetro del orificio (cm)

$$A = \left(\frac{\pi + 1(cm)^2}{4} \right) * 13^2$$

$$A = 132,73 \text{ cm}^2 = 133 \text{ cm}^2$$

Velocidad de flujo

$$v = \frac{Q_D}{A}$$

Ecuación 4-14.

Donde:

V: Velocidad de flujo (m/s)

A: Área total del orificio (m²)

QD: Caudal de diseño (m³/s)

$$v = \frac{0,0021 \left(\frac{m^3}{s} \right)}{1,33 \text{ m}^2}$$

$$v = 1,57 \times 10^{-3} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Tabla 4-30: Cuadro resumen del diseño de la torre de aireación

Parámetros	Valor
Número de bandejas	4
Largo (m)	0,55
Ancho (m)	0,55
Diámetro de orificios (m)	0,1
Grava (m)	0,10
Carbón activado granulado (m)	0,15
Separación de orificios (m)	0,3
Espacio de borde libre	0,3
Altura de bandejas (m)	0,3
Separación entre bandejas (m)	0,3
Altura total torre de aireación (m)	2,4
Material	Acero inoxidable

Realizado por: Freire, C., 2023.

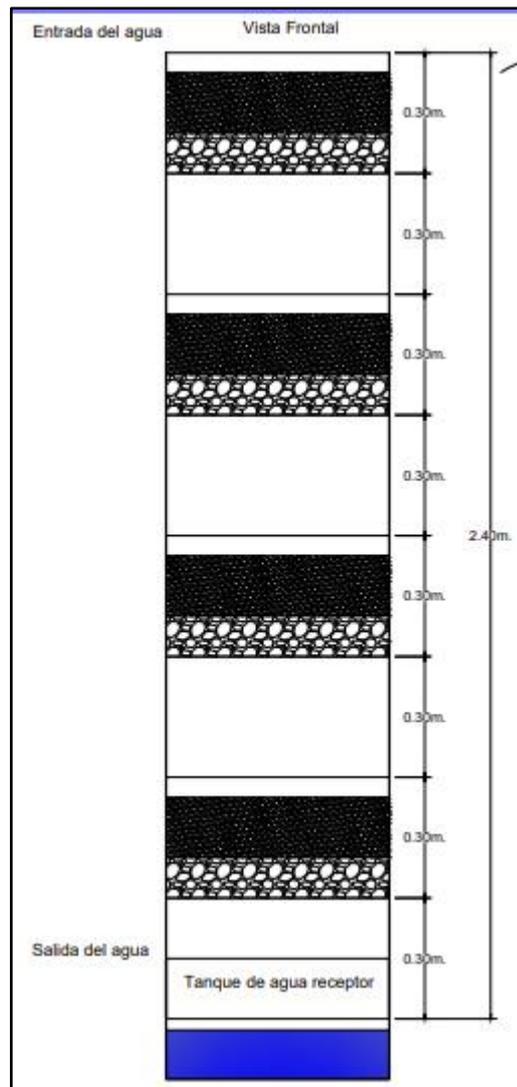


Ilustración 4-12: Diseño torre de aireación

Realizado por: Freire, C., 2023.

