



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA COMUNIDAD DE
CASPIGASÍ DEL CARMEN, BASADO EN LA
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA”**

Realizado por:

DAVID FRANCISCO SALAS KLOCKER

Directora del proyecto:

Q.F. MAGDALENA DÍAZ

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

2014

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DAVID FRANCISCO SALAS KLOCKER, con cédula de identidad #171376330-6, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "David Salas", with a stylized flourish above the name.

David Francisco Salas Klocker

C.C: 171376330-6



ECUADOR
UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE
AGUA DE LA COMUNIDAD DE CASPIGASÍ DEL CARMEN, BASADO EN LA
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA”**

Realizado por:

DAVID FRANCISCO SALAS KLOCKER

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el/la Profesor (a)

Q.F. MAGDALENA DÍAZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Q.F. MAGDALENA DÍAZ

DIRECTORA



UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Q.F. MAGDALENA DÍAZ

ING. ANA LUCÍA RODRIGUEZ

ING. ALONSO MORETA

Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno DAVID FRANCISCO SALAS
KLOCKER lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

Q.F. MAGDALENA DÍAZ

ING. ANA LUCÍA RODRIGUEZ

ING. ALONSO MORETA

Quito, 15 de Septiembre de 2014

DEDICATORIA

A mis padres, Luis y Renate, pilares fundamentales de mi educación. Gracias por formarme como persona de bien, y por enseñarme que eso es lo que en verdad importa. Gracias por apoyarme en mis decisiones y dejarme aprender de mis errores. Gracias por ayudarme a recorrer este camino que ahora culmina, pero que estoy seguro que seguiré contando con ustedes en lo que todavía nos queda por delante.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de Caspigasí del Carmen por su colaboración y apertura a trabajar en conjunto. En especial a Agustín Ibáñez por su continuo interés y participación en el proyecto.

A Magdalena Díaz, Ana Lucía Rodríguez y Alonso Moreta por su guía, apoyo y profesionalismo en la elaboración de este proyecto.

A Victoria Ortega y Jaime Mendoza por el registro fotográfico y su colaboración en el desarrollo del muestreo y análisis.

A mis amigos de la U, del colegio, de CP y de la vida en general. A cada uno de ustedes que formo parte de este proceso y que van a seguir después del mismo.

A todo el personal docente, administrativo y de servicio de la Universidad, en especial al de la Facultad de Ciencias Ambientales, que con su trabajo han aportado al cumplimiento de esta meta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. El Problema de Investigación.....	1
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1.1.1. Diagnóstico.....	2
1.1.1.2. Pronóstico.....	3
1.1.1.3. Control del Pronóstico.....	3
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del Problema	4
1.1.3.1. ¿Cuáles son los parámetros a medir?	4
1.1.3.2. ¿Dónde se deben recolectar las muestras?	4
1.1.3.3. ¿Cuántas muestras son necesarias?	4
1.1.4. Objetivo General	4
1.1.5. Objetivos Específicos	4
1.1.6. Justificaciones	5
1.2. Marco Teórico	6
1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema	6
1.2.1.1. Caspigasí del Carmen.....	6



1.2.1.2. Pluviosidad del sector.....	7
1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica	9
1.2.3. Marco conceptual	9
1.2.3.1. Ciclo hidrológico.....	9
1.2.3.2. Calidad de agua	9
1.2.3.3. Abastecimiento de agua	10
1.2.3.4. Microbiología del agua.....	11
1.2.3.5. Agua Potable	12
1.2.4. Hipótesis.....	13
1.2.5. Identificación y caracterización de variables	13
MÉTODO.....	27
2.1. Nivel de estudio.....	27
2.2. Modalidad de investigación	27
2.3. Método	27
2.4. Población y muestra	28
2.4.1. Metodología de muestreo	28
2.4.2. Cronograma de muestreo	29
2.5. Selección de instrumentos de investigación.....	30
2.6. Validez y confiabilidad de los resultados.....	30
2.7. Procesamiento de datos	32
RESULTADOS.....	33



3.1.	Acercamiento a la comunidad	33
3.1.1.	Conflicto interno de la comunidad	34
3.2.	Levantamiento de datos	34
3.2.1.	Puntos de muestreo	45
3.2.2.	Análisis in-situ	45
3.2.3.	Análisis de laboratorio	46
3.2.4.	Análisis estadístico	47
3.2.4.1.	Media aritmética	47
3.2.4.2.	Prueba Q	47
3.3.	Presentación de resultados	48
3.3.1.	Arsénico	48
3.3.2.	Bario	48
3.3.3.	Cadmio	50
3.3.4.	Cloro residual	50
3.3.5.	Cloruros	51
3.3.6.	Coliformes	52
3.3.7.	Color	54
3.3.8.	Conductividad	55
3.3.9.	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	56
3.3.10.	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	57
3.3.11.	Dureza	58

3.3.12.	Nitratos (NO_3).....	59
3.3.13.	Nitritos (NO_2)	59
3.3.14.	pH.....	61
3.3.15.	Plomo	62
3.3.16.	Sólidos disueltos totales (SDT).....	62
3.3.17.	Temperatura	63
3.3.18.	Turbidez	64
3.3.19.	Zinc.....	65
3.4.	Análisis de resultados.....	65
3.4.1.	Cloro residual	66
3.4.2.	Color.....	66
3.4.3.	Turbidez	66
3.4.4.	Prueba Q.....	66
DISCUSIÓN.....		68
4.1.	Aplicación práctica.....	68
4.1.1.	Medidas de seguridad.....	69
4.1.2.	Proceso de cloración.....	69
4.1.2.1.	Adaptaciones requeridas	69
4.1.2.2.	Proceso de Cloración.....	70
4.1.3.	Protocolo de mantenimiento.....	71
4.1.3.1.	Limpieza.....	71



4.1.3.2. Desinfección.....	72
4.1.4. Cronograma.....	74
4.1.5. Recomendaciones técnicas.....	74
4.2. Conclusiones	74
4.3. Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS	78
ANEXOS	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ubicación Caspigasí del Carmen	7
Gráfico 2: Precipitación mensual media 2001-2010 (mm)	8
Gráfico 3: Ubicación de los tanques	35
Gráfico 4: Área aproximada de cobertura del sistema	36
Gráfico 5: Tanque Quinde Oriental y recolector.....	37
Gráfico 6: Quinde Occidental y canaleta de captación	38
Gráfico 7: Tanque Salgado y su interior	39
Gráfico 8: Entrada de agua al tanque de cloración.....	40
Gráfico 9: Cloración.....	40
Gráfico 10: Canal de conexión y piedras para filtrar	41
Gráfico 11: Tanque de Cloración	41
Gráfico 12: Cámara rompe presión	42
Gráfico 13: Tanque reservorio y sus salidas	43
Gráfico 14: Tanque Casa de Hacienda.....	44
Gráfico 15: Resultados análisis bario.....	49
Gráfico 16: Resultados análisis cloro residual	51
Gráfico 17: Resultados análisis cloruros	52
Gráfico 18: Cultivo en medio Endo (coliformes totales)	53
Gráfico 19: Cultivo en medio FC (coliformes fecales).....	53

Gráfico 20: Resultados análisis color	54
Gráfico 21: Resultados análisis conductividad	55
Gráfico 22: Resultados análisis DBO ₅	56
Gráfico 23: Resultados análisis DQO	57
Gráfico 24: Resultados análisis dureza	58
Gráfico 25: Resultados análisis nitritos	60
Gráfico 26: Resultados análisis pH	61
Gráfico 27: Resultados análisis SDT	63
Gráfico 28: Resultados análisis temperatura	64
Gráfico 29: Resultados análisis turbidez	65
Gráfico 30: Difusor simple y difusor en malla	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores pluviométricos mensuales (mm).....	8
Tabla 2: Variables	13
Tabla 3: Principales formas del cloro en agua	15
Tabla 4: Valores de dureza.....	20
Tabla 5: Cronograma.....	29
Tabla 6: Parámetros analizados y método de análisis	31
Tabla 7: Coordenadas de los tanques del sistema	35
Tabla 8: Altura de los tanques	44
Tabla 9: Valores de Q para un nivel de confianza del 90%	47
Tabla 10: Prueba Q Bario.....	49
Tabla 11: Resultados Análisis Cadmio	50
Tabla 12: Prueba Q cloro residual.....	50
Tabla 13: Prueba Q cloruros.....	51
Tabla 14: Resultados análisis coliformes	52
Tabla 15: Prueba Q color	54
Tabla 16: Prueba Q conductividad	55
Tabla 17: Prueba Q DBO ₅	56
Tabla 18: Prueba Q DQO	57
Tabla 19: Prueba Q dureza	58

Tabla 20: Resultados análisis nitratos	59
Tabla 21: Prueba Q nitritos	59
Tabla 22: Segunda Prueba Q nitritos.....	60
Tabla 23: Prueba Q pH.....	61
Tabla 24: Prueba Q SDT	62
Tabla 25: Prueba Q temperatura.....	63
Tabla 26: Prueba Q turbidez.....	64
Tabla 27: Dosificación hipoclorito para la cloración	71
Tabla 28: Actividades de limpieza	71
Tabla 29: Desinfección tanques de captación	72
Tabla 30: Cronograma de actividades	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Red de Agua Potable prevista para Caspigasí del Carmen.....	82
Anexo B: Resolución 966-84	83
Anexo C: Acreditación Laboratorio	88
Anexo D: Carta de intención.....	89
Anexo E: Análisis de Arsénico	90
Anexo F: Análisis de Plomo.....	91
Anexo G: Guía rápida de mantenimiento.....	92
Anexo H: Registro fotográfico	97

RESUMEN

Desde el año 1988 la comunidad de Caspigasí del Carmen, ubicada en la parroquia de Calacalí, provincia de Pichincha, obtiene el agua de las vertientes ubicadas en la ladera interna del cráter del volcán Pululahua. Estas proveen agua suficiente para cubrir las necesidades básicas de los comuneros. La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) del Distrito Metropolitano de Quito se encontraba realizando las instalaciones para finalmente dotar de agua potable a la comunidad, sin embargo un sector de la misma deseaba mantener el sistema de captación antiguo en funcionamiento y en condiciones, por lo tanto con la ayuda de la Universidad Internacional SEK se inició el proceso de caracterización de las aguas. En el estudio se determinó que el agua es de buena calidad para el consumo humano, sin embargo se detectó que el proceso de cloración era defectuoso. Por lo tanto se obtuvo como conclusión que: el sistema no necesita de una planta de potabilización, solo requiere adaptaciones para un óptimo funcionamiento. Se sugiere un cambio en el proceso de cloración para que sea más acorde a la realidad del sistema y un protocolo de limpieza, mantenimiento y desinfección. Con estas dos medidas se pretende conseguir una mejora en la calidad del agua para garantizar un consumo sano y sustentable del recurso.

Palabras clave: *captación, calidad de agua, cloración.*

ABSTRACT

Caspigasí del Carmen is a community located in Calacalí, Pichincha. In 1988 they built a system to collect water from the watersheds located on Pululahua's hillside. They use this water to cover their basic needs. During the study EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento) was building a new system to give potable water to the neighborhood, nevertheless a part of the community wanted to keep the old system as well. They started working together with SEK International University to determine the water quality. The study revealed that they have a good water quality for human consumption; however there was a problem in the chlorination process. Therefore it was not necessary to design a water conditioning plant; it just needed some adjustments to work properly. The main change suggested is a different chlorination process, and the implementation of a cleaning, disinfecting and maintenance protocol. With these actions the water quality will improve and a save and sustainable consumption will be guaranteed.

Key words: *watersheds, water quality, chlorination.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. El Problema de Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

El agua es un recurso escaso, si bien el 72% de la superficie terrestre se encuentra cubierta por agua, tan solo un 0,62% de esta está disponible para el uso humano. Sin embargo la contaminación dificulta el aprovechamiento de este recurso (Coral, 2013).

La escasez de agua es una de las mayores amenazas en la actualidad. Afecta nuestro bienestar, perjudicando nuestros medios de subsistencia (agricultura, ganadería, entre otros) e incluso puede amenazar nuestras vidas. Así mismo tiene efectos sobre nuestra economía, dificultando el crecimiento y disminuyendo la calidad de vida (Brooks, 2004)

Se requiere un mínimo de 1000 metros cúbicos por año por persona para evitar efectos negativos sobre la salud y el desarrollo económico de una población. Así mismo, si el nivel es menor a 500 metros cúbicos por año por habitante, se verá amenazada la supervivencia de las personas (Shiva, 2002).

La problemática rebasa límites políticos y se extiende a lo largo de continentes y regiones. Los límites de muchos países están marcados por los cuerpos de agua y el 40% de la población mundial vive en cuencas fluviales compartidas por más de un país. Esto crea la necesidad de



encontrar un manejo adecuado del recurso tanto a nivel local, como regional o internacional (Brooks, 2004).

En 1998 alrededor de 28 países sufrían de escasez de agua, y se estima que para el año 2025 serán por lo menos el doble, afectando a 817 millones de personas (Shiva, 2002).

No se debe considerar solo la cantidad de agua disponible, lo más importante es la calidad. La escasez de agua de calidad es causante de enfermedades e incluso la muerte. Además acarrea problemas sociales que pueden terminar en conflictos entre diferentes grupos humanos, por lo tanto es necesario incentivar un manejo comunitario del agua. A pesar de que este manejo se viene desarrollando desde hace ya muchos años, estos procesos fueron subestimados e ignorados por mucho tiempo. Actualmente se ha reactivado y se le otorga mayor importancia debido a la escasez de agua dulce y potable explicada anteriormente (Brooks, 2004).

1.1.1.1. Diagnóstico

Existen variadas fuentes de aprovechamiento de agua, como la precipitación, agua subterránea, aguas superficiales, niebla, entre otros. A partir de estas fuentes se puede utilizar el agua para consumo humano o agrícola, sin embargo, primero es necesario un sistema o método de captación. Si esto se hace en el terreno donde se va a utilizar el agua se lo conoce como micro captación, si se lo realiza en terrenos aledaños o cercanos al destino final se la llama macro captación. Es necesario que el sistema este impermeabilizado y reciba un mantenimiento continuo ya que el mal estado de los mismos es causa de pérdidas y desperdicio. (FAO, 2013).

El abastecimiento de agua debe conseguirse analizando el lugar de obtención y conducción, calidad y sanidad para evitar enfermedades (Prieto, 2004).

El sistema de captación y distribución de aguas de la comunidad de Caspigasí en San Antonio de Pichincha recolecta agua lluvia y de escorrentía de las montañas aledañas y la transporta hasta la comunidad donde se hace uso de ella. Es de vital importancia un mantenimiento y estudio técnico adecuado del sistema para mantenerlo como una alternativa tradicional frente al nuevo sistema de agua potable propuesto por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMSAP) (Ver ANEXO A)

A pesar de venir funcionando desde 1988, este sistema no cuenta con estudios previos que determinen la calidad del agua, por esta razón se desea realizar un análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para así proponer medidas para mejorar el funcionamiento del mismo y garantizar la salud de los consumidores.

1.1.1.2. Pronóstico

Es necesario un estudio previo donde se determine la calidad de agua actual. A partir de eso se podrá tomar decisiones y encontrar soluciones a los problemas encontrados.

Es de suma importancia tener, por lo menos, un análisis del agua para precautelar la salud de la población, ya que en caso de encontrarse contaminada el agua podría presentar un grave riesgo para el bienestar de la comunidad.

En caso de continuar con el consumo del agua sin un conocimiento de su calidad puede llegar a afectar a la salud de los usuarios del sistema, trayendo problemas más grandes y de difícil solución.

1.1.1.3. Control del Pronóstico



Los problemas de salud que puede causar el consumo de agua de mala calidad ha promovido la necesidad de tomar medidas correctivas en el sistema de captación y distribución de agua de la comunidad.

Para lograr un tratamiento efectivo es necesario conocer las características físicas, químicas y microbiológicas del agua disponible para así diseñar el sistema de potabilización, o proponer medidas alternativas que mejoren el tratamiento actual.

1.1.2. Formulación del problema

¿El agua del sistema de captación y distribución de la comunidad de Caspigasí es apta para el consumo humano?

1.1.3. Sistematización del Problema

1.1.3.1. ¿Cuáles son los parámetros a medir?

1.1.3.2. ¿Dónde se deben recolectar las muestras?

1.1.3.3. ¿Cuántas muestras son necesarias?

1.1.4. Objetivo General

- Optimizar el sistema de captación y distribución de agua de la comunidad de Caspigasí del Carmen basada en el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

1.1.5. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros a medir de acuerdo a las características del sistema
- Localizar los puntos de muestreo más adecuados y representativos del sistema.

1.1.6. Justificaciones

Teórico

Cada país establece sus propios estándares de calidad para lo que considera agua segura o potable mediante normativas y leyes. Así mismo las agencias de control están obligadas a que estos estándares se cumplan (Romero, 2002).

Es necesario conocer las características del agua presente para tomar medidas correctivas dentro del mismo sistema. Los principales parámetros que deben ser considerados son los que afectan al consumo humano por ejemplo turbidez, materias orgánicas, nitritos, nitratos, entre otros (Marín, 2003).

Práctico

Como producto final del proyecto se obtendrán adecuaciones acordes a la realidad del sistema y a la realidad social de la comunidad. Estas propuestas deberán ser de fácil aplicación y mantenimiento.

Como sustento legal se tendrá la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011. Agua Potable. Requisitos.

Metodológico

Los análisis se realizarán según los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) de la American Public Health Association (APHA).

Relevancia Social



El Plan Nacional del Buen Vivir, en su política 4.2 establece que se debe “*Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por cuenca hidrográfica, de aprovechamiento estratégico del Estado y de valoración sociocultural y ambiental*”, justificando la necesidad del proyecto planteado.

El uso benéfico más importante del agua es el de consumo humano. Por lo tanto este debe recibir el mayor grado de importancia y protección sanitaria (Romero, 2002). La comunidad de Caspigasí del Carmen se verá directamente beneficiada por este estudio debido a que el agua forma parte de su vida cotidiana, y a mayor calidad de agua, mayor calidad de vida.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

1.2.1.1. Caspigasí del Carmen

La comunidad de Caspigasí del Carmen se encuentra ubicada al noroccidente de la ciudad de Quito en la parroquia Calacalí. Se ubica adyacente a la Reserva Geobotánica del Pululahua y colinda con minas de material pétreo. Ocupa una extensión de 475 hectáreas distribuidas entre los 2585 y 3380 metros de altura (Cruz, Torres, & Veloz, 2013).

