

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y

RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

TESIS DE GRADO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013”.

Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros en

Medio Ambiente

Postulantes: Barahona Jami Segundo Ignacio
Quezada Cantuña Ana Lucía

Director: Ing. MSc. Oscar Rene Daza Guerra

Latacunga – Ecuador

Mayo 2014

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **BARAHONA JAMI SEGUNDO IGNACIO** y **QUEZADA CANTUÑA ANA LUCIA**; declaramos bajo juramento que el trabajo escrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a lo desarrollado en este trabajo, a la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Postulantes:

Barahona Jami Segundo Ignacio

C.I. 050201896-3

Quezada Cantuña Ana Lucia

C.I. 050334619-9

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, **Ing. MSc. Oscar René Daza Guerra** Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y Director de la Presente Tesis de Grado: "**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013**", de autoría de los **tesistas** Segundo Ignacio Barahona Jami y Ana Lucia Quezada Cantuña, de la especialidad de Ingeniería en Medio Ambiente.

CERTIFICO: que el documento en mención ha sido revisado y corregido en su totalidad. Por tanto autorizo la presentación del mismo, ya que está de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Ing. MSc. Oscar Rene Daza

DIRECTOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

En calidad de miembros del tribunal para el acto de Defensa de Tesis de los Señores postulantes: **Barahona Jami Segundo Ignacio y Quezada Cantuña Ana Lucia** con el Tema " **DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013**", se emitieron algunas sugerencias, mismas que han sido ejecutadas a entera satisfacción, por lo que autorizamos continuar con el trámite correspondiente.

.....

Ing. Patricio Clavijo MSC.

Presidente del tribunal

.....

Ing. Alicia Porras

Miembro del Tribunal

.....

Ing. Ivonne Endara

Opositor del Tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Marcia Janeth Chiluita con C.I. 050221430-7 CERTIFICO: que he realizado la respectiva revisión del Abstract, con el tema: "**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013**", cuyos autores son: Segundo Ignacio Barahona Jami y Ana Lucía Quezada Cantuña y director de tesis Ing. MSc. Oscar René Daza Guerra

Docente:

.....
Lic. Marcia Janeth Chiluita

C.I. 050221430-7

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los docentes que han sabido compartir su conocimiento para una eficiente formación profesional y de manera especial al Ing. Oscar Daza, por la acertada dirección en el proceso de este trabajo de investigación.

A Dios principalmente porque es quien en los momentos más difíciles de nuestra vida nos brindó fuerzas, sabiduría, paciencia, salud y bendiciones para seguir adelante.

Barahona Jami Segundo Ignacio

Quezada Cantuña Ana Lucia

DEDICATORIA

**A mi esposa y mis dos hijos Nacho
y Eimy que me brindan una
sonrisa y apoyo en mis momentos
difíciles.**

Ignacio

**A mis padres y familiares, porque
sin su apoyo no hubiera podido
llegar a esta etapa tan importante
y realizarme profesionalmente.**

Ana Lucia

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
INDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	xviii
II. PROBLEMATIZACIÓN.....	xix
III. JUSTIFICACIÓN.....	xxi
IV. OBJETIVOS	xxiii
OBJETIVO GENERAL	xxiii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xxiii
CAPITULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Generalidades de la calidad del agua	3
1.2.1 El agua.....	3
1.2.2 Calidad del agua.....	4
1.2.3 Agua potable.....	6
1.2.4 Índices de calidad del agua.....	6
1.2.5 Parámetros físico, químicos.....	7
1.2.6 Parámetros físicos	9
1.2.7 Parámetros químicos	15
1.2.8 Parámetros bacteriológicos.....	26

1.2.9	Enfermedades hídricas.	32
1.3	Muestreo, manejo y conservación de muestras	34
1.3.1	El uso de recipientes apropiados	35
1.3.2	Preparación de recipientes	36
1.3.3	Llenado del recipiente	37
1.3.4	Refrigeración y congelación de las muestras.....	38
1.3.5	Filtración y centrifugación de muestras	39
1.3.6	Identificación de las muestras.....	39
1.3.7	Transporte de las muestras	40
1.3.8	Recepción de las muestras en el laboratorio	40
1.4	Normativa legal	42
CAPITULO II.....		46
2.	APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..	46
2.1	Descripción del área de estudio y metodología aplicada	46
2.1.1	Ubicación geográfica del Barrio Cuatro Esquinas, parroquia Eloy Alfaro 46	
2.1.2	Planta de tratamiento Loma de Alcocerces	54
2.1.3	Red de distribución del agua.....	57
2.2	Diseño metodológico	58
2.2.1	Metodología.....	59
2.2.2	Unidad de estudio.....	59
2.2.3	Métodos y técnicas.....	60
2.2.3.2	Técnicas.....	61
2.3	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.....	63
2.4	Resultados del análisis del laboratorio.....	64
2.5	Análisis e interpretación de resultados.....	68
2.5.1	Comparación de parámetros físicos de los puntos de medición	68
2.5.2	Comparación de parámetros químicos de los puntos de medición	70
2.5.3	Comparación de parámetros biológicos de los puntos de medición.....	71
2.5.4	Índice de Langelier.....	72
3.	PROPUESTA DE TRAMIENTOS PARA DISMINUIR LOS INDICES DE CORROSIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA	74
3.1	Problemática.....	74