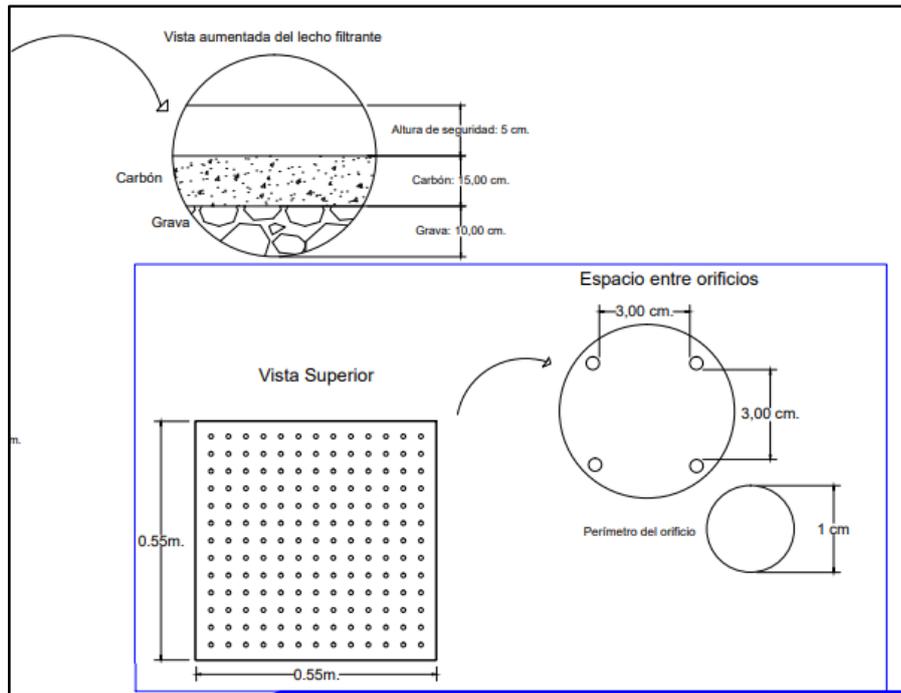


Ilustración 4-13: Diseño de bandejas y lecho filtrante

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.7. Diagramas de proceso del sistema de tratabilidad

4.7.1. Diagrama de tratabilidad de las comunidades que no tuvieron problemas de coliformes totales

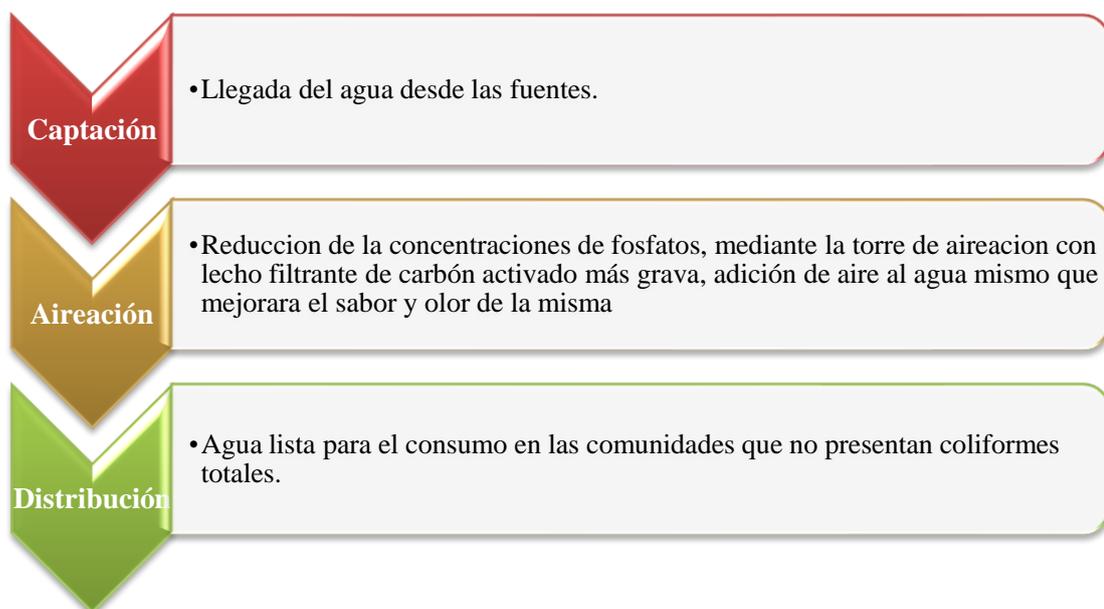


Ilustración 4-14: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento

Realizado por: Freire, C., 2023.