Hasta el año 2011 la comunidad estuvo dividida entre las parroquias de Calacalí y San Antonio de Pichincha. El domingo 27 de noviembre de ese año se realizó una consulta popular en el cual se determinó que la jurisdicción correspondería a la parroquia de Calacalí. La pregunta en la consulta fue: ¿Está usted de acuerdo en que las tierras comunitarias de Caspigasí del Carmen pertenezcan a la jurisdicción de la parroquia de Calacalí? De los 746 votantes, 454 (65,5%) votaron que si, 205 (29,6%) que no y el resto (4,9%) entre nulos y blancos (CNE, 2011).



Gráfico 1: Ubicación Caspigasí del Carmen



La comunidad obtuvo la conseción del agua de 3 vertientes el 23 de marzo de 1988 a través de la resolución 996-84 del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidraulicos, la misma que fue inscrita con el número 1735 del Libro de Resoluciones y Sentencias de la Agencia del Quito, del INERHI-Quito el 12 de abril de 1988 (Ver ANEXO B). Actualmente los registros se encuentran en el archivo de la Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas, correspondiente a la Secretaría del Agua.

1.2.1.2. Pluviosidad del sector

Los datos climatológicos pertenecen a los Anuarios Meteorológicos entre el año 2001 y el 2010 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, específicamente a la estación M358 Calacalí INAMHI, ubicada a aproximadamente 3,5 km del área de estudio (17N 776884,05E, 153,66N) a 2810 metros sobre el nivel del mar. La estación M358 es una estación pluviométrica, de las más

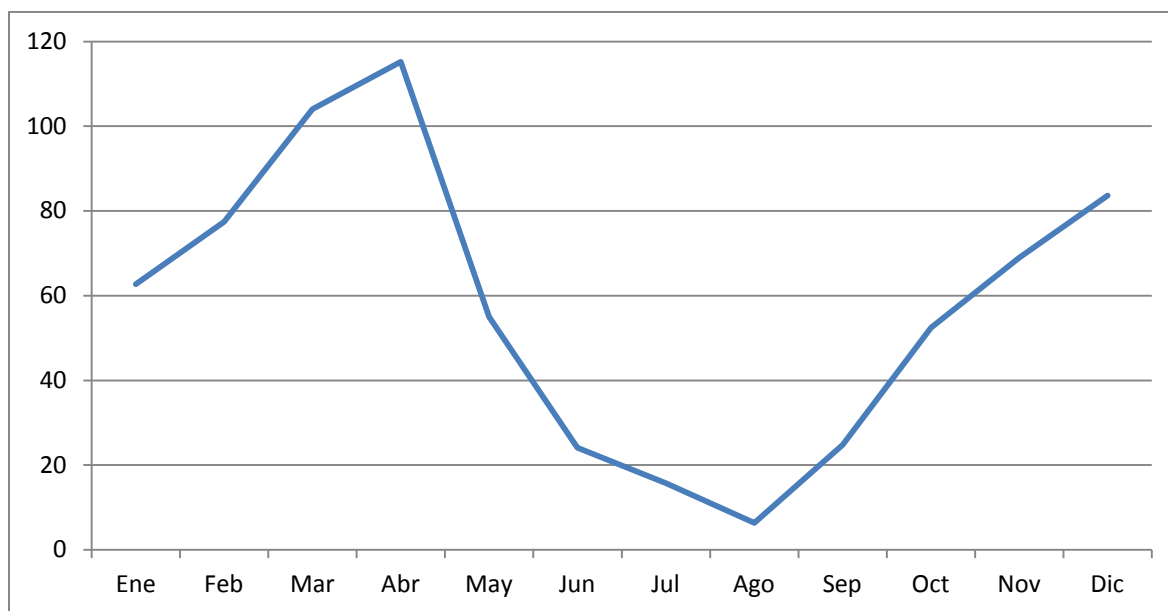
antiguas en el sistema ahora manejado por el INAMHI, ya que fue instalada en abril de 1930 y todavía continúa en funcionamiento (INAMHI, 2005).

Tabla 1: Valores pluviométricos mensuales (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2001	61,5	87,1	141,6	15,0	39,5	2,8	49,9	0,0	44,9	1,9	44,8	117,6	606,6
2002	32,9	75,4	115,3	204,4	32,5	16,3	0,0	0,0	1,6	113,6	162,3	134,4	888,7
2003	37,2	104,0	117,9	233,8	11,4	20,3	6,4	0,0	30,5	58,2	-	52,2	671,9
2004	84,7	30,9	73,4	141,0	73,4	6,9	10,0	1,3	45,1	77,1	78,6	70,0	692,4
2005	82,6	177,4	117,3	51,0	31,4	17,9	4,5	10,0	26,0	20,2	45,1	87,3	670,7
2006	45,4	83,0	116,5	108,7	35,7	28,4	0,5	0,0	9,5	41,9	104,8	108,4	682,8
2007	42,0	42,5	103,4	133,3	67,0	38,1	8,4	17,0	0,0	87,6	57,8	48,0	645,1
2008	132,4	60,1	136,6	127,0	194,2	32,4	-	27,7	49,9	94,9	18,4	32,9	906,5
2009	101,7	74,0	95,4	48,2	19,1	16,4	4,0	0,0	4,9	8,5	4,6	44,6	421,4
2010	6,3	39,9	23,1	89,9	45,6	61,3	57,9	7,4	35,1	20,7	104,3	141,2	632,7
Promedio	62,7	77,4	104,1	115,2	55,0	24,1	15,7	6,3	24,8	52,5	69,0	83,7	

Elaborado por: David Salas (Adaptado de INAMHI 2001-2010)

Gráfico 2: Precipitación mensual media 2001-2010 (mm)





Elaborado por: David Salas (Adaptado de INAMHI 2001-2010)

Como se puede ver en el gráfico y en la tabla, la época de lluvia se da entre los meses noviembre y abril, siendo este último el mes con mayor precipitación. Mientras que los meses con menos lluvia son los comprendidos entre mayo y octubre, con agosto como el mes más seco del año.

1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica

Una vez analizada los potenciales efectos de consumir un agua contaminada, se decide realizar adecuaciones al sistema de agua para mejorar su calidad y asegurar el cumplimiento de la normativa legal vigente.

1.2.3. Marco conceptual

1.2.3.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico está constituido por el constante movimiento físico del agua entre la biosfera, atmósfera, litosfera e hidrósfera y las transformaciones de estado que esta sufre por los procesos de evaporación, sublimación, condensación y precipitación. Actualmente este ciclo sufre la presión ejercida por el hombre, que afecta tanto a la disponibilidad como a la calidad del agua. Un estudio del ciclo hidrológico nos permitirá conocer el estado del agua, su ubicación espacial y temporal para poder tener un aprovechamiento responsable que no comprometa su uso futuro (Ordoñez, 2011).

1.2.3.2. Calidad de agua



“Calidad de agua” es un término ambiguo ya que la misma se define de acuerdo al uso que se le quiere dar. Un agua de buena calidad para riego no es necesariamente un agua de buena calidad para el consumo humano.

El agua químicamente pura no existe en estado natural, ya que al estar en contacto con el aire y con el suelo se incorporan elementos que alteran su composición y por ende su calidad. Para determinarla, se debe analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Las principales metodologías utilizadas para el análisis están establecidos en el *Standard Methods for Water and Wastewater Examination*. Una vez analizados se debe comparar con la normativa correspondiente para determinar si el uso directo del agua es seguro o si es necesario algún tratamiento previo (Sierra, 2011).

1.2.3.3. Abastecimiento de agua

Consiste en la manera de obtención del agua para su aprovechamiento principalmente en alimentación, riego y servicios básicos. Los principales parámetros a analizar en un sistema de abastecimiento de agua son: el lugar de obtención, conducción, calidad, sanidad y la capacidad de la fuente (Prieto, 2004).

Existen 2 tipos de abastecimiento, el de las aguas superficiales, y el de las aguas subterráneas.

El abastecimiento superficial proviene principalmente de la lluvia y del deshielo de los glaciares. Por escorrentía esta agua termina en ríos, lagos, arroyos, embalses, entre otros. Debido al fácil acceso que se tiene son las más utilizadas por las poblaciones, sin embargo son más fáciles de contaminar (Spellman & Drinan, 2000).

Por otro lado las aguas subterráneas son difíciles de encontrar ya que se necesitan estudios técnicos para determinar su ubicación y volumen lo que encarece el proceso de aprovechamiento. Por encontrarse bajo tierra está más protegida de la contaminación antropogénica, sin embargo suele presentar concentraciones de minerales más altas que las aguas superficiales (Spellman & Drinan, 2000).

1.2.3.4. Microbiología del agua

Los nutrientes presentes en el agua permiten el desarrollo de los microorganismos, muchos de los cuales provienen del contacto entre el agua y el aire, suelo y los seres vivos. Las características microbiológicas están dadas por las poblaciones de microorganismos acuáticos. Estos afectan la calidad debido a que pueden ser patógenos, es decir afectar la salud de la población que consume el recurso (Romero, 2002).

Las principales enfermedades hídricas, o enfermedades causadas por microorganismos acuáticos son: tifoidea (*Salmonella typhosa*), disentería (*Shigella dysenteria*), cólera (*Vivrio comma*), tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), entre otras (Romero, 2002).

Sin embargo estos organismos no son completamente malos. Forman parte fundamental de los ciclos biogeoquímicos, principalmente del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, hierro y manganeso (Marín, 2003).

Por motivos de costos y de dificultad de análisis se utilizan microorganismos indicadores de la contaminación fecal. Los más comunes son los coliformes totales, que incluye coliformes fecales y ambientales. Estos indicadores también son utilizados para determinar la validez de un proceso

de desinfección, ya que tras un proceso efectivo deben estar ausentes de la muestra, asegurando así la ausencia de patógenos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Así mismo ciertos microorganismos pueden ser utilizados para la depuración de agua de consumo humano. Ciertas algas y bacterias pueden retener contaminantes del agua. Después, estas serán devoradas por protozoos que serán retenidos en los filtros posteriores del tratamiento (Marín, 2003).

1.2.3.5. Agua Potable

El agua potable es un requisito básico para la vida del ser humano. Se debe implementar sistemas de potabilización para el agua que se encuentra naturalmente, ya que esta no siempre cumple con las normativas o los estándares de calidad recomendados.

La OMS (2006) define al agua potable o agua inocua como la que *“no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que puedan presentar las personas en las distintas etapas de su vida.”*

Toda planta de tratamiento se diseña para un caso específico, de acuerdo a las características del agua presente. Por lo tanto ningún diseño puede ser aplicado en otro lugar sin las respectivas modificaciones (Spellman & Drinan, 2000).

La potabilización del agua garantiza su calidad para el consumo de los seres humanos. Un sistema adecuado de potabilización debe cumplir con 3 puntos clave:

- Eliminar microorganismos patógenos

- Reducir o eliminar sustancias químicas peligrosas
- Proporcionar agua de calidad (olor, sabor, color)

1.2.4. Hipótesis

El agua del sistema de captación y distribución de la comunidad de Caspigasí no cumple con todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos considerados en la normativa legal para ser declarada apta para el consumo humano.

1.2.5. Identificación y caracterización de variables

Tabla 2: Variables

Variable dependiente	<p>Parámetros físico-químicos: arsénico, bario, cadmio, cloro residual, cloruros, color, conductividad, DBO₅, DQO, dureza, compuestos del nitrógeno (nitratos y nitritos), pH, plomo, sólidos totales disueltos, temperatura, turbidez, zinc.</p> <p>Parámetros microbiológicos: coliformes fecales y totales.</p>
Variable independiente	Mejoras al sistema

Elaborado por: David Salas

Parámetros Físicoquímicos

Se analizan conjuntamente a los parámetros físicos y a los químicos, sin embargo son diferentes. Los físicos son aquellos que afectan a la estética del agua, mientras que los químicos hacen referencia a las sustancias presentes en la misma. A su vez los parámetros químicos se subdividen

en indicadores y sustancias químicas. Los indicadores son los parámetros que se presentan gracias a la interacción de varias sustancias, por ejemplo el pH o la dureza. La segunda categoría hace referencia a las sustancias que se encuentran disueltas en el agua y su concentración (Sierra, 2011).

Cloro residual:

Tras la adición de cloro al agua para su desinfección, este sufre un proceso de hidrolisis formando cloro libre o residual. La cantidad formada va a depender del pH y de la temperatura. El proceso de cloración es positivo porque ayuda a eliminar microorganismos potencialmente patógenos, pero también puede afectar a las características organolépticas del agua. El cloro puede llegar a reaccionar con otros elementos formando compuestos cancerígenos como el cloroformo (APHA, 1999).

El proceso de cloración se puede realizar con gas cloro licuado, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio o con generadores de cloro in-situ. Sin importar el producto utilizado, se requiere una concentración mayor a 0,5 mg/L después de un tiempo de contacto de 30 minutos para que el proceso de cloración sea considerado eficaz (Organización Mundial de la Salud, 2006)

Cloruros:

Son compuestos que se encuentran disueltos en el agua, lo que dificulta su remoción. Afectan el sabor del agua. El límite de percepción es de 250 mg/L, este puede ser excedido ligeramente de acuerdo a la apreciación de la población que consume el agua. Si la concentración es superior puede presentar efectos corrosivos o disolventes sobre el cemento, en especial si el pH es bajo (Cánepa, Maldonado, Barrenechea, & Aurazo, 2004).

El ión cloruro es una de las principales presentaciones del cloro en el agua, sin embargo no es la única:

Tabla 3: Principales formas del cloro en agua

Compuesto	Nombre
HCl	Ácido clorhídrico
Cl ⁻	Ion cloruro
Cl ₂	Cloro molecular
HOCl	Ácido hipocloroso
OCl ⁻	Ion hipoclorito
HClO ₂	Ácido cloroso
ClO ₂ ⁻	Ion clorito
ClO ₂	Dióxido de cloro
HClO ₃	Ácido clórico
ClO ₃ ⁻	Ion clorato

(Romero, 2002)

Color:

Si bien el agua pura es incolora, el agua natural posee color debido a la presencia de materia orgánica, vegetación, minerales, organismos acuáticos o sustancias contaminantes. Este es un parámetro clave en la aceptación del agua y no está relacionado con afecciones a la salud. Se puede tener un agua con color apreciable que sea segura para el consumo, pero esta va a ser desagradable a la vista. Se ha establecido que no es detectable por el ojo humano valores por debajo de las 15 unidades de color (Spellman & Drinan, 2000).

Es una característica independiente de la turbidez, debido a que está causada por sustancias disueltas y coloides mientras que la turbidez se da gracias a partículas grandes en suspensión (Sierra, 2011).



El color que toma el agua va a depender de la sustancia presente, el hierro provoca una coloración rojiza, el manganeso divalente un tono negro. Es importante considerar que el color puede variar durante la conducción del agua, por ejemplo las tuberías de cobre pueden provocar una coloración azul o verde (Marín, 2003).

Compuestos del Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial en los procesos vitales de los seres vivos, por lo tanto es de interés analizar su presencia en el agua. Es un elemento complejo debido a los distintos estados de valencia que puede adquirir, es más, estos cambios de valencia se pueden dar a través de procesos biológicos aerobios o anaerobios. Todas las transformaciones del nitrógeno presentes en la naturaleza forman el ciclo del nitrógeno (Romero, 2002).

- **Nitratos (NO_3):**

Es la forma más común en la que se presenta el nitrógeno en el agua. Son fundamentales para el desarrollo de las plantas pero una alta concentración de nitrato nos indica contaminación con aguas residuales, fertilizantes o insecticidas que pueden afectar a la salud de los niños e inclusive llegar a causar la muerte (Spellman & Drinan, 2000).

El principal riesgo para la salud es la metahemoglobinemia, conocida también como síndrome del niño azul o síndrome del recién nacido cianótico. Las bacterias que se encuentran en el tracto intestinal tienen la capacidad de convertir el nitrato en nitrito, que es un compuesto tóxico. Los nitritos oxidan la hemoglobina en metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno. La alta concentración de metahemoglobina produce cianosis (coloración azul de la piel) y finalmente asfixia. El límite recomendado para proteger a los lactantes es de 50 mg/L (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- **Nitritos (NO_2):**

Los valores de nitritos son generalmente muy bajos, y por lo general no exceden de 1 mg/L, siendo inclusive menor en aguas subterráneas donde suele ser menor a 0,1 mg/L. La presencia de nitritos indica procesos biológicos activos ya que se convierten fácil y rápidamente en nitratos (Romero, 2002). Aunque la presencia de condiciones anaerobias puede favorecer a la formación y persistencia de los nitritos en el agua (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Los límites recomendados por la OMS (2006) son de 3 mg/L para exposición a corto plazo y de 0,2 mg/L para exposición crónica. El valor de referencia conjunto entre nitratos y nitritos está

determinado por la suma de los cocientes entre la concentración de cada uno y su valor de referencia, esta no debe ser mayor a 1.

Conductividad:

Es la capacidad de transportar la electricidad a través del agua gracias a las sustancias disueltas ionizadas (Romero, 2002). Su valor está determinado por los electrolitos disueltos en el agua, por ende va a depender de la composición del terreno que atraviesa y de las características del agua que facilitan o dificultan la disolución de dichos electrolitos (Marín, 2003).

Existe una relación directa entre la conductividad y los sólidos disueltos totales (TDS). El producto de la conductividad en uS/cm por un factor entre 0,55 y 0,7 nos da el valor de los TDS. El factor depende del tipo de agua, siendo menor para aguas con alcalinidad cáustica o acidez mineral y mayor para aguas salinas (Romero, 2002).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):

La DBO constituye un análisis de la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un lapso de 5 días a 20°C (Sierra, 2011).

Se basa en la oxidación microbiana, que es uno de los principales procesos naturales presentes en los cuerpos de agua. Se expresa con la siguiente formula:



(Romero, 2001)

Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Constituye un parámetro analítico de contaminación de las aguas, más confiable y sencillo que la DBO (Romero, 2002).

El análisis de DQO nos indica la cantidad de materia oxidable químicamente presente en el agua. A diferencia de la DBO, las reacciones se dan por los compuestos químicos utilizados en la prueba y no por los microorganismos. Su valor siempre va a ser mayor a la DBO, y la diferencia aumenta si existen sustancias tóxicas debido a que estas no pueden ser degradadas por microorganismos. Mediante un estudio meticuloso se puede establecer una relación entre la DQO y la DBO, y llegar a omitir el segundo análisis por sus complicaciones de tiempo, sin embargo esto no es recomendable si no se tiene un análisis amplio de los valores de estos parámetros (Sierra, 2011).