3.1.1	Ressequedad de la piel de los habitantes.....	75
3.1.2	Deterioro en utensilios de cocina	75
3.1.3	Deterioro de la instalaciones de distribución del agua	76
3.1.4	Reclamos de consumidores.....	78
3.2	Propuestas para controlar la corrosión en el Barrio Cuatro Esquinas	78
3.2.1	Propuesta 1: Filtración de partículas en suspensión.....	79
3.2.2	Propuesta 2: Descalcificación del agua por intercambio iónico	83
3.2.3	Dosificación de inhibidores de incrustaciones	85
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
4.1	Conclusiones	90
4.2	Recomendaciones	92
	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	93
	ANEXOS Y GRÁFICOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. INTERPRETACIÓN DE LA DUREZA.....	17
Tabla 2. VALORES DE DUREZA TEMPORAL	19
Tabla 3. ENFERMEDADES HÍDRICAS	33
Tabla 4. TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE MUESTRAS - ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	41
Tabla 5. PARÁMETROS PERMISIBLES DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO NORMATIVA INEN	43
Tabla 6. LISTADO DE ESPECIES VEGETALES ENCONTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	50
Tabla 7. LISTADO DE ESPECIES DE FAUNA ENCONTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	51
Tabla 8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	64
Tabla 9. RESULTADOS PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES	65
Tabla 10. RESULTADOS GRIFO DOMICILIO BARRIO CUATRO ESQUINAS.....	66
Tabla 11. TABLA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	67
Tabla 12. CUADRO COMPARATIVO DE PARÁMETROS FÍSICOS.....	68
Tabla 13. CUADRO COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	70
Tabla 14. CUADRO COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS	71
Tabla 15. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LANGELIER.....	72
Tabla 16. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ESTRUCTURA DE UNA MOLÉCULA DE AGUA	4
Figura 2. BARRIO CUATRO ESQUINAS.....	47
Figura 3. VÍAS DE ACCESO AL BARRIO CUATRO ESQUINAS.....	52
Figura 4. VIVIENDAS DEL SECTOR.....	53
Figura 5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA LOMA DE ALCOCERES	54
Figura 6. FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES	55
Figura 7. CAPTACIÓN NATURAL EN ILLUCHI 1	55
Figura 8. TANQUE DE CONDUCCIÓN A LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1	56
Figura 9. PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES.	57
Figura 10. EVIDENCIA DE LA RESEQUEDAD DE LA PIEL A CAUSA DEL AGUA CORROSIVA.....	75
Figura 11. CORROSIÓN EN LOS UTENSILIOS DE COCINA DEL DOMICILIO DEL SR. CARLOS HERRERA.....	76
Figura 12. CORROSIÓN POR AIREACIÓN DIFERENCIAL	80
Figura 13. ESQUEMA DEL NUDO DE REGULACIÓN, CONTROL Y MEDIDA DEL SERVICIO DE AGUA A UN PREDIO	81
Figura 14. FILTRO PARA TUBERÍAS DOMICILIARIO TIPO RATIO FR 5315	82
Figura 15. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UN DESCALSIFICADOR DE AGUA..	84
Figura 16. MODELOS DE DESCALIFICADORES.....	85
Figura 17. DOSIFICADORES DOMICILIARIOS	86
Figura 18. ESTACIONES DOSIFICADORAS	87
Figura 19. PRODUCTOS QUÍMICOS DE TRATAMIENTO	88

TESIS DE GRADO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2013”.

Postulantes: BARAHONA JAMI SEGUNDO IGNACIO
QUEZADA CANTUÑA ANA LUCIA

Director: ING. MSc. OSCAR RENE DAZA GUERRA

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo 2013, donde a través de las mediciones realizadas en el tanque de llegada, tanques sedimentadores y red de distribución de la planta municipal de tratamiento de agua “Loma de Alcocerres” y en el domicilio del barrio Cuatro Esquinas de propiedad del Sr. Carlos Herrera. Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de la PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES y en el LABORATORIO CASA DEL QUÍMICO 2, donde los sólidos totales disueltos del agua analizada corresponden a 63mg/l, el color es de 15 Upt co y la turbiedad tiene un valor de 5NTU, valores promedios registrados en los cuatro puntos de