4.7.2. Diagrama de tratabilidad de las comunidades que presentaron problemas de coliformes totales

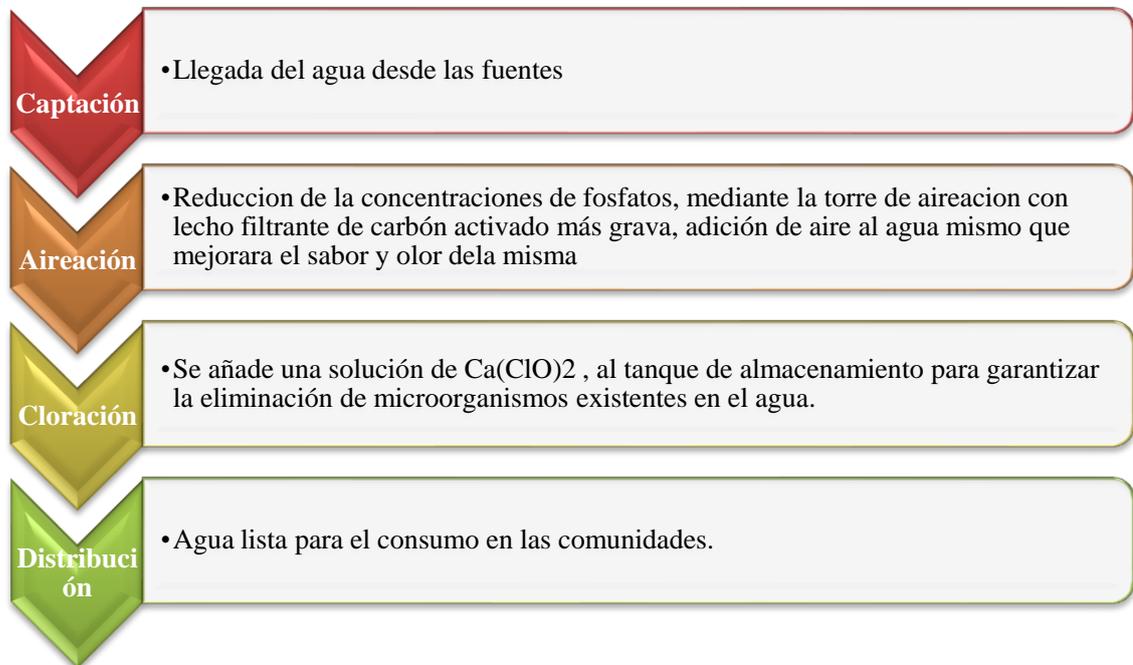


Ilustración 4-15: Diagrama de flujo del proceso de tratamiento

Realizado por: Freire, C., 2023.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se estableció que la calidad de agua que consumen los moradores de las comunidades San José de Chanchahuan, Calpiloma, Bayushi San Vicente, Asunción, y la cabecera parroquial de la parroquia Calpi Provincia de Chimborazo, es aceptable, ya que, de las 20 pruebas aplicadas únicamente 2 salieron de la norma INEN 1108:2006.
- Se diagnosticó mediante una salida de campo a las comunidades, que al agua que es consumida por los moradores no recibe ningún tratamiento y que, llega a través de la red de distribución como agua cruda para su consumo.
- Los puntos de muestreo fueron determinados a lo largo de la red de distribución tomando muestras en la fuente, tanques de captación y almacenamiento, primera casa, casa intermedia y último punto al que llega el agua (última casa).
- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica en la cual se determinó que son dos los parámetros que se encuentran fuera de la norma INEN 1108:2006, siendo estos los fosfatos (PO_4^{3-}), problema que se presentó en todas las 5 comunidades Calpiloma, Bayushi, Chanchahuan, Asunción y la Cabecera Parroquial, con valores de 0,5 mg/l; 1,3 mg/l; 0,64 mg/l; 0,86 mg/l y 1,1 mg/l respectivamente, siendo el valor establecido en la norma de 0,3 mg/l. El otro parámetro fue los coliformes totales presentándose únicamente en 3 de las 5 comunidades, obteniendo valores de 23 NMAP/100ml para Calpiloma, 4 NMP/100ml para Asunción y 23 NMAP/100ml, para Bayushi NMAP/ml, valores que salen de norma ya que esta estipula que para este parámetro el valor permisible debe ser < 2 NMP/100ml.
- En función a las pruebas de tratabilidad se determinó que el filtro construido a nivel laboratorio que constó de aireación más filtración en un lecho de carbón activado granulado más grava, fue la mejor alternativa para la disminución de (PO_4^{3-}), aplicando este método ya que se obtuvo el valor de 0,3 mg/l en las 5 muestras. En cuanto a los coliformes totales se realizó la cloración del agua con una solución de hipoclorito de calcio $Ca(ClO)_2$ al 0,3% arrojaron un valor de < 2 NMP/100ml.