Dureza:

La dureza del agua está dada por la presencia de calcio y magnesio disueltos, se expresa en su valor equivalente a la cantidad de carbonato de calcio. Afecta solamente el sabor del agua cuando sobrepasa los 300 mg/L, aunque también se puede tomar agua de dureza mayor a 500 mg/L sin ningún problema, todo depende de las costumbres del consumidor. La OMS no establece ningún valor de referencia para la dureza en el agua, sin embargo se tiene indicios de que las aguas blandas causan un desequilibrio mineral en el cuerpo conduciendo a enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud, 2006). Según el valor de la dureza se clasifica las aguas en:

Tabla 4: Valores de dureza

Concentración de CaCO_3 (mg/L)	Clasificación
< 75	Blanda
75 – 150	Moderadamente dura
150 - 300	Dura
> 300	Muy dura

(Spellman & Drinan, 2000)

Las aguas con dureza elevada pueden causar incrustaciones en las tuberías y tanques de un sistema, especialmente si estas se calientan. Así mismo requerirán mayor uso de jabón para la limpieza contaminando los efluentes de salida con tensoactivos. En cambio las aguas blandas tienen menor capacidad de amortiguación de pH por lo que pueden resultar corrosivas para las tuberías (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Metales pesados

Se consideran metales pesados a aquellos que poseen una densidad relativa mayor a 5, además se toma en cuenta su ubicación en la tabla periódica y su toxicidad. Si bien algunos de ellos pueden ser elementos esenciales para la vida (por ejemplo el zinc), la mayoría de ellos son tóxicos y deben ser considerados en el análisis por su capacidad de bioacumularse (Romero, 2001).

- **Arsénico:**

Es un elemento altamente tóxico para el ser humano. Su toxicidad variará de acuerdo al estado de valencia (tri o pentavalente), de la forma química (orgánica o inorgánica) y de la vía de exposición, siendo el arsénico inorgánico trivalente el más reactivo y tóxico (Cánepa, Maldonado, Barrenechea, & Aurazo, 2004).



En aguas naturales la concentración suele variar de 1 a 2 $\mu\text{g/L}$, sin embargo las aguas subterráneas pueden contener concentraciones más altas de arsénico dependiendo de la profundidad del pozo.

En aguas de consumo humano es primordial analizar la presencia y concentración de arsénico debido a sus efectos sobre la salud. Si bien no se conoce los riesgos del arsénico en bajas concentraciones, se ha demostrado que en concentraciones altas causa cáncer principalmente en la piel, vejiga y pulmones (Organización Mundial de la Salud, 2006)

- **Bario:**

La presencia del bario en el agua depende de las condiciones geoquímicas de la zona, debido a que está presente en rocas ígneas y sedimentarias. Por lo general la concentración en aguas naturales no excede los 100 $\mu\text{g/L}$, aunque en aguas subterráneas los valores suelen ser más elevados. El valor máximo de concentración recomendado es de 0,7 mg/L, para no afectar a la salud de la población ya que este puede causar hipertensión. No es un elemento cancerígeno ni mutágeno (Organización Mundial de la Salud, 2006). Su presencia suele ser mayor en aguas termales volcánicas, donde alcanza hasta 10 mg/L, debido a las características geológicas de la zona (Marín, 2003).

- **Cadmio:**

Este metal pesado tiene la capacidad de acumularse en el hígado y los riñones por un periodo de 10 a 30 años. Así mismo puede reemplazar el calcio de los huesos provocando debilidad de los mismos. En el agua puede estar presente por corrosión de tubos galvanizados, erosión de depósitos naturales, contaminación de efluentes de refinerías de metales, contaminación por líquidos de baterías o pinturas, entre otros. Los valores máximos establecidos por la OMS son de

0,003 mg/L debido a su alta capacidad de bioacumularse. Para su remoción es recomendable un proceso de coagulación (Cánepa, Maldonado, Barrenechea, & Aurazo, 2004).

- **Plomo:**

Es un metal pesado tóxico para el ser humano causante de enfermedades como el saturnismo. Posee una gran capacidad de bioacumulación, por lo que causa intoxicaciones tanto agudas como crónicas. A pesar de que se concentra en todos los órganos afecta principalmente al sistema nervioso, hematopoyético y cardiovascular (Cánepa, Maldonado, Barrenechea, & Aurazo, 2004).

Los niños son más susceptibles a la intoxicación porque absorben de 4 a 5 veces más plomo que los adultos. Así mismo las mujeres embarazadas y sus hijos son más vulnerables porque se puede transferir el plomo a través de la placenta afectando el desarrollo mental del feto. Por lo tanto se ha establecido un valor de referencia de 0,01 mg/L para proteger la salud (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- **Zinc:**

Es un oligoelemento esencial presente tanto en alimentos como en agua potable. Las concentraciones naturales no suelen ser mayores a 0,05 mg/L, pero usualmente la concentración aumenta en el agua de grifo por contaminación en las tuberías. Tiene efectos sobre el sabor del agua, por lo tanto se recomienda un límite máximo de 3 mg/L para que sea aceptada por los consumidores (Organización Mundial de la Salud, 2006).

pH:

Indica el grado de acidez o basicidad del agua. Mientras el agua ácida puede resultar corrosiva, el agua básica puede causar incrustaciones, por lo tanto lo recomendable es tener un agua neutra. Es necesario realizar la medición de pH in situ debido a que este tiende a cambiar por reacciones ocurridas durante su almacenamiento como la saturación de CO₂ por microorganismos o plantas acuáticas presentes en la muestra (Cánepa, Maldonado, Barrenechea, & Aurazo, 2004).

No es un parámetro que afecte al consumidor, pero es clave para el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento, principalmente para la clarificación y desinfección. Por ejemplo para que la desinfección con cloro sea eficaz es recomendable tener un pH menor a 8. Por otra parte, si se tiene un pH ácido la corrosión puede contaminar el agua además de dañar las tuberías del sistema (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Sólidos disueltos totales (SDT):

Son las sales inorgánicas que se encuentran en solución en el agua. Principalmente bicarbonatos, cloruros, sulfatos y sales de calcio, magnesio, potasio y sodio. No se conocen efectos negativos directos sobre la salud humana, sin embargo estos pueden alterar el sabor del agua generando rechazo por parte de quien la consume. Una concentración menor a 600 ppm es considerada buena, y es aceptable hasta no más de 1000 ppm. Superando este límite existe un descenso significativo en la aceptabilidad de la misma (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Estas sustancias se incorporan al agua gracias al contacto que tienen con el suelo, sedimentos y atmosfera, pudiendo ser de naturaleza orgánica o inorgánica. Su presencia aumenta la



conductividad y por lo tanto se produce una mayor ionización que a su vez puede tener efectos corrosivos en el sistema (Spellman & Drinan, 2000).

Temperatura:

La temperatura afecta principalmente a la vida acuática. Sin embargo no deja de ser un parámetro físico importante ya que tiene una relación directa con la solubilidad del oxígeno y la velocidad de transferencia de gases entre el agua y la atmosfera. Así mismo en el tratamiento de las aguas frías se va a requerir mayor cantidad de productos químicos para procesos de floculación y coagulación. Las aguas cálidas, por el contrario, necesitan mayor cantidad de cloro para la desinfección (Spellman & Drinan, 2000).

Para el consumo humano se prefiere el agua con una temperatura baja, entre 12 y 16 °C, por cuestiones de aceptabilidad (Marín, 2003).

Turbidez:

La turbidez o turbiedad es causada por materiales suspendidos en el agua (arcillas, limos, materia orgánica, microorganismos, entre otros) que no permiten el paso de la luz ya que la absorben o la reflejan (Romero, 2002).

Las 3 fuentes principales de partículas que aumentan la turbidez:

- **Minerales:** provienen de la erosión del suelo y rocas por donde circula el agua. Se incorporan principalmente mediante la escorrentía, convirtiéndose en la fuente principal de sólidos suspendidos. De esta manera los cuerpos receptores de aguas de escorrentía también se ven afectados, especialmente en épocas de lluvias.



- Partículas orgánicas húmicas: se presentan gracias a los restos vegetales que caen al agua y se descomponen.
- Partículas filamentosas: por ejemplo los restos de amiantos o filosilicatos (Marín, 2003).

La claridad del agua de consumo es importante como criterio de aceptación de la población. Un agua turbia es desagradable a la vista y puede ser rechazada por pensar que el agua está sucia y no es saludable para el consumo (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Parámetros microbiológicos

La calidad microbiológica del agua es fundamental para proteger la salud de los consumidores. Para garantizar la inocuidad del agua es importante implementar barreras, como las tuberías, que prevengan la contaminación del efluente, de esta manera se prioriza la prevención antes que el tratamiento del recurso (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Coliformes:

Los coliformes son bacilos aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos no formadores de esporas capaces de fermentar lactosa y formar gas en un lapso de 48 horas a 35 °C. Su presencia en excrementos es muy alta, por lo que su presencia en el agua es un indicador de contaminación fecal que conlleva a la presencia de otros organismos patógenos (Muñoz, 2008).

Se utiliza a los coliformes como indicadores debido a que son más fáciles de aislar e identificar y se encuentran en mayores cantidades que los patógenos (Romero, 2001).

La OMS (2006), califica a los patógenos fecales como los más preocupantes para la salud de la población. Su presencia puede causar brotes de enfermedades hídricas, debido a que logran infectar a gran parte de la población antes de que se detecte su presencia.

En el grupo de las coliformes totales (grupo coli-aerogenes) están incluidos los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*, siendo la bacteria *E. coli* la más representativa de contaminación fecal. Sin embargo el género *Aerobacter* también posee la capacidad de crecer en el suelo, por lo que la presencia de coliformes no necesariamente se da por contaminación fecal humana.

CAPITULO II

MÉTODO

2.1. Nivel de estudio

Exploratorio

El trabajo de campo busca determinar la calidad del agua presente en el sistema que está siendo consumida por la población. Esta información se debe analizar para obtener valores promedios de los parámetros considerados.

Correlacional

Los resultados de los análisis deben ser comparados con los límites establecidos en la normativa vigente para agua potable. De esta comparación se obtendrá los parámetros que deberán ser tratados en el proceso de potabilización.

2.2. Modalidad de investigación

De campo

Se realizarán muestreos periódicos con el fin de obtener datos representativos de la calidad del agua en los cuales estarán basadas las adecuaciones sugeridas.

2.3. Método

Método Inductivo-Deductivo

Mediante los análisis de laboratorio se obtendrá un perfil del agua a tratar. Más adelante, y en base a esta información se realizará el diseño de medidas correctivas para el sistema.

2.4. Población y muestra

Población

Agua del sistema de captación y distribución de la comunidad de Caspigasí del Carmen, parroquia de Calacalí.

Muestra

Se realizaron muestreos periódicos de acuerdo al cronograma establecido. Los volúmenes de la muestra estarán determinados por los análisis a realizarse en el laboratorio.

2.4.1. Metodología de muestreo

Se tomaron 2 muestras por cada visita. La primera para el análisis microbiológico y la segunda para el análisis fisicoquímico.

Para el análisis microbiológico se tomó 100 mL. de muestra en un frasco Schott de vidrio autoclavable previamente tratado. Para esto se coloca 0,1 g de tiosulfato de sodio que actúa como inhibidor del cloro presente en el agua, de tal forma no se afecta el crecimiento de microorganismos. Después se autoclava el frasco y se lo mantiene cerrado hasta el momento de toma de la muestra para evitar cualquier tipo de contaminación.

Para los análisis fisicoquímicos se recogió la muestra en una botella plástica lavada con anterioridad con agua destilada. Se tomó un volumen de entre 1,5 a 2 litros de agua para los diferentes análisis a realizarse.

Para la recolección de la segunda muestra es necesario homogenizar la botella enjuagándola 2 veces con el agua de la muestra. Inmediatamente se llena el recipiente a tope sin dejar burbujas de aire, ya que estas pueden afectar a los posteriores análisis. Los envases que se reutilizan deben ser lavados con agua destilada entre muestreos para evitar la contaminación entre distintas muestras (Jurado, 1998).

El manejo de las muestras se realizó de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:98 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

2.4.2. Cronograma de muestreo

Se planificó la toma de 10 muestras en total, manteniendo una espera de varios días entre ellas para que sean más esporádicas y por lo tanto más representativas. El cronograma se lo estableció conjuntamente con la comunidad de acuerdo a su disponibilidad de tiempo para permitir el acceso a los tanques.

Tabla 5: Cronograma

# Muestra	Fecha
1	10/02/2014
2	22/02/2014
3	12/03/2014
4	19/03/2014
5	26/03/2014
6	09/04/2014
7	16/04/2014
8	23/04/2014
9	28/04/2014

# Muestra	Fecha
10	06/05/2014

Elaborado por: David Salas

Cabe destacar que las muestras de la 1 a la 5 fueron colectadas por el autor. En ese momento por problemas con la comunidad se cambió la modalidad y el encargado de recoger las muestra de la 6 hasta la 10 fue el presidente de la Asociación Agropecuaria de Caspigasí del Carmen, el mismo que fue instruido en el proceso de muestreo.

Además se realizó una muestra adicional el día lunes 26 de mayo de 2014 solamente para el análisis de plomo.

2.5. Selección de instrumentos de investigación

- Análisis físico-químicos
- Análisis microbiológicos
- Diseño de adaptaciones para el sistema

2.6. Validez y confiabilidad de los resultados

Los análisis se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, Campus Miguel de Cervantes, Quito – Ecuador.

Se realizaron 2 mediciones por cada parámetro para corroborar la confiabilidad de los mismos.

Se utilizaron los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) aprobados por la American Public Health Association (APHA) y procedimientos de los equipos de espectrofotometría HACH 2800.

Tabla 6: Parámetros analizados y método de análisis

Nº	PARÁMETRO	MÉTODO DE ANÁLISIS
1	Arsénico	SM 3114 B
2	Bario	SM 3111 D
3	Cadmio	SM 3111 D
4	Cloro residual	SM 4500-Cl G
5	Cloruros	SM 4500
6	Coliformes totales	SM 9222
7	Color	HACH 8025
8	Conductividad	SM 2510 B
9	DBO ₅	SM 5210 D
10	DQO	SM 5220 B
11	Dureza	SM 2340
12	Nitratos	HACH TNT 835
13	Nitritos	HACH 8507
14	pH	SM 4500
15	Plomo	SM 3111 D
16	Sólidos disueltos totales (STD)	SM 2510 B
17	Temperatura	SM 2550
18	Turbidez	SM 2130 B
19	Zinc	SM 3111 D

Elaborado por: David Salas

Para descartar la presencia de arsénico y de plomo se envió una muestra al Laboratorio de Ofertas de Servicios y Productos (OSP) de la Universidad Central del Ecuador. Este laboratorio cuenta con la acreditación del Organismo de Acreditación Ecuatoriano N° OAE LE 1C 04-002, y se encuentra acreditado desde el 22 de julio de 2004 (Ver ANEXO C)



2.7. Procesamiento de datos

Se procesaron y tabularon los datos en hojas de cálculo de Microsoft Office Excel.

Los puntos GPS fueron procesados en Google Earth.

CAPITULO III

RESULTADOS

El estudio tuvo cuatro etapas principales. La primera fue el acercamiento de la comunidad hacia la Universidad Internacional SEK solicitando ayuda para mantener el sistema del agua. Como parte de un proyecto de vinculación con la comunidad se realizó una visita a los tanques para conocer su estado y funcionamiento, y a partir de ello tener una base para la planificación del estudio.

La segunda fase consiste en los muestreos y los análisis realizados al agua. En una tercera etapa se procesaron los resultados obtenidos, se los comparó con la normativa ambiental y en base a ello se desarrollaron los cambios propuestos. Finalmente, se procedió a comunicar los resultados definitivos a la comunidad de Caspigasí.

Durante todo el proceso hubo contacto continuo e intercambio de información entre la comunidad y la UISEK para monitorear el avance alcanzado.

3.1. Acercamiento a la comunidad

La comunidad de Caspigasí del Carmen, por medio de su Asociación Agropecuaria, y consiente de la importancia de su sistema de agua solicitó a la Universidad Internacional SEK trabajar en conjunto para determinar la calidad de su recurso para garantizar un consumo saludable de la misma (Ver ANEXO D).

A lo cual la UISEK tuvo una respuesta positiva, y a través de su programa de vinculación con la colectividad, se decidió participar con la comunidad por medio del presente proyecto de fin de carrera.

3.1.1. Conflicto interno de la comunidad

A pesar de que el acercamiento inicial fue por parte de la comunidad hacia la UISEK, durante el proceso se evidenció un conflicto entre la Asociación Agropecuaria y el Comité Pro mejoras, ambos dueños de la concesión del agua.

Actualmente el sistema está manejado por el comité, que consideró innecesario el proyecto y se sintió excluido del mismo por lo que interrumpió la colaboración. Finalmente se logró un acuerdo entre las partes para terminar el proceso de muestreo y análisis.

3.2. Levantamiento de datos

La comunidad cuenta con un sistema de captación y distribución de agua construido en el año de 1988 por los comuneros. Este sistema cuenta con 3 tanques de captación: Quinde Oriental, Quinde Occidental y Tanque Salgado, ubicados en las laderas del cráter del Pululahua. Estos tanques recolectan agua lluvia y de escorrentía del sector.

El agua proveniente de los tanques Quinde Oriental y Quinde Occidental se juntan en un tanque intermedio conocido como Los Chivos. El agua de Los Chivos y del Tanque Salgado se une en otro tanque utilizado para la cloración. Finalmente toda el agua baja al tanque reservorio donde una vez lleno se distribuye alternadamente para los distintos sectores de la comunidad.