medición. Los parámetros físicos del agua no sobrepasan el límite máximo permisible para agua de consumo humano manteniéndose en niveles aceptables dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006. La dureza registrada en el Barrio Cuatro Esquinas es de 20mg/l CaCO_3 , (2°f) por tan razón influye en que el agua sea corrosiva y por tanto la población se ve afectada por la resequedad de la piel, corrosión en utensilios de cocina, y deterioro de los sistemas de distribución domiciliaria de agua. El PH del agua es 7.2 y la alcalinidad es de 36mg/l, estos parámetros químicos no presentan graves alteraciones y están dentro de los límites permisibles de la normativa INEN. En el estudio de los parámetros biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es 0 mg/l en los cuatro puntos de medición y también la Demanda Biológica de Oxígeno es 0 mg/l lo que demuestra que no existe presencia de coliformes fecales y coliformes totales. Después del análisis y evaluación de los parámetros de calidad del agua de consumo humano y comparación con la normativa vigente se determina que la mayor afectación del agua del barrio Cuatro Esquinas es la corrosión. Existen varios mecanismo para combatir este problema una de ellas es la protección de las tuberías contra la formación de las incrustaciones que se puede lograr proporcionando una película aislante sobre las paredes de la tubería, otra manera es basándose en el valor del Índice de Langelier y ajustando los valores de pH y de alcalinidad del agua en el sistema de tratamiento, obteniéndose así el valor de dicho índice correspondiente a un agua ligeramente incrustante. Se propone tres mecanismos para evitar la corrosión en los sistema de distribución internos de agua en los domicilios, por tanto se recomienda a los moradores del

barrio Cuatro Esquinas implementar alguna de las propuestas especificadas en este documento como son la colocación de sistemas de filtración de partículas en suspensión, descalcificación del agua por intercambio iónico o dosificación de inhibidores de incrustaciones, cumpliendo con las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en lo referente a instalaciones domiciliaria, para así evitar la corrosión.

Ing. MSc. Oscar Rene Daza

DIRECTOR

ABSTRACT

"DETERMINATION OF PARAMETERS PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL OF HUMAN CONSUMPTION WATER, ON THE NEIGHBORHOOD CUATRO ESQUINAS, ELOY ALFARO PARISH, LATACUNGA CITY, COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2013."

AUTHORS BARAHONA JAMI SEGUNDO IGNACIO
QUEZADA CANTUÑA ANA LUCIA

DIRECTOR: ING. MSc. OSCAR RENE DAZA GUERRA

This study consisted of an analysis of the physical, chemical and biological parameters of water for human consumption on the neighborhood Cuatro Esquinas, Eloy Alfaro parish, Latacunga city, Cotopaxi province, period 2013. There were four points of measurements, one is the tank of arrival water, settling tanks and distribution network of the municipal water treatment plant " Loma de Alcoceres " and at other point was the house of Mr. Carlos Herrera. The results concluded: the total dissolved solids (63mg / l), color (15 Upt co) and turbidity (5NTU) recorded in the four measurement points do not exceed the maximum permissible limit for drinking water remained at acceptable levels with Environmental Legislation Ecuadorian and according to the Ecuadorian NTE INEN 1 108:2006 Standard. The hardness is 20 mg / l CaCO₃, for that reason the water is corrosive, sometimes the water affected the skin, cookware corrosion, and deterioration of domestic distribution system water. The pH (7.2) and alkalinity (36mg / l) don't have serious alterations In the study of biological parameters the chemical oxygen demand (COD) is 0 mg / l, and the Biological

Oxygen Demand is 0 mg /l, for that reason there isn't any fecal and total coliform . Therefore, the most affected is the corrosion of the water as it causes deterioration in distribution systems producing perforations and blockages in pipes, pipe protection against the formation of scale can be achieved by providing a slightly water- fouling character how to create an insulating film on the walls. Based on the value of the Langelier index and adjusting the pH and alkalinity of the water in the system can ensure the protection of the network, thereby obtaining the value corresponding to said water slightly fouling index.

Ing. MSc. Oscar Daza

DIRECTOR

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo 2013, donde a través de las mediciones realizadas se emiten las conclusiones y se establece la calidad del agua de consumo humano.

En el presente proyecto de investigación se presenta en los siguientes capítulos, el Capítulo I recoge la fundamentación teórica en relación al recurso agua, su distribución y tratamiento, toma, manejo y conservación de muestras, rangos de medición, aspectos legales y normas técnicas, descripción de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de consumo humano.

El Capítulo II contiene la aplicación metodológica y principios de investigación que permiten describir la línea base del área de estudio y de la planta de tratamiento de agua Loma de Alcoceres a través de la descripción de los puntos de muestreo, toma de muestras de agua, análisis y comparación de los resultados del laboratorio con la Normativa INEN.

En el Capítulo III se desarrolla una evaluación de los efectos del agua corrosiva en las familias del Barrio Cuatro Esquinas y se plantea 3 propuestas para controlar la corrosión, finalmente se emiten las conclusiones y recomendaciones.

II. PROBLEMATIZACIÓN

Desde la existencia del ser humano el agua ha sido, es y será considerado el “líquido vital” utilizado para calmar la sed, en el aseo corporal, en la preparación de los alimentos, en la generación de la energía eléctrica, en la agricultura por medio del riego. De ahí, nace la necesidad de planificar, ejecutar y dotar sistemas de agua potable apta para el consumo de la población.