- Se caracterizaron los fosfatos del agua posterior al tratamiento por aireación y filtración en lecho filtrante de grava más carbón activado granulado; obteniéndose un porcentaje de remoción de 40%, 77%, 53%, 65%, 73% respectivamente para cada comunidad ver tabla (19-4). Con base a estos resultados, se consideró una alternativa de tratabilidad adecuada.
- Se realizó la capacitación a los dirigentes de las comunidades y, se dio a conocer la propuesta de tratabilidad que consta del diseño de una torre de aireación cuyo lecho filtrante es carbón activado granulado más grava, la torre que debe ser colocada sobre el tanque de almacenamiento del agua, estructura con la que ya cuentan todas las comunidades.

5.2. Recomendaciones

- Las 5 comunidades donde se llevó a cabo el estudio deben implementar la propuesta de la construcción de torres de aeración, cuyo lecho filtrante será el carbón activado granulado más grava, ya que, esta torre solucionaría el problema de fosfatos que se encuentran presentes en el agua de consumo, brindando así agua de calidad a los moradores que hacen uso de este recurso.
- Se recomienda aislar las áreas cercanas a las fuentes de agua ya que, la principal causa de los fosfatos en el agua son los fertilizantes químicos que contienen fósforo en su composición sumado al constante pastoreo de animales que excretan cerca de las fuentes, al llover todo esto es lavado y llevado al recurso hídrico contaminándolo.
- Ya que el hipoclorito de calcio puede causar graves irritaciones y quemaduras en los ojos y la piel, irritar los pulmones, causar tos y falta de aire, se recomienda el uso de elementos de protección durante la manipulación.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, L. "Coliformes totales, fecales y algunas enterobacterias, Sthaphylococcus sp. y hongos en ensaladas para perro calientes expandidas en la ciudad de Maracay, Venezuela". *Scielo*, vol. 5. n°3, (2021), págs.1-9.

AGUILAR, D. C. Calidad del agua en regiones de San Juan, Chomborazo. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Titulación). Universidad Tecnologica de Pereira. Colombia. 2011. págs.1-85. [Consulta: 2023-11-23]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/7dfb6354-4330-4120-850d245ff9013cb7/content>

CALLAY, X. F. *Diseño de la planta de tratamiento de aguas*. Riobamba-Ecuador: Ediciones Publicas, 2015, pág.9.

COSTA, J. *Aplicación de los índices de calidad para aguas*. Madrid: Galicia, 2021, pág.5.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=30>

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=94>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=95>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=94>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=101>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=98>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=98>.

GUERRERO LEGARRETA, M. *El agua* [en línea]. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72081?page=98>.

HERRAIZ, A. S. "Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica". *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat.* [en línea], 2009, vol.1 (5), págs. 1-52. [Consulta: 20 noviembre 2023]. ISSN. 5414-9987. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/00923.pdf>

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72163?page=19>.

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72163?page=15>

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72163?page=44>.

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/72163?page=44>.

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/72163?page=44>.

LÓPEZ, Alegría P. *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas.* [en línea]. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/72163?page=45>.

ORDOÑEZ, M. D. "Filtros caseros, utilizando ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Cuenca. Azuay-Ecuador. 2011. págs. 1-98. [Consulta: 2023-11-23]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/747/1/ti874.pdf>

PERALTA, J. P. "El agua, una sustancia tan común como sorprendente". *Revista Academia Mexicana de Ciencias*, vol.1, °3, (2019), págs. 1-89.