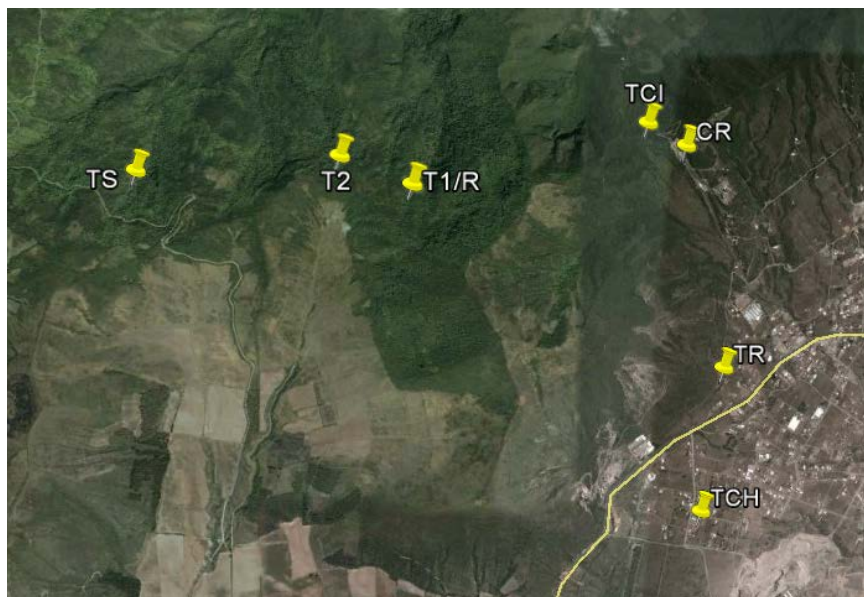


Tabla 7: Coordenadas de los tanques del sistema

Lugar	Código	Coordenadas
Tanque Quinde Oriental	T1	UTM 0778950 0002493
Tanque Quinde Occidental	T2	UTM 0778632 0002608
Tanque Salgado	TS	UTM 0777725 0002528
Tanque de Cloración	TCI	UTM 0779993 0002820
Cámara rompe presión	CR	UTM 0780174 0002727
Tanque Reservorio	TR	UTM 0780396 0001723
Tanque Casa de Hacienda	TCH	UTM 0780318 0001054

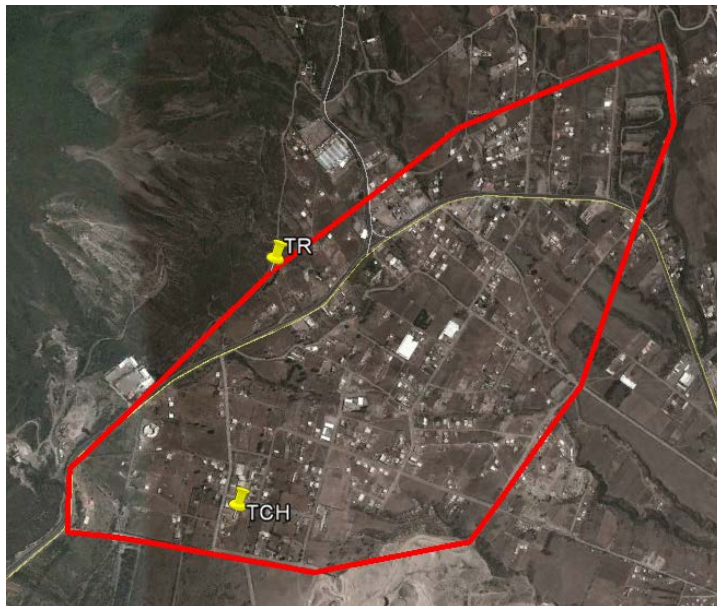
Elaborado por: David Salas

Gráfico 3: Ubicación de los tanques



Elaborado por: David Salas

Gráfico 4: Área aproximada de cobertura del sistema



Elaborado por: David Salas

Las tuberías que transportan el agua recorren un difícil camino por las laderas del Pululahua. Durante la mayoría del trayecto se encuentra enterrada en el suelo, sin embargo existen sectores donde la tubería forma puentes entre los salientes de la montaña.

Tanque Quinde Oriental (T1)

Es uno de los primeros tanques recolectores del sistema. Tiene un volumen total de $5,56 \text{ m}^3$ ($2,05 \times 2,8 \times 0,97 \text{ m}$): Está ubicado adyacente a un recolector de agua hecho por canaletas que forman una cuadrícula en la pared. Este recolector ayuda a captar el agua de escorrentía y el agua que penetra en el suelo y baja gracias a la pendiente de la montaña. El agua es conducida al tanque que posee una pequeña cámara para que se sedimenten los sólidos. Finalmente el agua sale del tanque por la tubería ubicada al otro extremo.



Gráfico 5: Tanque Quinde Oriental y recolector



Tanque Quinde Occidental (T2)

Es el segundo recolector del sistema y está formado por dos tanques conectados en serie. El primer tanque se caracteriza por no tener base de cemento para permitir la captación del agua del suelo. Tiene un volumen de 2.15 m^3 ($2,9 \times 0,8 \times 0,93 \text{ m}$).

El agua sale del primer tanque hacia el segundo, por una tubería de 1,6 m. Aquí las partículas sedimentarán antes de seguir su camino al resto del sistema. Este tanque tiene menor volumen que el anterior: $1,18 \text{ m}^3$ ($0,95 \times 1,02 \times 1,22 \text{ m}$).

Está alimentado por recolectores ubicados a lo largo de la ladera que captan el agua de escorrentía y la dirigen al tanque. Estos recolectores son canaletas de cemento con una tapa del mismo material o de metal para evitar el ingreso de escombros (hojas, ramas, tierra, entre otros) evitando que contamine el agua y que se tapone el flujo.



Gráfico 6: Quinde Occidental y canaleta de captación



Tanque Salgado (TS)

Este tanque es el último que se incorporó al sistema. También es conocido como el “ojo de agua”. Es el único tanque que no utiliza recolectores para captar el agua, sino que lo hace directamente del manantial. Este se encuentra empotrado en la ladera por lo que capta agua subterránea. El tanque está dividido en 2 cámaras, la primera es la que colinda con la montaña, que forma tanto la pared trasera como el suelo, y se encarga de recolectar el agua y la segunda, completamente de cemento, que es donde se acumula el agua.

Gráfico 7: Tanque Salgado y su interior



Tanque Los Chivos

Es un tanque intermedio en el sistema en el cual se juntan las aguas provenientes tanto del Quinde Occidental como del Quinde Oriental para después continuar en una sola tubería hasta el tanque de cloración.

Tanque de Cloración (TCl)

Este es el tanque más complejo dentro del sistema. Su entrada consiste en un canal donde desembocan las tuberías provenientes de Los Chivos y del Salgado. En el mismo existe una rejilla que impide el paso de sólidos grandes.



Gráfico 8: Entrada de agua al tanque de cloración



Después de pasar por el canal el agua continua a un pequeño tanque de 2 x 0,9 x 0,86 m donde recibe el tratamiento de cloración que consiste en gotear poco a poco una solución de HTH. Para esto se utiliza un tanque de polietileno de 500 litros de capacidad.

Gráfico 9: Cloración





Finalmente el agua pasa por un canal hasta otro tanque con 2 cámaras. La primera sirve como sedimentador de partículas permitiendo el paso de un agua más limpia a la segunda cámara. En la pared las divide se coloca un costal con rocas que sirven como filtro.

Gráfico 10: Canal de conexión y piedras para filtrar



Gráfico 11: Tanque de Cloración





Cámara rompe presión (CR)

Es un pequeño tanque de paso ubicado entre el tanque de cloración y el tanque reservorio. Su propósito es disminuir la presión que el agua ejerce sobre la tubería para evitar daños en el sistema. Forma un cubo de 80 cm por lado, con 2 entradas de agua y 1 salida que presenta una depresión de 7 cm de profundidad y 20 cm de lado.

Gráfico 12: Cámara rompe presión



Tanque Reservorio (TR)

Es el tanque más grande del sistema con un volumen aproximado de $115,84 \text{ m}^3$. La profundidad varía entre 2 y 2,2 m para dar una pendiente y aprovechar la mayor cantidad de agua posible. Posee 5 salidas, 4 para las distintas redes de distribución de agua de la comunidad y una de vaciado. Cuando el tanque se llena, se envía el agua a cada una de las redes de manera alternada.

El tanque se llena en aproximadamente 36 horas, dependiendo de las condiciones climáticas que afectan a la captación de agua. Por lo tanto se tiene un caudal promedio de 0,9 l/s. Sin embargo el



sistema no depende del caudal, ya que siempre se espera a que el tanque se llene antes de distribuir a las distintas redes.¹

Gráfico 13: Tanque reservorio y sus salidas



Tanque Casa de Hacienda (TCH)

Una de las 5 salidas lleva al tanque ubicado en la Casa de Hacienda de Caspigasí del Carmen. Posee una capacidad de almacenamiento de aproximadamente $38,92 \text{ m}^3$ ($3,17 \times 6 \times 2,04 \text{ m}$). El tanque es de acceso comunal y posee un grifo para extraer al agua.

Gráfico 14: Tanque Casa de Hacienda



Especificaciones técnicas adicionales

Todo el sistema funciona por gravedad, no cuenta con ninguna bomba que mantenga el flujo del agua. No consta con un diseño técnico, fue construido por los comuneros aprovechando las pendientes del terreno, por lo tanto es importante considerar la altura a la que se encuentra cada tanque.

Tabla 8: Altura de los tanques

Tanque	Altura (msnm)
T1	3062
T2	3050
TS	2913
TCI	2885
CR	2844
TR	2782
TCH	2741

Elaborado por: David Salas

El agua es transportada por manguera negra reforzada de 1 ¹/₂ pulgada.

Los tanques son de cemento, poseen escaleras de ingreso hechas con varillas de hierro y tubos de ventilación de PVC en forma de cuello de ganso.

Las tapas para los accesos son en su mayoría metálicas, con la posibilidad de asegurarlas con candado. No obstante algunos tanques no cuentan con tapas adecuadas, y se encuentran cerrados con planchas de ETERNIT que no alcanzan a cubrir toda la abertura.

3.2.1. Puntos de muestreo

Después de visitar todo el sistema, se determinó el punto de muestreo en base al lugar donde se podría instalar la planta de potabilización. Por ubicación, acceso e infraestructura se determinó que el punto más conveniente para el muestreo y posterior diseño de la planta era el Tanque Reservorio (TR).

El tanque reservorio está ubicado en un terreno adyacente a una vía de tercer orden lo que permitiría la entrada del material de construcción y un fácil acceso para el mantenimiento y operación de la planta de potabilización. Además, el terreno es amplio, plano y posee espacio libre, convirtiéndolo en la ubicación ideal para desarrollar el diseño de la planta.

Es el punto más representativo del sistema, ya que cuenta con el agua de todas las vertientes mezcladas. Además es un punto ideal para verificar la eficiencia del proceso de cloración.

3.2.2. Análisis in-situ

Ciertos parámetros deben ser medidos in-situ, es decir en el lugar y en el momento de recolección de la muestra debido a que pueden verse afectados en el transporte y manipulación. Estos parámetros son:

- Conductividad (SM 2510 B)
- pH (sm 4500)
- Solidos disueltos totales (SM 2510 B)
- Temperatura (SM 2550)
- Turbidez (SM 2130 D)

3.2.3. Análisis de laboratorio

Los demás análisis se realizaron en el Laboratorio de Procesos, Laboratorio de Química y Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK en Quito. Estos son:

- Bario (SM 3111 D)
- Cadmio (SM 3111 D)
- Cloro Residual (SM 4500-Cl G)
- Cloruros (SM 4500)
- Coliformes totales y fecales (SM 9222)
- Color (HACH 8025)
- DBO₅ (SM 5210 D)
- DQO (SM 5220 B)
- Dureza (SM 2340)

- Nitratos (HACH TNT 835)
- Nitritos (HACH 8707)
- Zinc (SM 3111 D)

El análisis de arsénico y de plomo se realizó en el Laboratorio de Oferta de Servicios y Productos de la Universidad Central del Ecuador (Ver ANEXOS E y F respectivamente)

3.2.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el laboratorio se registraron y procesaron mediante Microsoft Excel 2010.

3.2.4.1. Media aritmética

Se obtuvo la media aritmética en Microsoft Excel utilizando la función *=PROMEDIO()*, que responde a la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$$

3.2.4.2. Prueba Q

La prueba Q es utilizada para rechazar datos que no concuerdan con el resto del grupo. Se la debe realizar a cada dato, restándolo del número más cercano y dividiendo el resultado para la diferencia del dato mayor y el menor, es decir el rango. Se comparan los valores obtenidos con los de la siguiente tabla y si este es mayor el dato se lo rechaza (Romero, 2001).

Tabla 9: Valores de Q para un nivel de confianza del 90%

Número de muestras	Q
3	0,94

Número de muestras	Q
4	0,76
5	0,64
6	0,56
7	0,51
8	0,47
9	0,44
10	0,41

(Romero, 2001)

Se repite el análisis con los datos sobrantes hasta que todos los valores de la Prueba Q sean menores a los indicados en la tabla, de tal manera se obtendrá un nivel de confianza para los datos del 90% (Romero, 2001).

3.3. Presentación de resultados

3.3.1. Arsénico

Se determinó al azar una muestra para ser llevada al laboratorio acreditado y determinar la presencia o ausencia de arsénico en el agua. La muestra seleccionada fue la número 6, tomada el 9 de abril de 2014.

El análisis determinó una concentración menor a 0,0002 mg/L de arsénico en el agua (Ver ANEXO E), muy por debajo del límite máximo permisible establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011 que es de 0,01 mg/L.

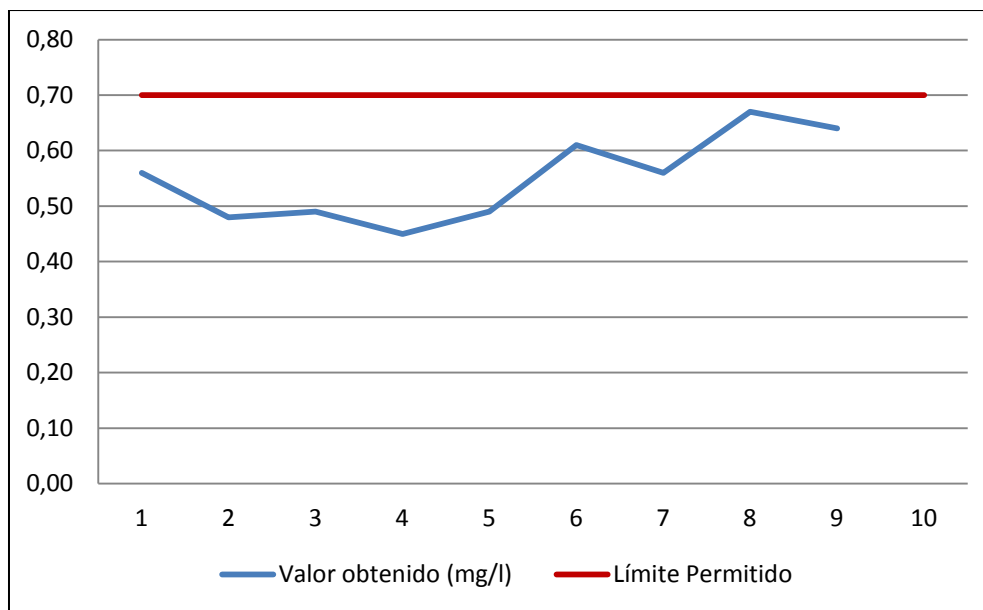
3.3.2. Bario



Tabla 10: Prueba Q Bario

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0,37	0,37	0,2666667
2	0,56	0,45	0,1
3	0,48	0,48	0,0333333
4	0,49	0,49	0,0333333
5	0,45	0,49	0,0333333
6	0,49	0,56	0,1666667
7	0,61	0,56	0,1666667
8	0,56	0,61	0,1
9	0,67	0,64	0,1
10	0,64	0,67	0,1
\bar{X}	0,55		

Gráfico 15: Resultados análisis bario





3.3.3. Cadmio

Tabla 11: Resultados Análisis Cadmio

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)
1	NO DETECTABLE
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

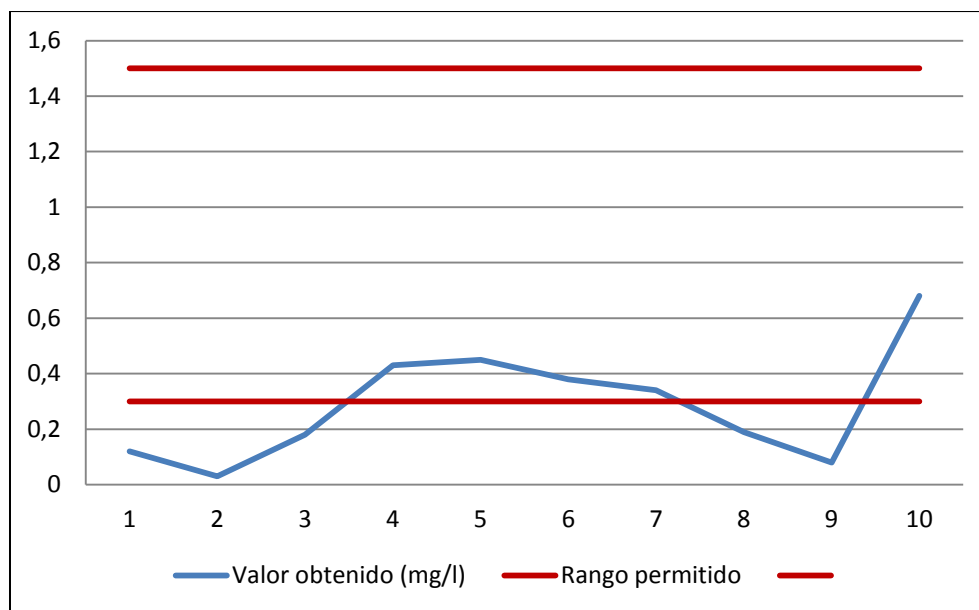
3.3.4. Cloro residual

Tabla 12: Prueba Q cloro residual

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0,12	0,03	0,07692308
2	0,03	0,08	0,06153846
3	0,18	0,12	0,06153846
4	0,43	0,18	0,01538462
5	0,45	0,19	0,01538462
6	0,38	0,34	0,06153846
7	0,34	0,38	0,06153846
8	0,19	0,43	0,03076923
9	0,08	0,45	0,03076923
10	0,68	0,68	0,35384615
\bar{X}	0,29		



Gráfico 16: Resultados análisis cloro residual



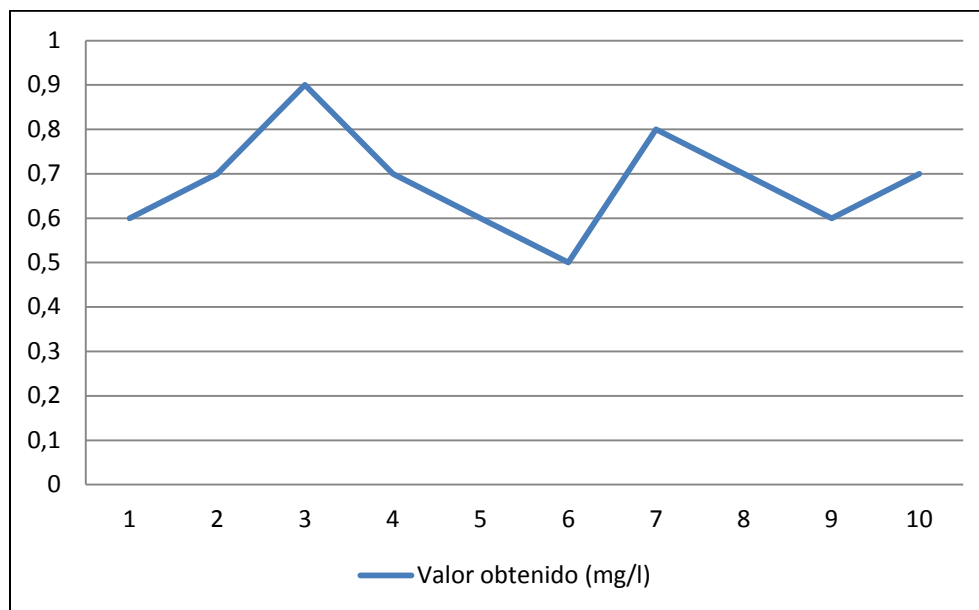
3.3.5. Cloruros

Tabla 13: Prueba Q cloruros

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0,6	0,5	0,25
2	0,7	0,6	0
3	0,9	0,6	0
4	0,7	0,6	0
5	0,6	0,7	0
6	0,5	0,7	0
7	0,8	0,7	0
8	0,7	0,7	0
9	0,6	0,8	0,25
10	0,7	0,9	0,25
\bar{X}	0,7		



Gráfico 17: Resultados análisis cloruros



3.3.6. Coliformes

Los análisis de coliformes tanto fecales como totales resultaron negativos. Solo se presentaron bacterias aerobias mesófilas provenientes del ambiente, que no presentan riesgo para la salud de la población.