A nivel mundial cada año mueren más personas a consecuencia del agua contaminada que por todas las formas de violencia que existe en el mundo, según la ONU-Agua es evidente que la calidad de vida depende directamente de la calidad de agua.

La calidad de agua es tan importante como la cantidad, una mala calidad de agua generada por la contaminación y por la falta de saneamiento adecuado impacta negativamente al medio ambiente y a la salud de las personas. La calidad de agua del mundo está cada vez más amenazada con el aumento de la población, la expansión de las actividades industriales y agrícolas, mientras que el cambio climático amenaza con alterar el ciclo hidrológico global.

Según Instituto Nacional de Estadística y Censos, en Ecuador todavía existe un alto porcentaje de la población que no tiene una fuente segura y confiable de agua para consumo humano. Con una población de 14 millones de habitantes, solo el 67% tiene acceso al agua para el consumo humano, predominantemente en áreas urbanas.

En la provincia de Cotopaxi el sistema de agua potable cuenta con algunas deficiencias tanto en la disponibilidad del servicio como en la calidad del mismo, pues muchas de las obras ejecutadas para el abastecimiento de agua “potable”, no tuvieron estudios ni diseños que estén de acuerdo con la realidad del sector, además de no contar con un adecuado tratamiento para uso doméstico.

En el cantón Latacunga a partir del año 2010 se instaló la Planta de Tratamiento Loma de Alcocerces que en la actualidad abastece a 25 barrios del cantón.

En el Barrio Esquinas el suministro de agua potable es otorgado por la red Pública de agua potable y controlado por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental de la ciudad de Latacunga, actualmente no existe un estudio de la calidad de agua y no se ha determinado los parámetros físicos, químicos y biológicos.

En el barrio Cuatro Esquinas habitan 200 familias que utilizan el agua para satisfacer sus necesidades, pero al no conocer el estado de la calidad de agua y el nivel de cumplimiento de los parámetros físicos químicos y biológicos mantiene una incertidumbre en el desarrollo de sus actividades ya que se encuentran expuestos a contraer enfermedades.

El objeto de estudio es la calidad de agua de consumo humano y el campo de acción son 200 familias del Barrio Cuatro Esquinas que consumen la misma para sus actividades diarias.

III. JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta que en pleno siglo XXI el Barrio Cuatro Esquinas de la Parroquia Eloy Alfaro no conoce la calidad del agua potable, y no existe un estudio que determine los parámetros físicos, químicos y biológicos, resulta acertado el realizar la presente investigación.

La red no ha recibido un mantenimiento y limpieza de los sistemas de distribución ya que en ocasiones se evidencia un agua amarilla con alta presencia de partículas sólidas, por tal razón los moradores necesitan conocer si el agua está dentro de los parámetros de cumplimiento y que no afectará la salud de los habitantes conforme transcurre el tiempo.

Es de vital importancia saber de la calidad del agua potable que se está utilizando para realizar las actividades sean estas: domésticas, comerciales, etc. Mediante los conocimientos de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua, se evitará la proliferación de enfermedades de origen gastrointestinal, y de esta manera mejorar las condiciones higiénicas de la población, además asegurar que el líquido vital está siendo captado, conducido, tratado y distribuido de una manera confiable y segura.

Por tanto este estudio se lo realizará en cuatro puntos estratégicos: tanque de llegada, tanques sedimentadores, red de distribución y llave de suministro domiciliario mediante la toma de muestras siguiendo las normativas vigentes para muestreo de agua de consumo humano y así obtener resultados confiables.

El diseño de una propuesta para el tratamiento de agua beneficiará a los habitantes del Barrio Cuatro Esquinas ya que les permitirá confiar en el suministro y mejorar su calidad de vida.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano del Barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro, para la elaboración de una propuesta de tratamiento que mejore la calidad del agua, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, periodo 2013-2014.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar el estado de la calidad físico, químico y biológico del agua de consumo humano, mediante un análisis de Laboratorio.
- Comparar los resultados de los análisis del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro con los parámetros de la norma INEN.
- Proponer un sistema de tratamiento para el mejoramiento de la calidad de agua de consumo humano.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes

Según un estudio realizado por la Universidad Central del Ecuador titulado “EVALUACIÓN, DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA SEGURA PARA EL BARRIO SANTA ROSA DE PICHUL, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI” se evidencia que el sistema actual de abastecimiento de agua está construido sin un sustento técnico adecuado, en cada uno de sus componentes como son las captaciones, línea de conducción e impulsión, tanque de tratamiento, estación de bombeo, tanque de reserva y la red de distribución.

Adicionalmente otro estudio realizado por la Universidad Técnica de Ambato titulado. “EL AGUA DE CONSUMO HUMANO Y SU INCIDENCIA EN EL BIENESTAR DE LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD ELENA ANDI

DE UGLAN DEL CANTÓN ARAJUNO, PROVINCIA DE PASTAZA muestra que la comunidad Elena Andi de Uglan perteneciente al Cantón Arajuno posee una red de agua entubada pero en pésimas condiciones de funcionamiento y solo abastece a 36,36% de toda la población, el 23,64% indica que tiene enfermedades por la mala calidad de agua y el 56,36% está dispuesto a colaborar en la construcción de un sistema de Agua Potable.