QUINCHUELA, M. Diseño de sistema de tratamiento de agua potable. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de Nacional de Chimborazo. Chiborazo-Ecuador. 2016. págs. 1-76. [Consulta: 2023-11-23]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/6455/1/96T00343.pdf>

RIVAS, R. M. "Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D". *Revista internacional de contaminación ambiental*. vol.2, n°2, (2015), págs. 1-7.

TUESCA MOLINA, R. y ÁVILA RANGEL, H. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo, el caso de los municipios ribereños del departamento del Atlántico. Barranquilla. (Trabajo de titulación) (Maestría). , Colombia: Universidad del Norte. Bogotá-Colombia. 2016. págs. 1-42.

VALDEZ, S. D. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia "vuelta larga" del cantón esmeraldas. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Nacional de Chimborazo. Chimborazo-Ecuador. 2018. págs. 1-26.

ZARZA, L. (2021). *Diálogos del Agua América Latina-España*. [en línea]. EE.UU: Waterpeople, 2021. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-superficiales>

2051-DBRA-UPT-2023



ANEXOS

ANEXOS A: REUNION CON EL GAD DE CALPI



a.



b.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés	DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
a. Reunión con el GAD de Calpi. b. Reunión con el GAD de Calpi.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información				
		1	1:1	2023/01/24	

ANEXOS B: TOMA DE MUESTRAS



a.



b.



c.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés</p>	<p>DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>		
<p>a. Toma de muestras en tanques. c. Toma de muestras en casas. d. Toma de muestras último punto de la red de distribución.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información</p>		<p>LÁMINA</p> <p>2</p>	<p>ESCALA</p> <p>1:1</p>	<p>FECHA</p> <p>2023/01/24</p>

ANEXOS C: CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA



a.



b.



c.

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p>	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés </p>	<p align="center"> DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO </p>		
<p>a. Caracterización físico-química. b. Uso de reactivos en las muestras. c. Uso de equipos.</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información </p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>

ANEXOS D: DETERMINACION DE METALES

1:1	2023/01/24
-----	------------



a.



b.



c.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés</p>	<p>DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>	
<p>a. Digestación de agua para metales. b. Aforo de muestras degastadas. c. Uso de equipo lectura de metales.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información</p>			

ANEXOS E: USO DE EQUIPOS



a.