Tabla 14: Resultados análisis coliformes

# Muestra	Valor obtenido (UFC/100 mL)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0



Gráfico 18: Cultivo en medio Endo (coliformes totales)

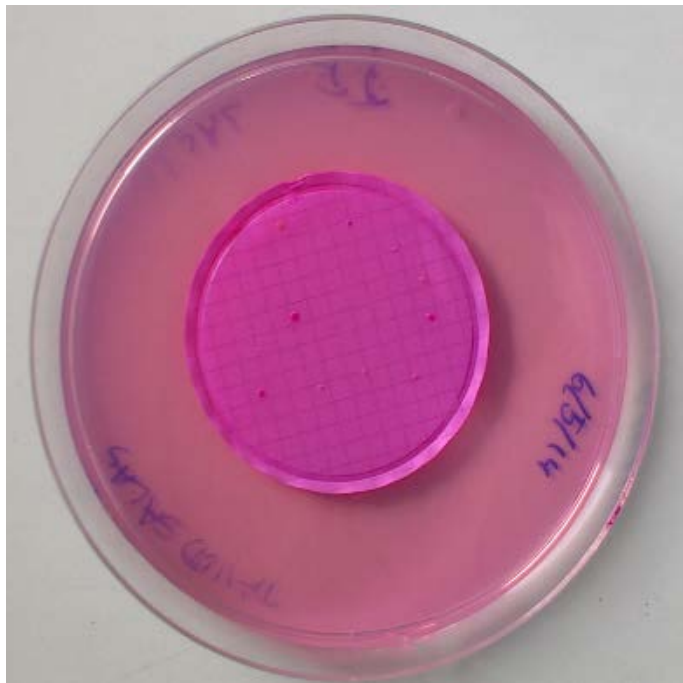
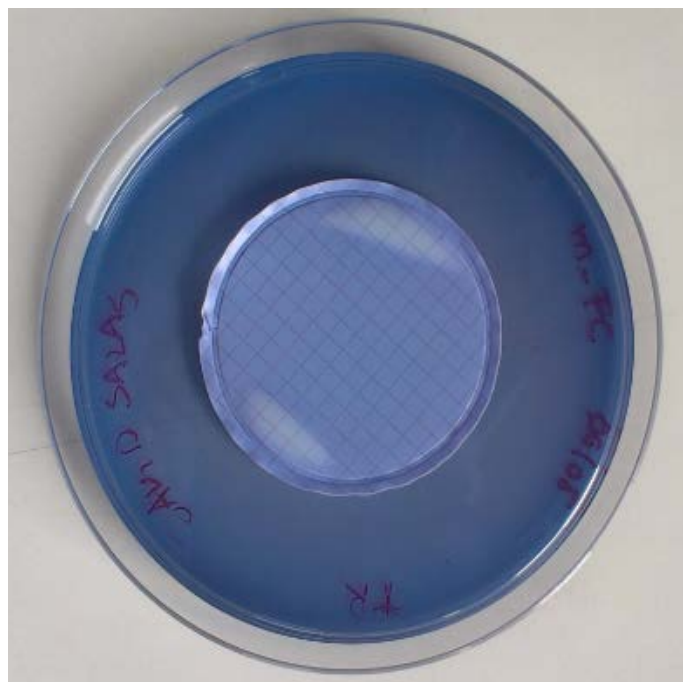


Gráfico 19: Cultivo en medio FC (coliformes fecales)



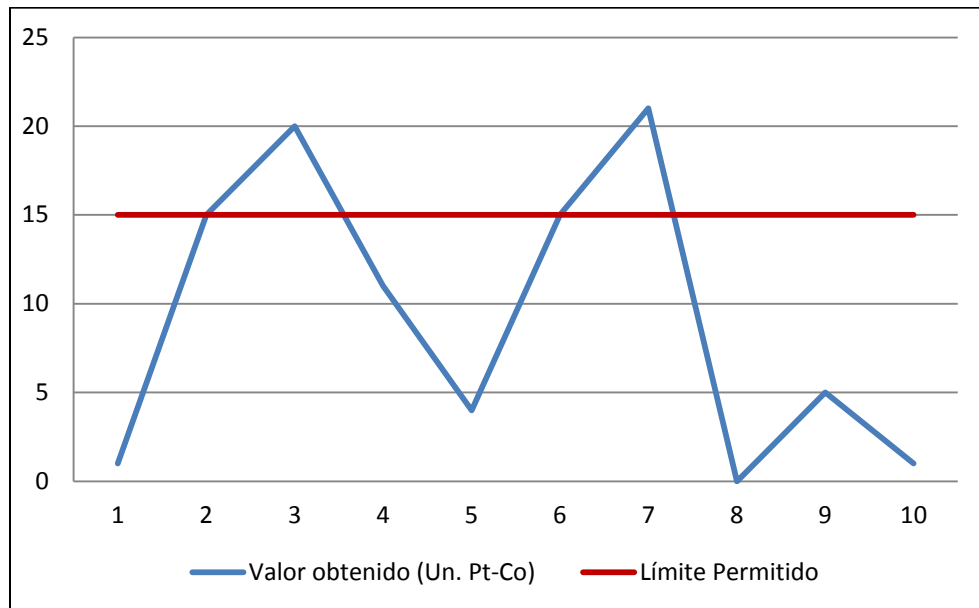


3.3.7. Color

Tabla 15: Prueba Q color

# Muestra	Valor obtenido (Un. Pt-Co)	Valores ordenados	Prueba Q
1	1	0	0,047619
2	15	1	0,047619
3	20	1	0,047619
4	11	4	0,047619
5	4	5	0,047619
6	15	11	0,1904762
7	21	15	0,1904762
8	0	15	0,1904762
9	5	20	0,047619
10	1	21	0,047619
\bar{X}	9		

Gráfico 20: Resultados análisis color



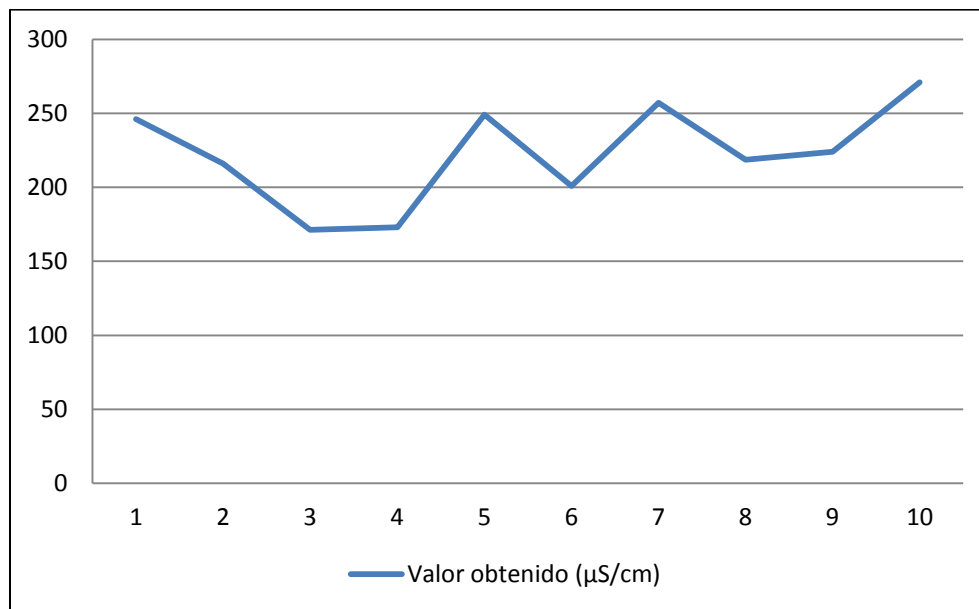


3.3.8. Conductividad

Tabla 16: Prueba Q conductividad

# Muestra	Valor obtenido ($\mu\text{S/cm}$)	Valores ordenados	Prueba Q
1	246,0	171,3	0,01604814
2	216,0	172,9	0,01604814
3	171,3	200,9	0,15145436
4	172,9	216,0	0,02607823
5	249,0	218,6	0,02607823
6	200,9	224,0	0,05416249
7	257,0	246,0	0,03009027
8	218,6	249,0	0,03009027
9	224,0	257,0	0,08024072
10	271,0	271,0	0,14042126
\bar{X}	222,6		

Gráfico 21: Resultados análisis conductividad



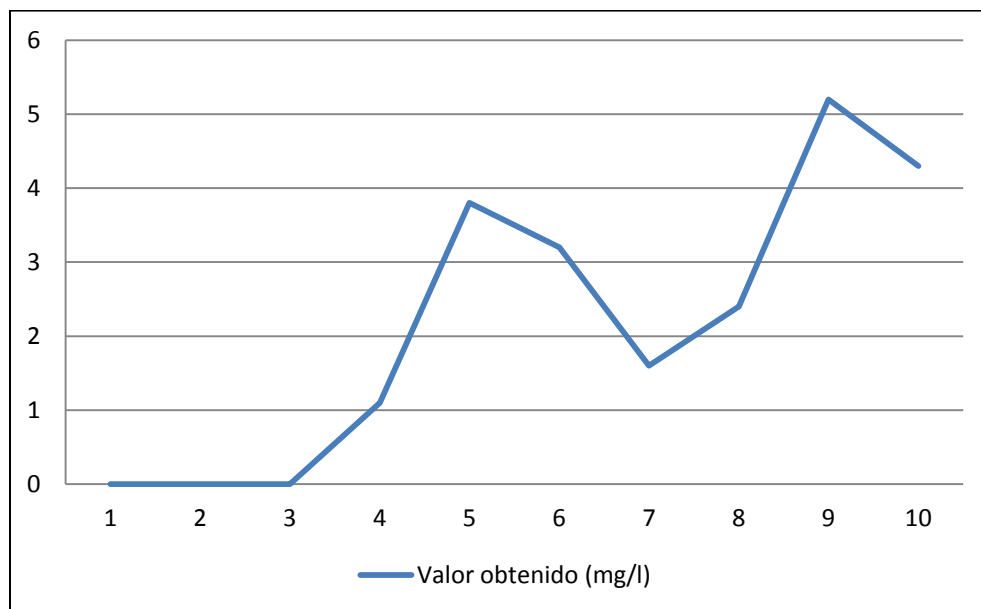


3.3.9. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla 17: Prueba Q DBO₅

# Muestra	Valor obtenido (μS/cm)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0	0	0,2115385
2	0	0	0,2115385
3	0	0	0,2115385
4	1,1	1,1	0,0961538
5	3,8	1,6	0,0961538
6	3,2	2,4	0,1538462
7	1,6	3,2	0,1153846
8	2,4	3,8	0,0961538
9	5,2	4,3	0,0961538
10	4,3	5,2	0,1730769
\bar{X}	2,2		

Gráfico 22: Resultados análisis DBO₅



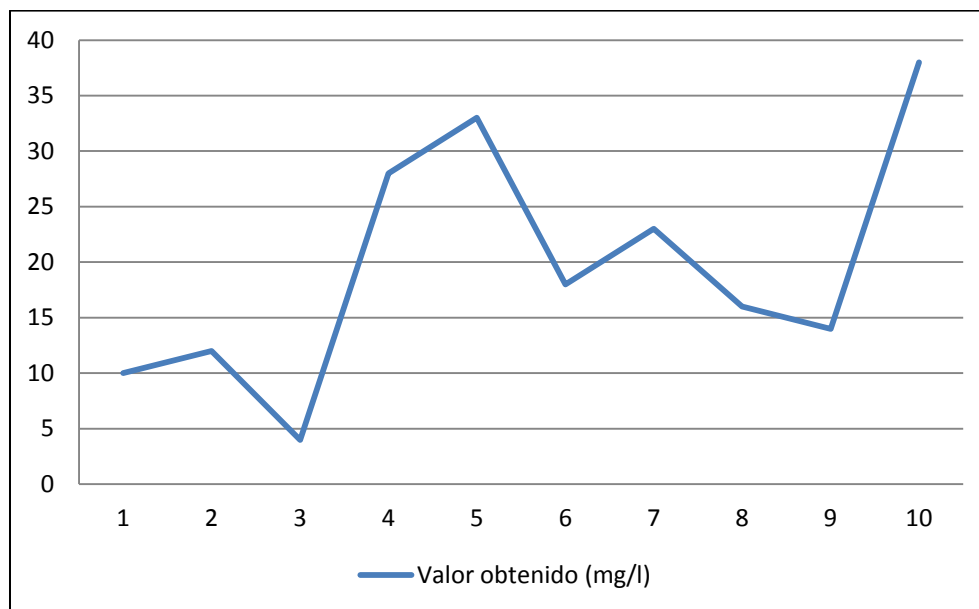


3.3.10. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 18: Prueba Q DQO

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	10	4	0,1764706
2	12	10	0,0588235
3	4	12	0,0588235
4	28	14	0,0588235
5	33	16	0,0588235
6	18	18	0,0588235
7	23	23	0,1470588
8	16	28	0,1470588
9	14	33	0,1470588
10	38	38	0,1470588
\bar{X}	20		

Gráfico 23: Resultados análisis DQO



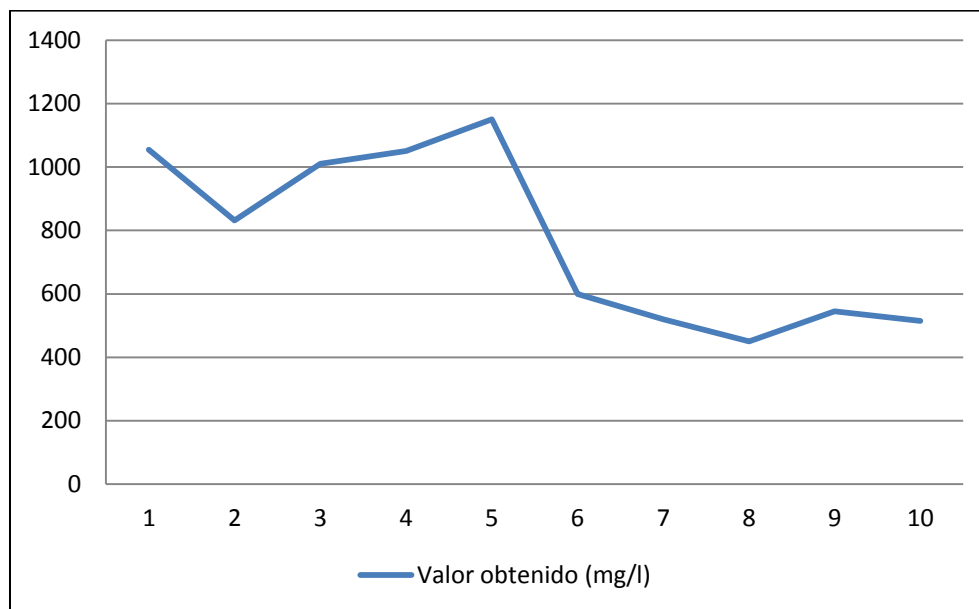


3.3.11. Dureza

Tabla 19: Prueba Q dureza

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	1055	450	0,0928571
2	832	515	0,0071429
3	1010	520	0,0071429
4	1050	545	0,0357143
5	1150	600	0,0785714
6	600	832	0,2542857
7	520	1010	0,0571429
8	450	1050	0,0071429
9	545	1055	0,0071429
10	515	1150	0,1357143
\bar{X}	773		

Gráfico 24: Resultados análisis dureza



3.3.12. Nitratos (NO_3)

En los análisis de nitratos solo una muestra (número 6) mostró valor superior al detectable mediante el procedimiento, es decir mayor a 0,23 mg/L. El valor obtenido en esta muestra es de 0,234 mg/L muy por debajo de los 50 mg/L establecidos en la normativa.