Según el estudio realizada por el señor Juan Castro en su tesis titulado: “DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN SALACHE (CEYPSA) DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, en esta investigación se concluye que el agua presenta un significativo grado de contaminación, ya que los valores de aerobios mesófilos es de: ufc/100ml.77, y Colibacilos totales de ufc/100ml. 20 superan los límites máximos tolerables por lo que es necesario realizar prácticas de desinfección y cloración.

En cuanto al análisis físico, químico, se determina que: los sólidos totales mg/l. 505, sólidos en suspensión mg/l. 10, alcalinidad Total mg/l. 400, bicarbonatos mg/l. 488, dureza total mg/l. 328, dureza carbonatada mg/l. 328, y magnesio mg/l. 54.1superan los límites máximos tolerables. Después de estos resultados se evidencia que el agua es dura por lo que no es apto para el consumo humano, ya que esta agua sobrepasa los rangos o límites permisibles de la norma NTE INEN.

Tomando en cuenta que la constitución de la república del Ecuador aprobada en septiembre del 2008 en su artículo 12 establece que el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. El Estado Ecuatoriano tiene como deber garantizar a las personas el acceso universal al agua potable, saneamiento y salud ambiental, conforme a los principios de equidad, solidaridad, sostenibilidad, respeto y defensa de la diversidad y participación social.

1.2 Generalidades de la calidad del agua

1.2.1 El agua

El agua es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor.

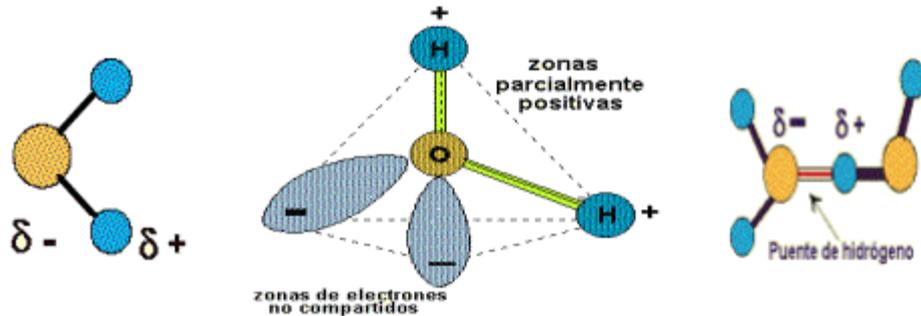
El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana.

Según el libro de Bioquímica DEVLIN 2006, “La molécula de agua está formada por dos átomos de Hidrogeno unidos a un átomo de Oxigeno por medio de dos enlaces covalentes” (p.6).

Se observa en la Figura 1, el ángulo entre los enlaces H-O-H es de 104'5°.

El oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace.

Figura 1. ESTRUCTURA DE UNA MOLÉCULA DE AGUA



Fuente: Libro de Bioquímica DEVLIN 2006

1.2.2 Calidad del agua

Según ALVAREZ, GIACALONE, & MANUEL 2008, “El termino calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas” (p.42).

Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para la cual el agua es destinada. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad del agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental.

Cuando se habla de agua de consumo humano se refiere a:

- a) El agua utilizada para beber, cocinar, preparar alimentos en sus diferentes etapas, higiene personal y otros usos domésticos.
- b) El agua utilizada en la industria de alimentos (para la limpieza de superficies y elaboración de los mismos).
- c) La suministrada en una actividad comercial o pública, ejemplo: centros comerciales, hoteles, restaurantes, casas rurales, escuelas, oficinas, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, esta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho sustrato. La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos y la pérdida de la calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el

aumento de temperatura. El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presentan sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego.

El agua debe reunir dos características:

1. Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
2. Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

1.2.3 Agua potable.

Según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN se define:

Agua potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

Agua tratada: Corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos y microbiológicos.

Agua Clorada: Es el agua sometida a un proceso de desinfección por medio de cloro y sus derivados en concentraciones que cumplen la norma.

1.2.4 Índices de calidad del agua.

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad

del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración.

1.2.5 Parámetros físico, químicos.

El agua no debe presentar sabores u olores que pudieran resultar desagradables para la mayoría de los consumidores. Los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo basándose principalmente en sus sentidos. Los componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar a su aspecto, olor o sabor y el consumidor evaluará su calidad y aceptabilidad basándose en estos criterios.