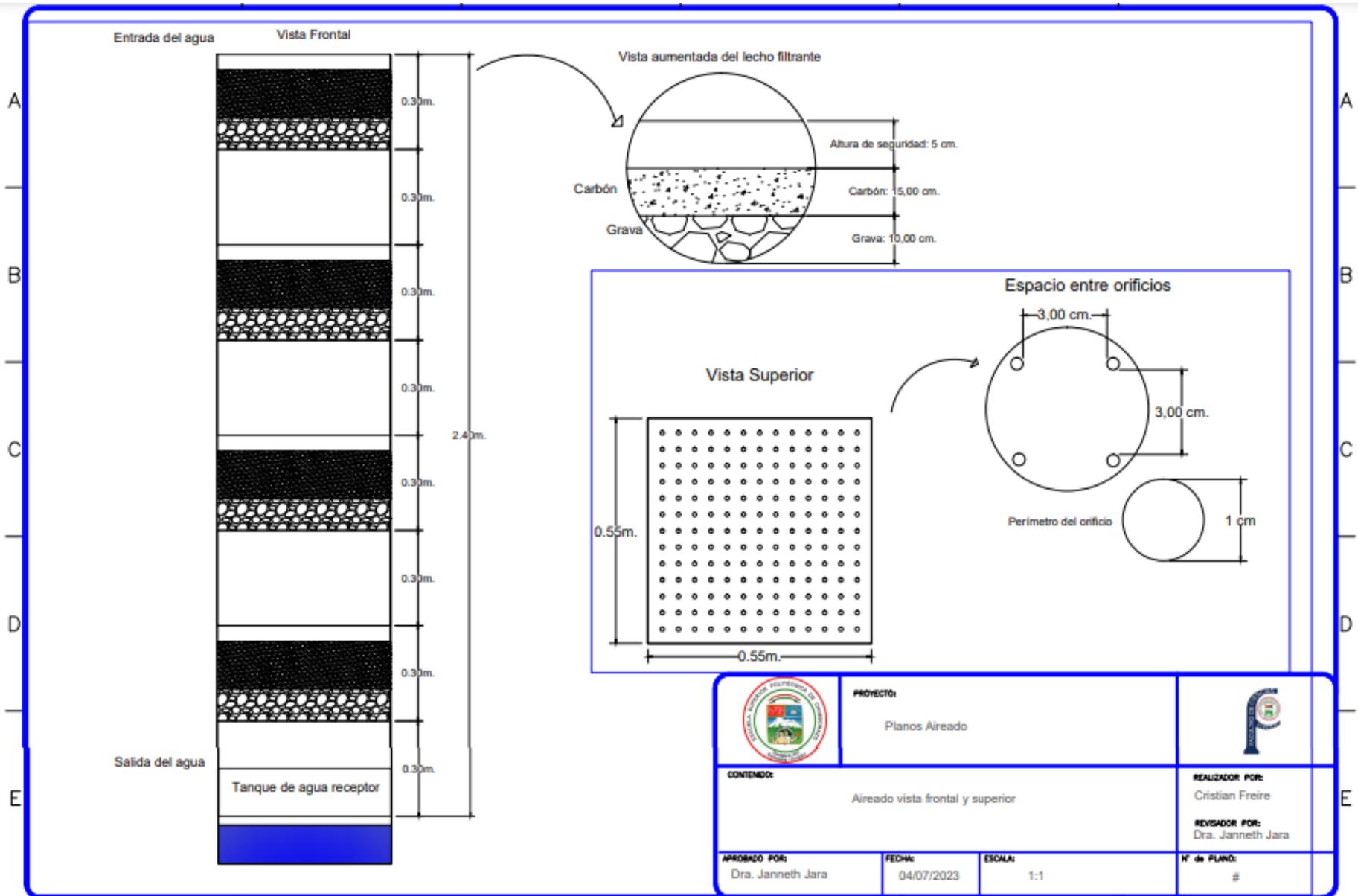
b.



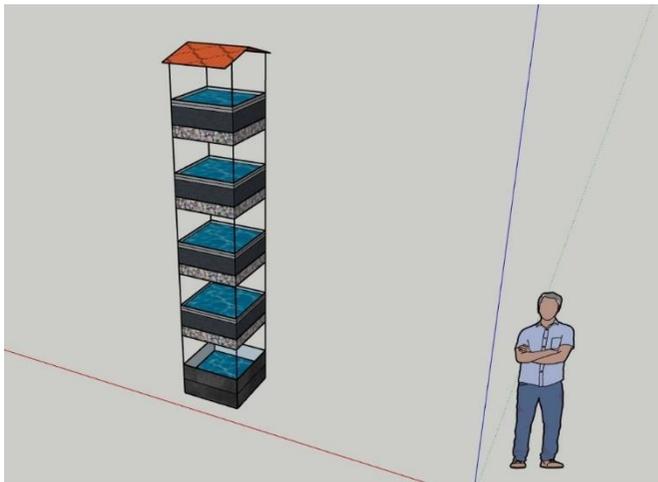
c.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés</p> <p style="text-align: center;">DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>		
<p>a. Turbidímetro. b. Conductímetro, pH-metro. c. Equipo HACH-LANGE DR 2800.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información</p>			
		5	1:1	2023/01/24

ANEXOS F: PLANOS DEL AIREADOR



ANEXOS G: DISEÑO AUTOCAD DEL AIREADOR



a.



b.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Freire Freire Cristian Andrés</p>	<p>DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO DE LA ZONA CENTRO DE LAS COMUNIDADES SAN JOSÉ DE CHANCAHUAN, CALPILOMA, BAYUSHI SAN VICENTE, ASUNCIÓN, Y LA CABECERA PARROQUIAL DE LA PARROQUIA CALPI PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>		
<p>a. Plano 3D del aireador. b. Plano 3D del aireador.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		6	1:1	2023/01/24	



epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 26 / 10 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cristian Andrés Freire Freire
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2051-DBRA-UPT-2023

2051-DBRA-UPT-2023