Tabla 20: Resultados análisis nitratos

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)
1	<0,230
2	
3	
4	
5	
6	0,234
7	<0,230
8	
9	
10	

3.3.13. Nitritos (NO_2)

Tabla 21: Prueba Q nitritos

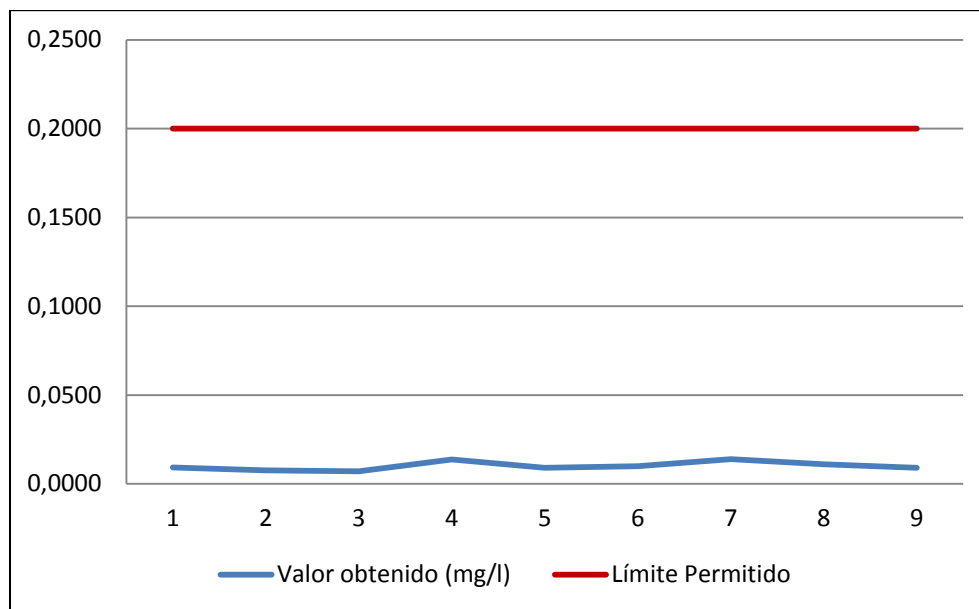
# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0,0092	0,0020	0,4166667
2	0,0076	0,0070	0,05
3	0,0020	0,0076	0,05
4	0,0070	0,0090	0,0166667
5	0,0138	0,0090	0,0166667
6	0,0090	0,0092	0,0166667
7	0,0100	0,0100	0,0666667
8	0,0140	0,0110	0,0833333
9	0,0110	0,0138	0,0166667
10	0,0090	0,0140	0,0166667

El valor de la prueba Q para la muestra número 3 nos indica que debemos rechazar ese dato para el análisis, por lo tanto obtendríamos los siguientes valores para el análisis de nitritos:

Tabla 22: Segunda Prueba Q nitritos

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	0,0092	0,0070	0,0857143
2	0,0076	0,0076	0,0857143
4	0,0070	0,0090	0,0285714
5	0,0138	0,0090	0,0285714
6	0,0090	0,0092	0,0285714
7	0,0100	0,0100	0,1142857
8	0,0140	0,0110	0,1428571
9	0,0110	0,0138	0,0285714
10	0,0090	0,0140	0,0285714
\bar{X}	0,0101		

Gráfico 25: Resultados análisis nitritos



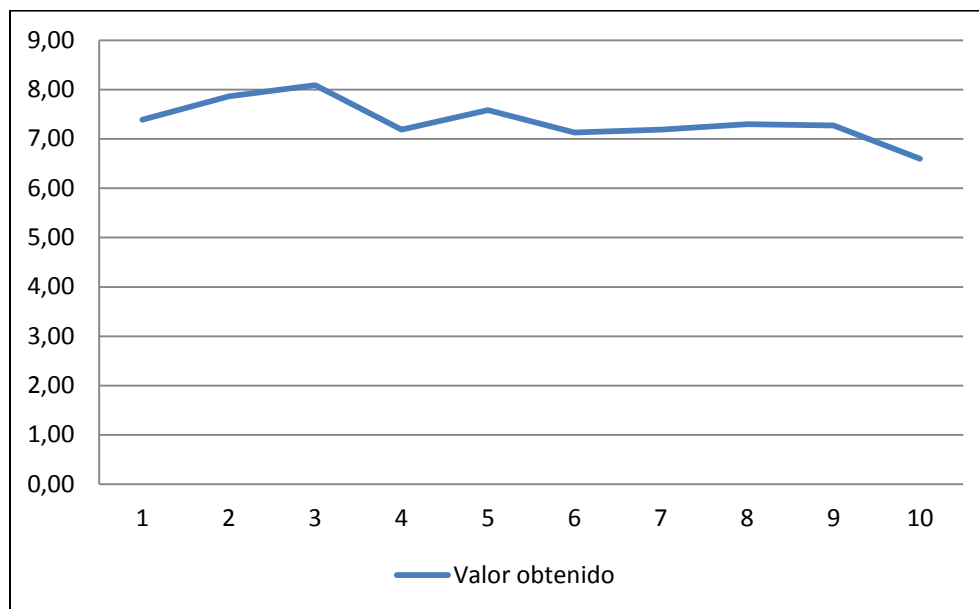


3.3.14. pH

Tabla 23: Prueba Q pH

# Muestra	Valor obtenido	Valores ordenados	Prueba Q
1	7,39	6,60	0,3557047
2	7,86	7,13	0,0402685
3	8,09	7,19	0,0402685
4	7,19	7,19	0,0402685
5	7,58	7,27	0,0201342
6	7,13	7,30	0,0201342
7	7,19	7,39	0,0604027
8	7,30	7,58	0,1275168
9	7,27	7,86	0,1543624
10	6,60	8,09	0,1543624
\bar{X}	7,36		

Gráfico 26: Resultados análisis pH



3.3.15. Plomo

Se tomó una muestra adicional para ser llevada al laboratorio acreditado y determinar la concentración de plomo en el agua. Fue necesario este procedimiento ya que la sensibilidad requerida por la normativa era muy baja para analizarlo en los laboratorios de la Universidad Internacional SEK.

El análisis determinó una concentración menor a 0,009 mg/L de plomo en el agua, muy por debajo del límite máximo permisible establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011 que es de 0,01 mg/L (Ver ANEXO F).

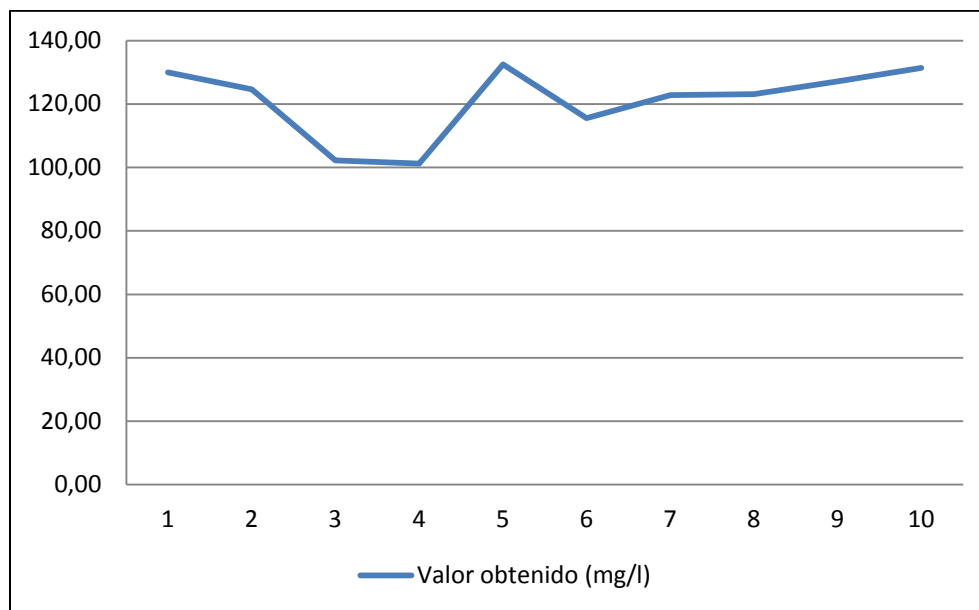
3.3.16. Sólidos disueltos totales (SDT)

Tabla 24: Prueba Q SDT

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)	Valores ordenados	Prueba Q
1	130,00	101,20	0,0319489
2	124,60	102,20	0,0319489
3	102,20	115,50	0,2332268
4	101,20	122,80	0,0095847
5	132,50	123,10	0,0095847
6	115,50	124,60	0,0479233
7	122,80	127,10	0,0798722
8	123,10	130,00	0,0447284
9	127,10	131,40	0,0351438
10	131,40	132,50	0,0351438
\bar{X}	121,04		



Gráfico 27: Resultados análisis SDT



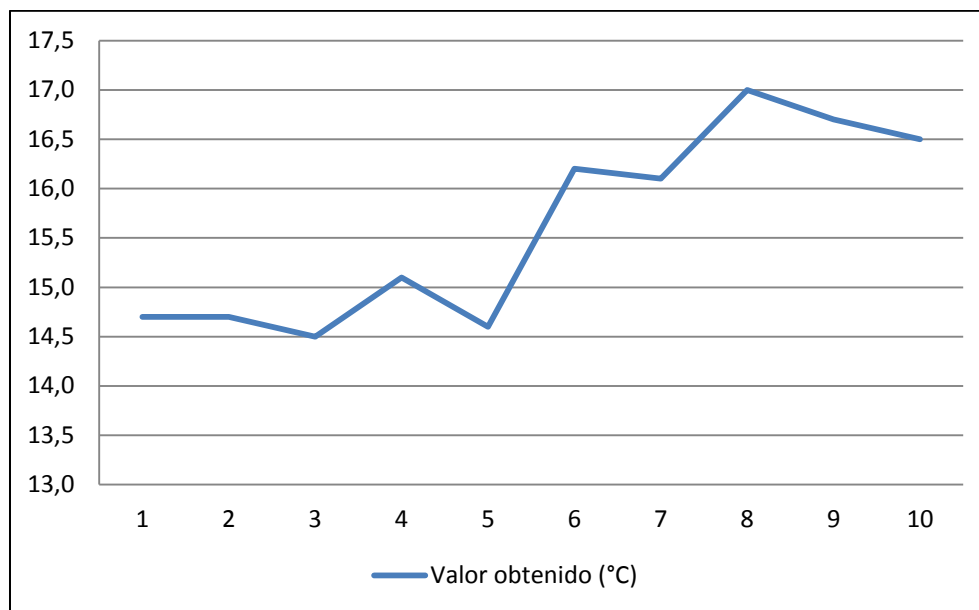
3.3.17. Temperatura

Tabla 25: Prueba Q temperatura

# Muestra	Valor obtenido (°C)	Valores ordenados	Prueba Q
1	14,7	14,5	0,04
2	14,7	14,6	0,04
3	14,5	14,7	0,04
4	15,1	14,7	0,04
5	14,6	15,1	0,16
6	16,2	16,1	0,04
7	16,1	16,2	0,04
8	17,0	16,5	0,08
9	16,7	16,7	0,08
10	16,5	17,0	0,12
\bar{X}	15,6		



Gráfico 28: Resultados análisis temperatura



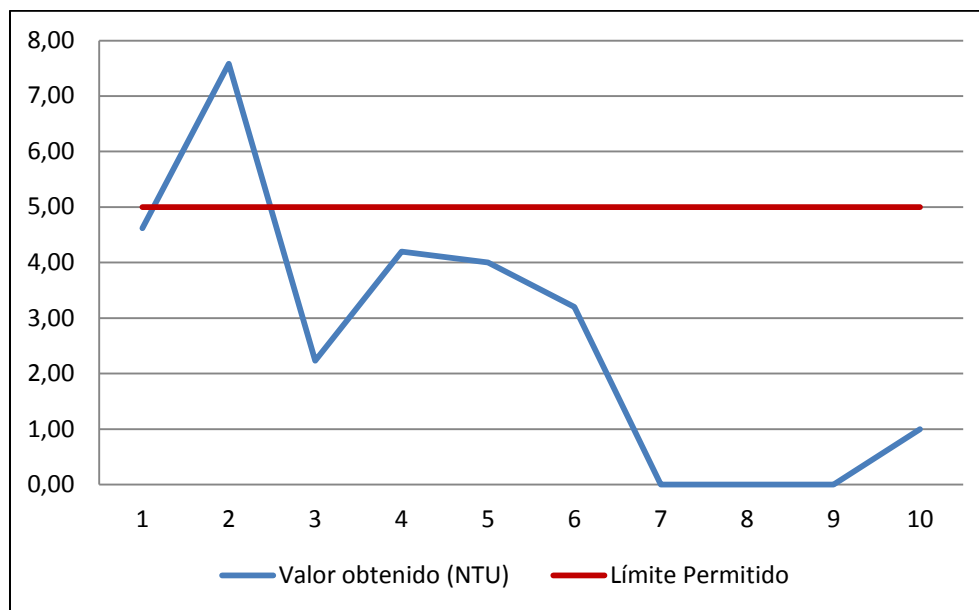
3.3.18. Turbidez

Tabla 26: Prueba Q turbidez

# Muestra	Valor obtenido (NTU)	Valores ordenados	Prueba Q
1	4,62	0,00	0,1319261
2	7,58	0,00	0,1319261
3	2,23	0,00	0,1319261
4	4,20	1,00	0,1319261
5	4,00	2,23	0,1279683
6	3,20	3,20	0,1055409
7	0,00	4,00	0,0263852
8	0,00	4,20	0,0263852
9	0,00	4,62	0,0554090
10	1,00	7,58	0,3905013
\bar{X}	2,68		



Gráfico 29: Resultados análisis turbidez



3.3.19. Zinc

# Muestra	Valor obtenido (mg/L)
1	NO DETECTABLE
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

3.4. Análisis de resultados

La mayoría de parámetros se encuentra por debajo del límite máximo permisible. Los que no cumplen la norma son los analizados a continuación:

3.4.1. Cloro residual

El promedio del cloro residual (0,29 mg/L) se encuentra por debajo del rango recomendado de 0,3 a 1,5 mg/L. Así mismo 5 de las 10 muestras se encontraban con menor cloro residual del requerido por la norma. Esto es causa de una dosificación incorrecta en el proceso de cloración del agua.

3.4.2. Color

En tan solo 2 de las 10 muestras se encontró un color mayor al establecido por la norma. Sin embargo estas se compensan con los demás valores obteniendo un promedio que cumple los requerimientos.

3.4.3. Turbidez

Se presentó elevada turbidez solamente en la muestra número 2. Cabe destacar que esta muestra fue tomada el día que se realizó la minga de limpieza y mantenimiento del sistema, razón por la cual el agua presentó suciedad que afectó la turbidez. A pesar de esto el agua no fue desechada del sistema, razón por la cual el dato es relevante y debe ser considerado para plantear posibles soluciones.

3.4.4. Prueba Q

El análisis de la prueba Q nos demuestran que los resultados obtenidos en la caracterización son consistentes. De la totalidad de datos, solo se debió rechazar un valor de nitritos por no ser consistente con el conjunto. Esto sirve también para demostrar que la cantidad de muestras



realizadas es suficiente y que los datos presentados son representativos de la población en estudio.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

4.1. Aplicación práctica

Una vez analizados los resultados, y teniendo en cuenta las dificultades económicas que se pueden presentar durante la implementación se optó por elegir alternativas económicas y que no representen mayor intervención en el sistema existente.

Para asegurar la calidad del agua, y por lo tanto el bienestar de la población se decidió realizar 2 adaptaciones al sistema existente: Proceso de cloración y Protocolo de mantenimiento del sistema.

Además se elaboró folleto que funcione como una guía rápida sobre el mantenimiento requerido en el sistema. Este folleto sirve como consulta durante las tareas a realizar (Ver ANEXO G).

El protocolo es específico para este sistema, ya que considera las especificaciones técnicas del mismo. Para su elaboración se utilizó como referencia la información presente en las guías de Molina, Barrios y Cerrón (2009), de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) (2007) y de SANBASUR (2002).

Para la elaboración de los protocolos se consideraron las dos opciones más comunes de presentación de hipoclorito de calcio, también conocido como HTH, que son hipoclorito al 30 y al 70 % de concentración.

Se debe revisar cuidadosamente el envase para saber con qué producto se está trabajando para utilizar las cantidades adecuadas y así evitar un exceso o una falta de cloro en la operación del sistema.

4.1.1. Medidas de seguridad

Tanto para el proceso de cloración como para la limpieza del sistema es necesario utilizar el equipo de protección personal (EPP) detallado a continuación:

- Gafas de seguridad
- Mascarilla
- Guantes
- Mandil plástico
- Botas de Caucho

Cualquier persona que manipule cloro o soluciones con cloro debe portar el EPP de manera obligatoria.

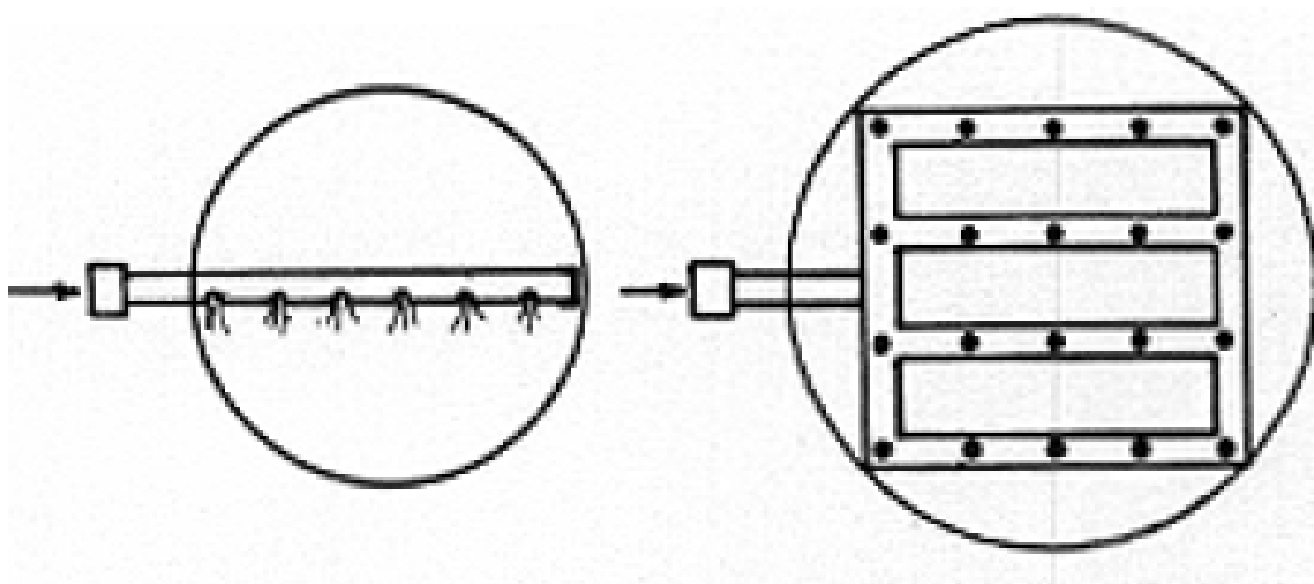
4.1.2. Proceso de cloración

4.1.2.1. Adaptaciones requeridas

- Reubicar el tanque plástico para la cloración en el tanque reservorio.
- Adaptar un lugar en el tanque reservorio que permita proteger el tanque de cloración. De preferencia una caseta cerrada con acceso restringido sólo para la persona encargada.
- De acuerdo a la nueva ubicación del tanque perforar un agujero para que entre la tubería de cloración.

- Para asegurar una mejor distribución del cloro en el agua es recomendable adaptar un difusor, que consiste en una tubería de PVC de media pulgada de diámetro con agujeros distribuidos uniformemente para que la solución de cloro abastezca a todo el tanque. La misma debe estar suspendida sobre el nivel del agua, y debe ser paralela al piso del tanque para que la pendiente ayude a la caída del cloro. Esta puede ser simple o en malla.

Gráfico 30: Difusor simple y difusor en malla



(Arboleda, 1992)

4.1.2.2. Proceso de Cloración

- Iniciar el proceso aproximadamente unas 2 horas antes de que se llene el tanque reservorio.
- En el tanque plástico lleno con agua, disolver la siguiente cantidad de hipoclorito de calcio de acuerdo a las especificaciones del producto.

Tabla 27: Dosificación hipoclorito para la cloración

Hipoclorito 30%	Hipoclorito 70%
386 gramos	165 gramos

- Abrir la válvula de salida y permitir que toda la solución se vacíe en el tanque reservorio. Siempre abrir la válvula al máximo ya que mientras más rápido se incorpore el cloro al agua, más efectiva será la desinfección.
- Con un poco del agua del tanque reservorio enjuagar el tanque plástico para aprovechar todo el hipoclorito utilizado. Incorporar esta agua nuevamente al reservorio.
- Una vez vaciada la solución de hipoclorito, dejar reposar por 30 minutos el tanque reservorio.
- Distribuir el agua a las distintas redes.