Aunque es posible que estas sustancias no produzcan ningún efecto directo sobre la salud, los consumidores pueden considerar que el agua muy turbia, con mucho color, o que tiene un sabor u olor desagradable es insalubre y rechazarla. En casos extremos, los consumidores pueden evitar consumir agua que es inocua pero inaceptable desde el punto de vista estético, y consumir en cambio agua de otras fuentes cuyo aspecto sea más agradable pero que puede ser insalubre. Es por consiguiente, sensato conocer las percepciones del consumidor y tener en cuenta, además de los valores de referencia relacionados con efectos sobre la salud, criterios estéticos al evaluar sistemas de abastecimiento de agua de consumo y al

elaborar reglamentos y normas.

Los cambios en el aspecto, olor y sabor del agua de consumo de un sistema de abastecimiento con respecto a sus características organolépticas normales pueden señalar cambios en la calidad del agua bruta o cruda (sin tratar) de la fuente o deficiencias en las operaciones de tratamiento, y deben investigarse.

Significa que no deberá contener cuerpos o sustancias extrañas de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo que la hagan peligrosa para la salud de la población. Deberá ser prácticamente incolora, inodora, insípida, límpida y transparente. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos de cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud.

Con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico.

Según BRAVO, 1992, “El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios” (p.32).

Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas. A continuación se detallan definiciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos tomados del libro Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.

1.2.6 Parámetros físicos

1.2.6.1 Color.

El término color se asocia al concepto de color puro, esto es, el color del agua cuya turbidez ha sido eliminada. El término color aparente engloba no solo el color debido a las sustancias disueltas, sino también a las materias en suspensión. Tal color aparente se determina en la muestra original sin filtrar ni centrifugar.

El color se determina mediante comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de soluciones coloreadas, este método es aplicable a casi todas las muestras de agua potable. La polución por algunos residuos industriales suele producir colores poco habituales que no pueden equipararse. En este caso debe utilizarse un método instrumental.

El color de las aguas se determina por medio del método patrón que es por comparación con una escala de patrones preparada con una solución de cloruro de platino y cloruro de cobalto. El número que expresa el color de un agua es igual al número de miligramos de platino que contiene un litro patrón cuyo color es igual al del agua examinada.

1.2.6.2 Olor

Según BRAVO, 1992, “El olor como el gusto, depende del contacto de una sustancia estimulante con la adecuada célula receptora” (p. 2-18).

Los estímulos son de naturaleza química, y por ello se suele decir que el olfato y el gusto son sentidos químicos. El agua es un medio neutro que siempre se haya presente en o sobre las membranas que perciben la respuesta sensorial. En su forma pura, el agua no produce sensaciones olfativas o gustativas. Debido a la respuesta sensorial adversa, el hombre y los animales pueden evitar muchos alimentos potencialmente tóxicos por lo que estos mismos sentidos proporcionan el primer aviso de virtuales riesgos ambientales

El olor se reconoce como un factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable (y de los alimentos que se preparan con ella). Muchas sustancias orgánicas y algunas inorgánicas influyen en el gusto y el olor. Estas sustancias pueden tener su origen en vertidos de residuos municipales e industriales, en factores naturales, como la descomposición de materias vegetales, o de una actividad microbiana asociada. El consumo doméstico y los procesos industriales, como los de elaboración de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos, requieren el empleo de un agua esencialmente libre de olor y sabor.

Las pruebas de olor se llevan a cabo para proporcionar descripciones cualitativas y medidas cuantitativas aproximadas de la intensidad del olor. El método de medida de la intensidad es la prueba del umbral de olor, basada en un método de límites. Las pruebas sensoriales son útiles para indagar la calidad de las aguas tratadas y no tratadas, y para controlar el olor a lo largo de los procesos de

tratamiento. Con ellas se puede valorar la eficacia de distintos tratamientos y proporcionar un medio de detectar la fuente de contaminación.

1.2.6.3 Sabor.

El gusto define solamente de las sensaciones gustativas que se designan como amargas, saladas, acidas y dulces, resultantes de la estimulación química de las terminaciones nerviosas sensitivas de las papilas de la lengua y del paladar blando.

Según BRAVO, 1992, “El sabor abarca un complejo de sensaciones olfativas, gustativas y táctiles, generadas por el estímulo de terminaciones nerviosas situadas en la lengua y de las cavidades nasal y bucal” (p2-26).

Las muestras de agua depositadas en la boca para hacer un análisis sensorial siempre producen un sabor, aunque en él puede predominar el gusto, el olor o la sensación bucal, dependiendo del estímulo químico.

1.2.6.4 Determinación de ph.

Aunque el pH no ejerce por lo general un efecto directo en los consumidores, es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua al que se debe prestar gran atención en todas las fases del tratamiento a fin de que el agua se clarifique y desinfecte satisfactoriamente. El pH óptico varía según la

composición del agua y el tipo de materiales de construcción utilizados en el sistema de distribución pero con frecuencia se sitúa entre 4,0 a 9,0. Los valores extremos del pH pueden ser resultados de vertimientos accidentales, de interrupciones del proceso de tratamiento o del curado insuficiente del revestimiento del mortero de cemento utilizado en las tuberías.

Según COLLINS & G, 1992, la medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas ya que prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH, (p2-35).