4.1.3. Protocolo de mantenimiento

4.1.3.1. Limpieza

Tabla 28: Actividades de limpieza

Lugar	Actividades
Canaletas de captación	• Retirar hojas
	• Cepillar para eliminar sedimentos
	• Verificar estado de las cubiertas
	• Reemplazar las cubiertas dañadas
	• Posicionar las cubiertas de tal forma que cubran completamente la canaleta
Exterior del tanque	• Retirar hojas y maleza
	• Limpiar paredes exteriores
	• Podar la vegetación circundante



Lugar	Actividades
Canaleta de desagüe	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar la maleza alrededor de la salida Limpiar entre 1 y 2 metros formando un canal para permitir la salida del agua
	<ul style="list-style-type: none"> Vaciar el agua del tanque
Interior del tanque	<ul style="list-style-type: none"> Limpiar paredes con un cepillo de cerda dura Eliminar el agua de la limpieza
	<ul style="list-style-type: none"> Limpiar la maleza del camino paralelo a la línea
Línea de conducción	<ul style="list-style-type: none"> Despejar de vegetación los alrededores de la manguera Cubrir la manguera con tierra para que quede protegida y enterrada

4.1.3.2. Desinfección

- Preparar solución de hipoclorito de calcio de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 29: Desinfección tanques de captación

Tanque	Hipoclorito 30% (kg)	Hipoclorito 70% (kg)	Agua necesaria (l)
Quinde Oriental	3,25	1,39	40
Quinde Occidental	0,7	0,3	10
Salgado	1,75	0,75	20
Reservorio	19,15	8,21	90

- Asegurarse que todos los participantes estén utilizando el equipo de protección antes de realizar las siguientes actividades.



Lugar	Actividades
Canaletas de captación	Limpiar con un trapo y un cepillo las paredes, suelo y tapas utilizando la solución
	Enjuagar
	Limpiar el tanque utilizando la solución
	Cerrar la salida de agua del tanque, cuando se encuentre casi lleno echar el resto de la solución y mezclar con la ayuda de un palo.
Quinde Oriental, Quinde Occidental y Salgado	Dejar reposar por 2 horas
	Abrir la válvula de salida y dejar que se evacue toda el agua con cloro
	Enjuagar el tanque con el agua fresca
	Lavar y cepillar con la misma solución mientras el agua reposa en los Quindes y Salgado
Los Chivos, tanque de Cloración y cámara rompe presión	Llenar los tanques con el agua clorada. Los Chivos recibirá el agua de los Quindes. El tanque de cloración y la cámara rompe presión la recibirán del tanque Salgado.
	Dejar reposar por 2 horas
	Abrir la válvula de salida y dejar que se evacue toda el agua
	Enjuagar el tanque con el agua fresca
	Enjuagar el tanque con el agua clorada
	Con un trapo y un cepillo con la solución correspondiente lavar las paredes, el piso y el techo del tanque.
Reservorio	Dejar llenar el tanque hasta la mitad
	Agregar el resto de la solución
	Dejar reposar de 10 a 12 horas
	Evacuar el agua hacia las 4 redes de distribución para desinfectarlas
	Eliminar el agua ya que su alto contenido en cloro no la hace apta para el consumo humano

4.1.4. Cronograma

- Para obtener resultados óptimos se establece el siguiente cronograma con las frecuencias requeridas por cada una de las actividades.

Tabla 30: Cronograma de actividades

Actividad	Frecuencia
Cloración	Cada vez que se llene el tanque reservorio
Limpieza de recolectores	Cada mes
Limpieza externa de los tanques y áreas circundantes	Cada mes
Limpieza interna	Cada 2 meses
Desinfección	2 veces al año

4.1.5. Recomendaciones técnicas

- Instalar válvulas a la salida de cada tanque para poder controlar el tiempo de residencia del agua.
- Implementar tapas hechas a la medida del acceso a cada tanque. Mantenerlas cerradas y aseguradas.
- Incorporar una pequeña canaleta de desagüe de cemento junto a la válvula de salida de cada tanque para evitar trabajo de limpieza constante.
- Agregar tubos de rebose para la salida de los tanques de captación, de tal manera se obtendrá menor cantidad de sedimentos presentes en el agua.
- Mantener la manguera enterrada donde sea posible durante el trayecto.

4.2. Conclusiones



- Los análisis de las muestras de agua demostraron que la hipótesis planteada era falsa, y que el agua del sistema de captación y distribución de la comunidad de Caspigasí del Carmen si es apta para el consumo humano, por lo tanto no es necesaria la implementación de ningún proceso de potabilización adicional al sistema.
- A pesar de no contar con una planta de potabilización, se puede considerar al agua cruda como agua potable ya que cumple la normativa legal establecida en la NTE INEN 1108:2011. Sin embargo para poder garantizar que la calidad del agua permanezca constante es necesario implementar adaptaciones al sistema con el afán de precautelar la salud de la población, y el uso seguro y sustentable del recurso.
- Los análisis de laboratorio determinaron que el proceso de cloración no estaba siendo eficiente ni regular. Las variaciones de la concentración del cloro libre residual son considerables y probablemente se deben a las variaciones del caudal captado. Por lo tanto se estableció un protocolo de cloración de volumen fijo. Este es más adecuado para el sistema de acuerdo a su funcionamiento actual, donde se acumula el agua en un tanque y posteriormente se distribuye.
- Durante las visitas al sistema se evidencio falta de cuidado y mantenimiento del mismo. Por lo que es necesario implementar un protocolo de mantenimiento y limpieza acorde a la realidad social de la población en estudio. Este protocolo es fácil de implementar a través de mingas comunales que son parte de las tradiciones que mantiene la población. De esta manera se logra también concientizar a los ciudadanos sobre la importancia y el valor que tienen tanto el sistema de agua, como el recurso.
- La ubicación de las fuentes dentro de la Reserva Geobotánica Pululahua es un factor importante para explicar la pureza y calidad del recurso hídrico. Además, su localización



en la parte alta de las laderas de la caldera del volcán la protegen contra la contaminación antrópica debido a que por encima del nivel de captación no existe actividad agrícola o industrial que pueda contaminar las vertientes de agua.

- Para evitar problemas sociales es vital que se analice primero la situación interna con las diferentes organizaciones y líderes comunales. De tal manera que se pueda trabajar con toda la comunidad en conjunto, evitando la exclusión de algún actor importante que se podría ver afectado. La inclusión de todas las partes facilitará el desarrollo exitoso del proyecto.

4.3. Recomendaciones

- Es importante tomar en cuenta las estaciones de lluvia y de sequía de la zona, ya que estas podrían alterar la disponibilidad de agua para la población. Sin embargo estas alteraciones no afectarán el funcionamiento del sistema y de los tratamientos ya que estos trabajan en función de un volumen y no del caudal.
- Para futuras adaptaciones y estudios es necesario realizar nuevamente el proceso de análisis. En caso de requerir compararlos con los datos del presente estudio se deben aplicar las mismas metodologías tanto de muestreo como de análisis de laboratorio.
- Para contar con una mejor organización en el manejo del agua es necesaria la formación de una Junta del Agua, que estará al mando del sistema. De esta forma se podría pensar a futuro en participar en el Consejo de Cuenca o en el Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua de acuerdo a lo establecido en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Con un mejor manejo y control del sistema que ayude a la



sustentabilidad del uso del agua se garantizaría el apoyo de las autoridades correspondientes para el continuo mejoramiento del mismo.

- Si bien el estudio determinó que el agua es de buena calidad para consumo humano esto no significa que se le pueda dar cualquier otro uso. Para determinar si es adecuada para otras actividades es necesario realizar estudios con parámetros específicos determinados por el uso propuesto y la respectiva normativa.
- Durante el proceso de investigación se tuvo acceso permanente a los equipos para análisis, sin embargo estos debieron ser compartidos con otros proyectos. Es recomendable que para una investigación más a fondo se tengan equipos especialmente destinados a la misma, y de ser posible realizar los análisis en un laboratorio acreditado para que los resultados tengan validez legal en caso de ser requerido.

REFERENCIAS

- APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vigésima ed.).
- Arboleda, V. (1992). *Teoría y práctica de la Purificación del agua*. Colombia: Acodal.
- Brooks, D. (2004). *Agua: Manejo a nivel local*. Bogotá: Alfaomega Colombiana.
- Cánepa, L., Maldonado, V., Barrenechea, A., & Aurazo, M. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- CNE. (2011). *Resultados Elección 27 de Noviembre*. Quito.
- Coral, K. (2013). *Control de la contaminación de aguas residuales*. Quito: SEK.
- Cruz, O., Torres, N., & Veloz, J. (2013). *Caspigasí del Carmen, una lucha entre la minería y la calidad de vida*. Quito: FLACSO.
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- INAMHI. (2001). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- INAMHI. (2002). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- INAMHI. (2003). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2004). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2005). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2006). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2007). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2008). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2009). *Anuario Meteorológico*. Quito.

INAMHI. (2010). *Anuario Meteorológico*. Quito.

Jurado, J. (1998). *Manual para muestreo de aguas y sedimentos*. Quito.

Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

Molina, A., Barrios, C., & Cerrón, W. (2009). *Manual de operación, mantenimiento y desinfección sanitaria del agua y saneamiento rural*. Lima: Corporación Italpe.

Muñoz, A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

OPS-COSUDE. (2007). *Guía para la selección de sistemas de desinfección*. Lima.

Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.



Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera ed., Vol. 1).

Prieto, C. (2004). *EL Agua: sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Romero, J. (2001). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero, J. (2002). *Calidad del agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

SANBASUR. (2002). *Manual de Capacitación a JASS*. Cusco: Editorial Industria Gráfica Pantigozo.

Shiva, V. (2002). *Las guerras del agua: Contaminación, privatización y negocio*. Barcelona: Icaria Editorial S.A.

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín .

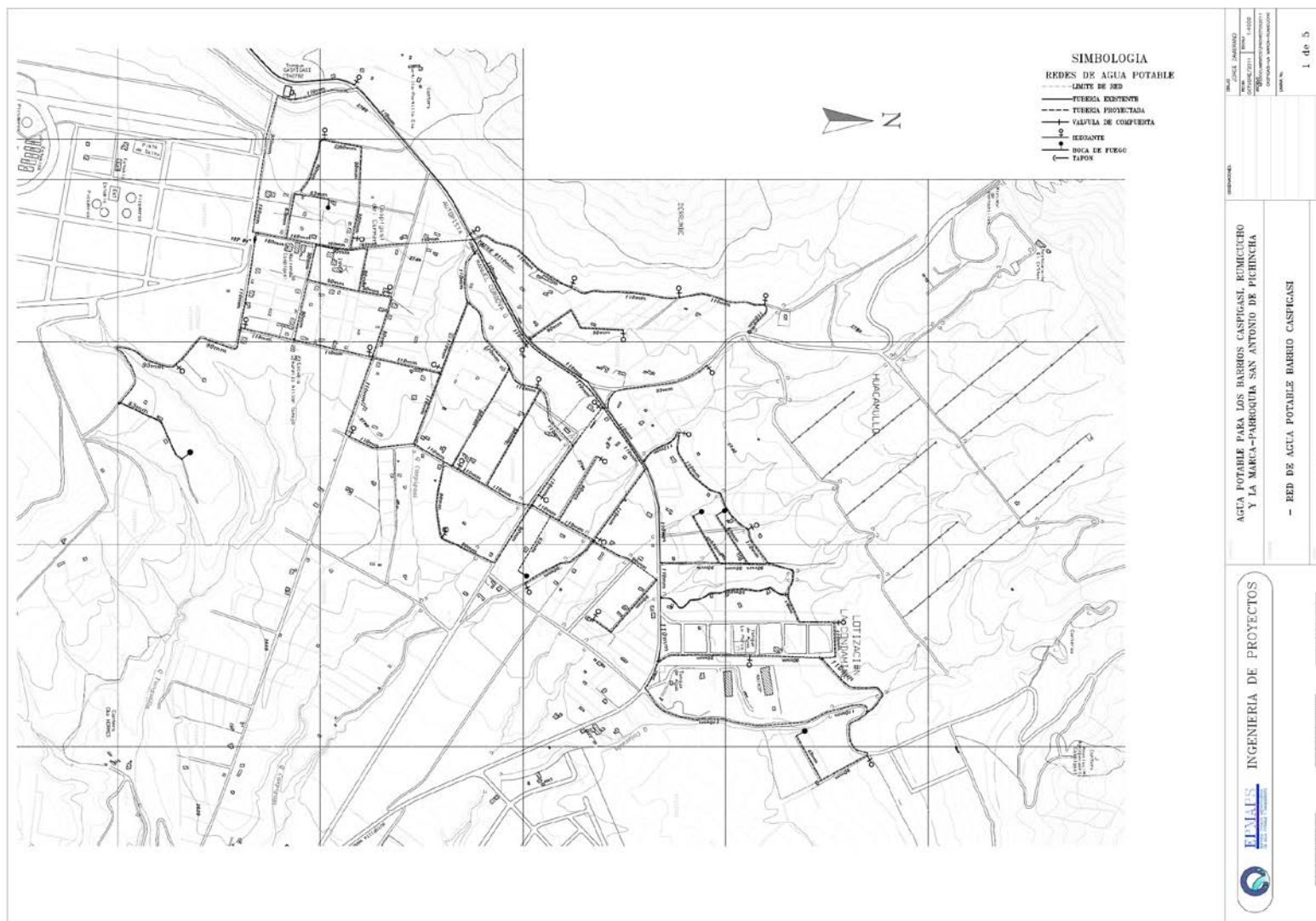
Spellman, F., & Drinan, J. (2000). *Manual del Agua Potable*. Zaragoza: Editorial ACRIBIA.



ANEXOS



Anexo A: Red de Agua Potable prevista para Caspigasí del Carmen





Anexo B: Resolución 966-84

R del E.

El Consejo Consultivo de Aguas, a la Agencia de Aguas de Quito, en el juicio por concesión del derecho de aprovechamiento de aguas, propuesto por la Organización Campesina Caspigasi; se ha dictado el siguiente ejecutorial:



966-84
CONSEJO CONSULTIVO DE AGUAS.- Quito, a 1º de febrero de 1988.-
Las 18h10.

VISTOS: Antonio Ayo y Juan Criollo, en calidades de Presidente y Tesorero de la Organización Campesina "Caspigasi - El Carmen", comparecen a la Agencia de Aguas del INERHI en Quito y manifiestan ser adjudicatarios de la Hacienda Caspigasi, ubicada en la parroquia Calacali, cantón Quito y que la mayor parte de esta zona y el centro poblado, adolecen del recurso hídrico, por lo que su anhelo es el de proveer del agua para uso doméstico, a fin de que se les permita desenvolver su existencia, por ello, de conformidad con el Art. 84 de la Ley de Aguas, manifiestan que la fuente se encuentra ubicada en el sector Moraspungo que colinda con la Hacienda San Bartolo de la parroquia Calacali, recurso éste que nadie lo utiliza, ya que el mismo se pierde en la ladera, caudal que podrá determinarlo el técnico de la Institución y que el recurso hídrico lo conducirán hasta el centro poblado de Caspigasi, mediante tubería. El Jefe de Agencia da a la petición presentada el trámite previsto en la Ley de Aguas y su Reglamento. A fs. 3 de los autos comparece Artemio Leiva, con su escrito de oposición y manifiesta que mantiene en posesión por el lapso de veinte años, un lote de terreno de 14 hectáreas, en el punto denominado "Las Monjas", parroquia Calacali, bien raíz que tiene íntegramente potreros, donde mantiene sus animales y que en el punto denominado Monjas existe una vertiente de agua sin nombre, la que atraviesa por su propiedad, que la utiliza dado su pequeño caudal únicamente en abrevadero y que posteriormente corren por la Hacienda San Francisco y San Bartolo, donde es ocupado el recurso por los herederos de la propiedad, en abrevadero y que al conceder el agua sería dejarles sin el recurso, por lo que se oponen a la petición presentada e indican que oportunamente planteará su solicitud de aprovechamiento de aguas.- A fs. 4 comparece el Ing. Arturo Ponce Salazar, en su calidad de Director Forestal Encargado del Ministerio de Agricultura y Ganadería e indica que el sitio en donde pretenden obtener el agua, se encuentra en áreas pertenecientes a la Reserva Geobotánica Pululahua, establecida mediante Decreto Supremo N° 2259 y Administrado por el Programa Nacional Forestal, por lo que toda actividad que se pretenda realizar dentro de la mencionada reserva,



deberá ceñirse estrictamente a las normas técnicas y legales estipuladas en la mencionada Ley.- Tramitada la causa conforme a Ley, el Jefe de Agencia dicta su resolución en el siguiente sentido:

" ... se desecha las oposiciones por falta de prueba especialmente la última por ser actuada fuera de término, y se dispone: 1.- Acoger la solicitud planteada por Antonio Ayo y Juan Criollo, Presidente y Tesorero respectivamente de la Organización Campesina Caspigasi El Carmen, y conceder en favor de la misma el derecho de aprovechamiento de las aguas provenientes de las tres vertientes ubicadas en el sitio Moraspungo, flanco Occidental del cráter del cerro Pululahua, en todo su caudal considerado en 0.35 lts/seg. para destinarlos a servicio doméstico del Centro Poblado de Caspigasi, ubicado en la jurisdicción de la Parroquia Calacalí, Cantón Quito, con excepción de 0.01 lts/seg. de las aguas de la vertiente El Quinde, que es la primera de las tres vertientes siguiendo el orden en que fueron observadas durante la inspección judicial, que se le concede a Artemio Leiva, a fin de que pueda utilizarlas para abrevadero de su ganado. 2.- La presente concesión por tratarse de servicio doméstico y abrevadero, se la hace por tiempo indefinido y con exoneración de pago de derecho alguno, ya que así lo establece la propia Ley de Aguas ...". De esta resolución, dentro de término, comparecen Francisco Santillán, Alberto Barrionuevo y José Manuel Tituaña, en calidades de Presidente, Secretario y Tesorero, de la Junta Administradora de Agua Potable de Pululahua, por una parte; y, por otra Eloisa Sotaninga de Espín y Abdón Chipantagsi, Presidente y Secretario de la Asociación de Trabajadores Agrícolas de Pululahua, de la parroquia Calacalí e interponen recurso de apelación por cuanto la sentencia no guarda conformidad con la Ley ni con los méritos procesales, conjuntamente con el de nulidad por incumplimiento de las solemnidades previstas en los artículos 84 literal c) de la Ley de Aguas y 374, numeral 4to. del Código de Procedimiento Civil, al no haber determinado en la demanda a las Organizaciones a las que representan por ser usuarios de las aguas, por lo que no se los ha citado con la demanda, y no han podido defender sus derechos. El



INSTITUTO ECUATORIANO DE RECURSOS HIDRAULICOS

Calle Juan Larrea 543
Teléfono: 545 566-545 621
Cable: INERHI
Quito - Ecuador

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y GANADERIA

INERHI



. 2 .