1.2.6.5 Sólidos totales.

Sólidos totales es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos totales suspendidos o porción de sólidos totales retenida por un filtro, y los sólidos disueltos totales o porción que atraviesa por un filtro.

El total de sólidos disueltos (TSD) puede tener importantes efectos en el sabor del agua potable. Se considera generalmente que, con concentraciones del TSD inferiores a 600mg/Litro, el agua tiene el sabor agradable, que se deteriora progresivamente cuando la concentración sobrepasa 1200mg/Litro. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior

potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas.

Los sólidos disueltos están constituidos por material ya sea orgánico y/o inorgánico soluble en agua y los sólidos suspendidos están constituidos por material grosero o coloidal, ya sea orgánico o inorgánico.

1.2.6.6 Turbidez

La transparencia del agua es importante para la elaboración de productos destinados a consumo humano y para numerosos usos industriales. La transparencia de una masa natural de agua es un factor decisivo para la calidad y productividad de estos sistemas. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra.

La causa de la turbiedad del agua de consumo humano es la presencia de partículas que puede deberse a que el tratamiento ha sido insuficiente o a que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución. En el caso de algunas aguas subterráneas puede deberse también a la presencia de partículas de materia inorgánica. Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a

los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacterias. Por lo tanto, cuando el agua ha de desinfectarse, la turbiedad debe ser baja para que la desinfección resulte eficaz.

Generalmente, la apariencia del agua con una turbiedad inferior a 5 unidades nefelométricas es aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar según las circunstancias locales. No obstante se recomienda que la turbiedad se mantenga lo más bajo posible debidos a sus efectos microbiológicos.

1.2.6.7 Temperatura.

Es una propiedad física de un sistema en la que se da una transferencia de energía térmica o calor, entre ese sistema y otros. Cuando existe una diferencia de temperatura, el calor tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico. En el sistema internacional de unidades, la unidad de temperatura es el Kelvin. Sin embargo está muy generalizado el uso de otras escalas de temperatura, concretamente es la escala Celsius (o centígrado). Una diferencia de temperatura de un Kelvin equivale a una diferencia de un grado centígrado.

Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua calentada, pueden tener un impacto ecológico significativo. A menudo la fuente de aporte hídrico,

como en los manantiales profundos, solo es posible efectuando medidas de temperatura. El agua fresca es generalmente más agradable que el agua caliente. Las elevadas temperaturas favorecen la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

1.2.7 Parámetros químicos

1.2.7.1 Alcalinidad.

Según BRAVO, 1992, “La alcalinidad del agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables” (p2-38).

El valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado. La alcalinidad es la medida de una propiedad agregada del agua, y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra. La alcalinidad es importante en muchos usos y tratamientos de aguas naturales y residuales. La alcalinidad de muchas aguas de superficie depende primordialmente de su contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que suele tomarse como una indicación de la concentración de estos componentes. Los valores determinados pueden incluir también la contribución de boratos, fosfatos, silicatos y otras bases, cuando se hallen presentes. La alcalinidad por exceso de concentración de metales alcalinoférricos tiene importancia para la determinación de la aceptabilidad de un agua.

1.2.7.2 Dureza total.

Según ANDRADE, 2009, “La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio”. (p.57).

La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además le da un sabor indeseable al agua potable. Grandes cantidades de dureza son indeseables por razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para la industria de bebidas, lavanderías acabados metálicos, teñidos y textiles.

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/l de dureza. Niveles superiores a 500 mg/l son indeseables para uso doméstico. La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente.

Existen dos tipos de Dureza:

- Dureza Temporal: Está determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados formados por filtración, también

se le conoce como dureza de carbonatos.

- Dureza Permanente: Está determinada por todas las sales de calcio y magnesio excepto carbonatos y bicarbonatos. No puede ser eliminada por ebullición del agua y también se le conoce como “Dureza de No Carbonatos”.

Tabla 1. INTERPRETACIÓN DE LA DUREZA

Dureza como CaCO₃ (ppm)	Interpretación
0-75	Agua suave
75-150	Agua poco dura
150-300	Agua dura
>300	Agua muy dura

Fuente: ANDRADE, (2009)

En agua potable: el límite máximo permisible es de 300 mg/l de dureza:

Otras unidades de dureza

La dureza de un agua se expresa generalmente en grados franceses (°f) aunque también pueden utilizarse los grados alemanes (°d) según las siguientes fórmulas:

$$\text{°f} = \frac{\text{mg/L de calcio y magnesio expresados como CaCO}_3}{10}$$

$$\text{°d} = \frac{\text{mg/L de calcio y magnesio expresados como OCa}}{10}$$

Las concentraciones de calcio y magnesio deben expresarse en una unidad común para poderse sumar, ya que no produce la misma incrustación 1 gramo de calcio que 1 gramo de magnesio. Para ello se utiliza la expresión química “expresado como CaCO₃ (carbonato cálcico)” o “expresado como OCa (óxido cálcico)”. En el cálculo de los °f.