Consejo Consultivo de Aguas, encontrándose la causa en estado de resolver para ello considera: PRIMERO: Este Tribunal es competente para conocer y resolver el recurso de apelación interpuesto, de conformidad a lo previsto en los Arts. 81 de la Ley de Aguas y 6 de su Reglamento. SEGUNDO: El proceso se ha tramitado en primera y segunda instancias de conformidad con la Ley, sin la omisión de solemnidades sustanciales que incidan en su resolución por lo que se declara su validez y consecuentemente no existe nulidad que declarar. TERCERO: Sólo mediante concesión del derecho de aprovechamiento pueden utilizarse las aguas, de conformidad a lo dispuesto por la Ley de Aguas. CUARTO: Del Informe Técnico presentado por el Perito Ingeniero Fernando Villavicencio P. y constante en el expediente de segunda instancia se establece la existencia del recurso hídrico y la necesidad del mismo para los fines solicitados, razón por la que se lo acoge en lo pertinente y pasa a formar parte de esta resolución; se establece además, que la población de Pululahua necesita para cubrir sus necesidades, a través del sistema de agua potable instalado y para abrevadero el caudal de 0,995 lts/seg., existiendo a nivel de la bocanoma del mismo, en la quebrada Oriental por donde discurren las aguas de la vertiente "Quinde Oriental" del sector Moraspungo, el caudal de 1.3 lts/seg., que no es utilizado aguas abajo, por tanto, parte de este caudal excedente podría ser aprovechado por la Comunidad de Caspigasí - El Carmen, el mismo que no afecta de ningún modo a los requerimientos de la población de Pululahua. Por estas consideraciones, ADMINISTRANDO JUSTICIA EN NOMBRE DE LA REPUBLICA Y POR AUTORIDAD DE LA LEY, se revoca la resolución del inferior en todas sus partes, aceptándose la solicitud presentada se dispone: 1.- Conceder a Antonio Ayo y Juan Criollo, Presidente y Tesorero, respectivamente, de la Organización Campesina Caspigasí - El Carmen, el derecho de aprovechamiento de las aguas de la vertiente denominada "Quinde Oriental" y Quinde Occidental" en un caudal sumado de 0.23 l/s., para que sea destinado exclusivamente al uso doméstico de los pobladores de la Comuna, representa-



dos por los citados señores. 2.- Los beneficiarios de la presente concesión, no pagarán tarifa alguna al INERHI por así disponerlo la Ley y se la efectúa por plazo indeterminado. 3.- Para el aprovechamiento de las aguas de esta concesión se harán las siguientes obras: captaciones con cerramiento, compuertas, tanques recolectores y válvulas. Las obras de captación y partición de la vertiente "Quinde Occidental" y "Quinde Oriental", se diseñarán y construirán con el aporte de la Organización Campesina Caspigasi - El Carmen. La conducción se hará en tubería de diámetro apropiado y, de acuerdo con las exigencias del caudal y de la topografía del terreno; su costo será también cubierto íntegramente por la referida Organización. De acuerdo con la calidad del agua, los miembros de la Organización Campesina de Caspigasi-El Carmen, debidamente asesorados por el IEOS, realizarán la clorinación que fuera necesaria. 4.- Se autoriza la servidumbre de una faja de terreno de 1 metro de ancho y de 2.5 kilómetros, que atravesará la zona de reserva Geobotánica del Pululahua y, más o menos 1 kilómetro de terreno de los mismos beneficiarios en un ancho de 1 metro, en cuyo lugar se enterrará la tubería a no menos de 0.5 metros de profundidad. Además, en sitio apropiado, debidamente seleccionado, los señores de Caspigasi - El Carmen, construirán un tanque de reserva de 19 m³. de capacidad, dotado de válvulas de control, aireación, tapas, etc., a fin de almacenar el agua y preservar su calidad. 5.- Se dispone que el caudal que corra por la Quebrada Oriental del sector Moraspungo, a nivel inferior de la vertiente "Quinde Oriental", así como que los excedentes de esta concesión constituirán reservas del Estado para potenciales usuarios. 6.- Que dentro de la red de distribución se considere forzosamente la instalación de grifos públicos, baños públicos, servicio de lavandería; y, siempre que se adquieran medidores volumétricos, se permitirán tomas mediante acometidas en favor de casas particulares. 7.- Que se conforme, para la administración de este pequeño sistema, una Junta Administradora de Agua Potable, de acuerdo con el Decreto 3227 del 29 de marzo de 1979. 8.- El caudal de agua sobrante, se reserva el INERHI para potenciales usuarios. 9.- Inscribese la presente resolución en los



INSTITUTO ECUATORIANO DE RECURSOS HIDRAULICOS

Calle Juan Larrea 543
Teléfono: 545 566-545 621
Cable: INERHI
Quito - Ecuador

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y GANADERIA



libros que para el efecto se llevan en el INERHI. 10.- Bajen los
autos al inferior para su cumplimiento.- NOTIFIQUESE. ... (f) In -
geniero Oswaldo del Pozo Zabaleta, Presidente del Consejo Consulti-
vo de Aguas; Doctor Andrés Gangotena Guarderas e Ingeniero Rafael
Armijos Carrasco, Miembros del H. Tribunal.
Particular que pongo en su conocimiento para los fines de Ley.

Quito, a 23 de Marzo de 1.988

EL SECRETARIO RELATOR.



RAZON:- Siento por tal que el Ejecutorial que antecede, se encuentra
ejecutoriado por el Ministerio de la Ley, e inscrito con el No. 1735,
a fs. 136 Vta., TOMO III, del correspondiente Libro de Resoluciones y
Sentencias de la Agencia de Quito, del INERHI.-Quito, a 12 de Abril
de 1988.-CERTIFICO.-

EL SECRETARIO.

RAZON:- Siento por tal que entregó fotocopia certificada del Eje-
cutorial que antecede, al señor Antonio Oyo, Presidente de la Or-
ganización Campesina Caspigasi-El Carmena.-CERTIFICO.-Quito, a 12 de
Abril de 1988.-

EL SECRETARIO.



Anexo C: Acreditación Laboratorio

ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
ECUATORIANO - OAE



ALCANCE DE ACREDITACIÓN

**Laboratorio OSP, Oferta de Servicios y
Productos, Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Central del Ecuador**

*Ciudadela Universitaria, Francisco Viteri s/n y Gato Sobral.
Quito – Ecuador. E-mail: facquim@andinanet.net*

**Sector
Ensayos**

Certificado de Acreditación N°: OAE LE 1C 04-002
Actualización N°: 09
Vigencia a partir de: 2013-12-23
Responsable(s) Técnico(s): Dra. Jenny Murillo
Fecha de Acreditación Inicial: 2004-07-22

Está acreditado por el **Organismo de Acreditación Ecuatoriano** en conformidad con los criterios establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 y los Criterios Generales de Acreditación del OAE, OAE CR GA01 en su edición vigente, para las siguientes actividades:

Aguas naturales Aguas residuales	Metales, Espectrofotometría de absorción atómica, generación de hidruros, Arsénico (As), 0,20 – 500 ug/l	MAM-49 Métodos de referencia: Standard Methods Ed.21 2005 3114-B
	Plomo (Pb), 0,09 – 10 mg/l	MAM-25 Método de referencia Standard Methods, Ed. 21. 2005 3111-B



Anexo D: Carta de intención

ASOCIACIÓN AGROPECUARIA DE CASPIGASÍ DEL CARMEN

Caspigasi - Calacalí

Caspigasi del Carmen, febrero 11 del 2014

Ingeniera

Katty Coral,

DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Presente.-

Conocemos de las iniciativas de vinculación con la comunidad que viene desarrollando la Facultad de Ciencias Ambientales bajo su acertada conducción; por ello, en representación de la organización que represento, la misma que cuenta con derechos de agua adjudicados por el Estado para uso de consumo de la comunidad de Caspigasi, parroquia Calacalí, me permito solicitar a Usted la cooperación en el análisis de la calidad de agua y, en la formulación de alternativas para garantizar un consumo saludable de agua a través del diseño de un sistema de potabilización.

Por la atención que se sirva brindar a la presente, le anticipo a Usted mis agradecimientos.

Atentamente,

Segundo Agustín Ibáñez,

PRESIDENTE



Anexo E: Análisis de Arsénico



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34324
ORDEN DE TRABAJO No 44451

SOLICITADO POR: SALAS DAVID
DIRECCIÓN: NORUEGA E1088 Y AV. 6 DE DICIEMBRE
FECHA DE RECEPCIÓN: 09/04/14
HORA DE RECEPCIÓN: 14H15
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN CASPIGASÍ
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 09/04 AL 17/04/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 14/04/17
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE
ESTADO: LÍQUIDO
CONTENIDO: 500ml
MUESTREO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO
DOO	mgO ₂ /l	<8	MAM-23 / COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
ARSENICO	mg/l	<0.0002	MAM-49/APHA 3114 B MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS

Nº OAE LE 10 04-002

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



[Firma]

Bloq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES

1 1/1

RAM-4.1-04



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Teléfax: 3216-740 - Web: www.focquimuc.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com





Anexo F: Análisis de Plomo



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34754
ORDEN DE TRABAJO No 45040

SOLICITADO POR: SALAS DAVID
DIRECCIÓN: NORUEGA E1088 Y AV.6 DE DICIEMBRE
FECHA DE RECEPCIÓN: 26/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 10H05
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA POTABLE
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 26/05 AL 05/06/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 06/06/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TRANSPARENTE
ESTADO: LÍQUIDO
CONTENIDO: 500ml
MUESTREO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregada al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS	MÉTODO
PLOMO	mg/l	<0.009	0.01	MAM-72/APHA 3113 B MODIFICADO



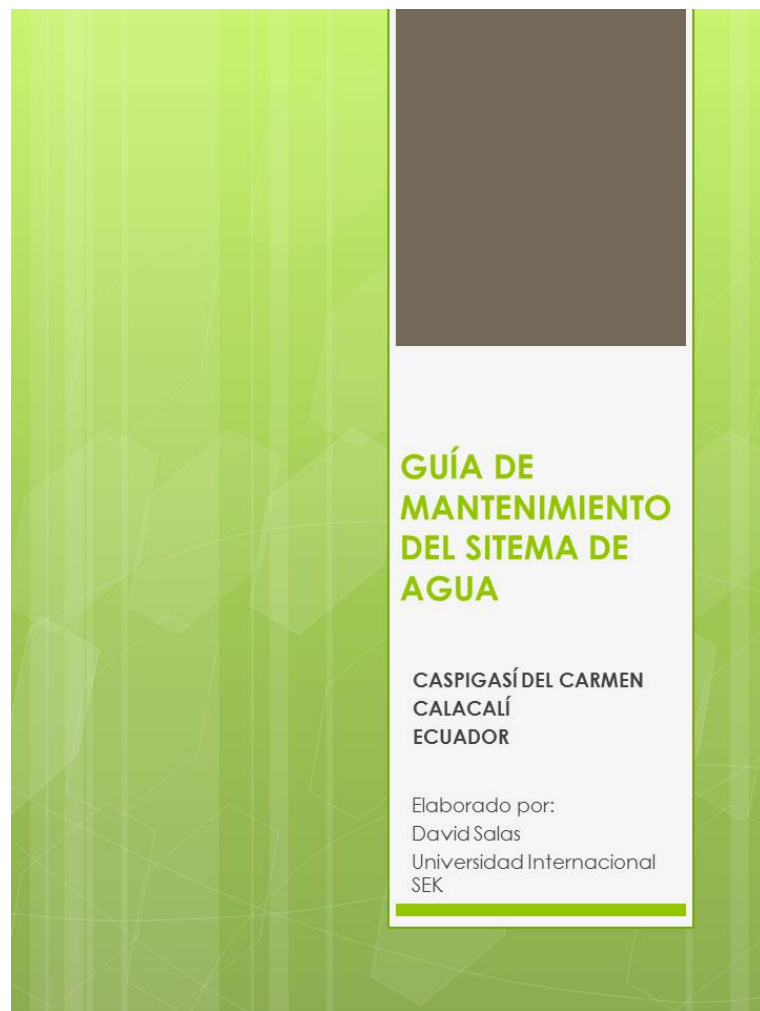
B.F. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRE





Anexo G: Guía rápida de mantenimiento





OBJETIVO

- El sistema de captación y distribución de agua le ha sido útil a la comunidad desde 1988. Esta guía nos ayudará a conservar el sistema para que pueda ser de utilidad por mucho tiempo más.



MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Con el fin de cuidar la salud de los participantes es necesaria la utilización de:
 - Gafas
 - Mascarilla
 - Guantes
 - Mandil plástico
 - Botas de caucho



MATERIALES NECESARIOS

- Además del equipo de protección personal se requieren los siguientes materiales:
 - Baldes
 - Cepillo de cerda dura
 - Pala
 - Balanza

Importancia del mantenimiento

- El mantenimiento se da en dos etapas. La primera es la limpieza, que nos ayuda a eliminar las partículas contaminantes grandes. La segunda es la desinfección, que nos ayuda a eliminar microorganismos que pueden causar enfermedades.
- Es importante primero limpiar y después desinfectar.



Limpieza

Lugar	Actividades
Canaletas de captación	• Retirar hojas
	• Cepillar para eliminar sedimentos
	• Verificar estado de las cubiertas
	• Reemplazar las cubiertas dañadas
	• Posicionar las cubiertas de tal forma que cubran completamente la canaleta
Exterior del tanque	• Retirar hojas y maleza
	• Limpiar paredes exteriores
	• Podar la vegetación circundante
Canaleta de desagüe	• Eliminar la maleza alrededor de la salida
	• Limpiar entre 1 y 2 metros formando un canal para permitir la salida del agua
Interior del tanque	• Vaciar el agua del tanque
	• Limpiar paredes con un cepillo de cerda dura
	• Eliminar el agua de la limpieza
Línea de conducción	• Limpiar la maleza del camino paralelo a la línea
	• Despejar de vegetación los alrededores de la manguera
	• Cubrir la manguera con tierra para que quede protegida y enterrada

Desinfección

- Preparar la solución de hipoclorito de calcio de acuerdo a la siguiente tabla:

Tanque	Hipoclorito 30% (kg)	Hipoclorito 70% (kg)	Agua necesaria (l)
Quinde Oriental	3,25	1,39	40
Quinde Occidental	0,7	0,3	10
Salgado	1,75	0,75	20
Reservorio	19,15	8,21	90



Desinfección

Lugar	Actividades
Canaletas de captación	Limpiar con un trapo y un cepillo las paredes, suelo y tapas utilizando la solución
	Enjuagar
Quinde Oriental, Quinde Occidental y Salgado	Limpiar el tanque utilizando la solución
	Cerrar la salida de agua del tanque, cuando se encuentre casi lleno echar el resto de la solución y mezclar con la ayuda de un palo.
	Dejar reposar por 2 horas
	Abrir la válvula de salida y dejar que se evacue toda el agua con cloro
Los Chivos, tanque de Cloración y cámara rompe presión	Enjuagar el tanque con el agua fresca
	Lavar y cepillar con la misma solución mientras el agua reposa en los Quindes y Salgado
	Llenar los tanques con el agua clorada. Los Chivos recibirá el agua de los Quindes. El tanque de cloración y la cámara rompe presión la recibirán del tanque Salgado.
	Dejar reposar por 2 horas
	Abrir la válvula de salida y dejar que se evacue toda el agua
	Enjuagar el tanque con el agua fresca
Reservorio	Enjuagar el tanque con el agua clorada
	Con un trapo y un cepillo con la solución correspondiente lavar las paredes, el piso y el techo del tanque.
	Dejar llenar el tanque hasta la mitad
	Agregar el resto de la solución
	Dejar reposar de 10 a 12 horas
	Evacuar el agua hacia las 4 redes de distribución para desinfectarlas
	Eliminar el agua ya que su alto contenido en cloro no la hace apta para el consumo humano

CRONOGRAMA

Actividad	Frecuencia
Cloración	Cada vez que se llene el tanque reservorio
Limpieza de recolectores	Cada mes
Limpieza externa de los tanques y áreas circundantes	Cada mes
Limpieza interna de los tanques	Cada 2 meses
Desinfección	2 veces al año



Anexo H: Registro fotográfico

Muestreo y análisis in situ



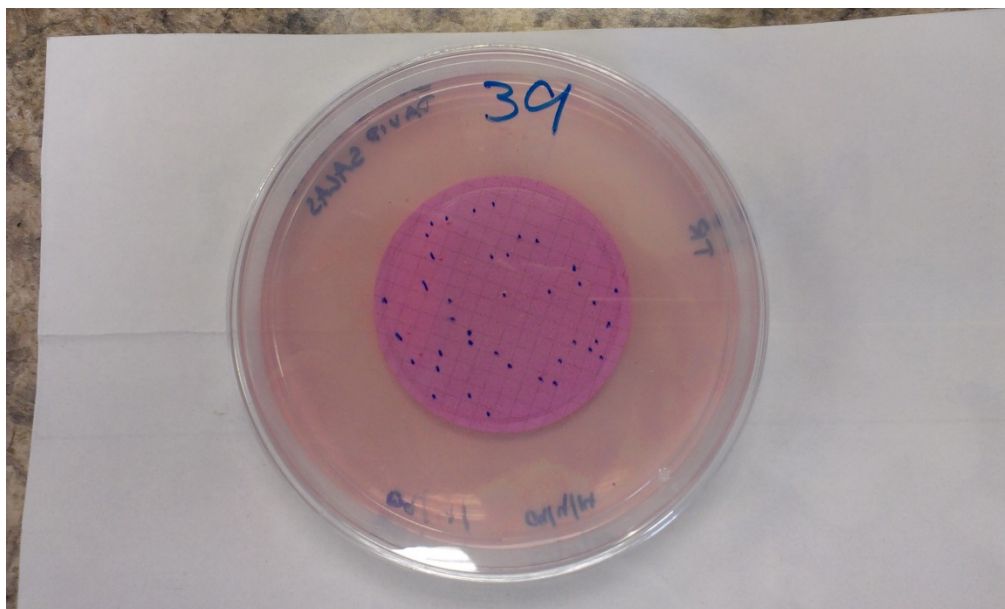


Reserva Geobotánica Pululahua





Análisis microbiológico





Análisis fisicoquímico