Para transformar la concentración de ión calcio (Ca²⁺) en carbonato cálcico se debe dividir dicho valor por 20 (peso equivalente del ión calcio) y multiplicar por 50 (peso equivalente del carbonato cálcico). Para transformar la concentración de ión magnesio (Mg²⁺) en carbonato cálcico se ha de dividir dicho valor por 12,15 (peso equivalente del ión magnesio) y multiplicar por 50 (peso equivalente del carbonato cálcico).

Finalmente, para pasar de grados franceses a alemanes y viceversa se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$\text{°f} \xrightarrow{\text{multiplicar por } 0,56} \text{°d} \qquad \text{°d} \xrightarrow{\text{dividir por } 0,56} \text{°f}$$

Como regla nemotécnica un agua siempre tiene más grados franceses que alemanes de dureza.

Valores habituales de dureza y su significado

A título orientativo, se relacionan a continuación los valores de dureza que puede tener el agua, distinguiendo entre dureza temporal y total, así como su posible significado en relación con la formación de incrustaciones calcáreas.

Tabla 2. VALORES DE DUREZA TEMPORAL

DUREZA TEMPORAL	
VALOR	SIGNIFICADO Y COMENTARIOS
0 - 10 °f	Nulo a muy reducido carácter incrustante; probablemente puede favorecer los procesos de corrosión
11 - 20 °f	Muy ligero a ligero carácter incrustante, más significativo en agua caliente
21 - 30 °f	Moderado a significativo carácter incrustante. Puede producir incrustaciones en agua caliente
31 - 40 °f	Importante a muy importante carácter incrustante. Probablemente producirá incrustaciones muy significativas en agua caliente
> 40 °f	Agua extremadamente incrustante. Se formarán muy importantes incrustaciones incluso en agua a temperatura ambiente.

Fuente: Agua Pasión

La dureza temporal nos da una idea del carácter incrustante del agua.

1.2.7.3 Hierro.

Según BRAVO, 1992 “Es una sustancia no deseable en el agua de consumo humano. Niveles altos de hierro producen sabores metálicos en el agua, producen incrustaciones en la red, da compuestos coloreados con el cloro y además produce manchas en la ropa durante el lavado” (p.3-112).

Los depósitos de hierro se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua. Estos depósitos producen restricción del flujo normal del agua y reducen la presión del agua sobre la misma. El hierro está presente en el agua para consumo humano debido a la utilización de coagulantes de hierro, los cuales son compuestos químicos que se adicionan al

agua para neutralizar las cargas de las partículas y así facilitar su coagulación: sulfato ferroso o férrico; o a corrosión de hierro fundido durante el proceso de distribución.

1.2.7.4 Manganeseo.

Aunque el manganeseo se encuentra en las aguas subterráneas en la forma iónica divalente soluble, debido a la ausencia de oxígeno, parte o todo el manganeseo de una instalación de tratamiento de agua puede aparecer en un estado de valencia superior. La determinación del manganeseo total no diferencia entre los diversos estados de valencia. Existe la evidencia de que el manganeseo se encuentra en las aguas superficiales tanto en suspensión en su forma tetravalente, como en la forma trivalente en un complejo soluble relativamente estable.

Aunque las concentraciones de manganeseo inferiores a 0.1 mg/l resultan generalmente aceptables para los consumidores, esto puede variar según las circunstancias locales. En concentraciones superiores a las de 0.1 mg/l, el manganeseo contenido en el agua mancha las instalaciones de fontanería y la ropa lavada y da a las bebidas un sabor desagradable. Como en el caso del hierro, la presencia de manganeseo en el agua potable puede ser que se acumulen depósitos en el sistema de distribución. Incluso una concentración de 0.02 mg/l ocasiona con frecuencia la aparición en las tuberías de un revestimiento que puede desprenderse en forma de un precipitado negro. Además ciertos organismos de

efectos molestos concentran el manganeso lo cual hace que el agua distribuida presente problemas de sabor, olor y turbiedad.

1.2.7.5 Flúor

Según LETTERMAN, 2001, “El fluoruro es un elemento bastante común y representa aproximadamente 0,3 g/kg de la corteza terrestre., en muchos tipos de agua se encuentran trazas de fluoruros y las concentraciones más altas se asocian generalmente con las fuentes de agua subterránea, los fluoruros algunas veces pueden llegar al agua de un río como el resultado de las descargas industriales” (p.4).

El fluoruro puede aparecer naturalmente en el agua o se puede adicionar en cantidades controladas. Cuando el nivel del fluoruro excede de los límites recomendados puede producir fluorosis. El mantenimiento de su concentración óptima es esencial para conservar la eficacia y seguridad del procedimiento de floración.

1.2.7.6 Arsénico.

El arsénico está presente en forma natural en todas partes del medio ambiente y suele hallarse en forma de compuestos de azufre y otros muchos metales (Cobre, Cobalto, Plomo, Zinc, etc.). La concentración promedia en la corteza terrestre es de aproximadamente 2 mg/kg. Si bien el arsénico existe en forma orgánica como

inorgánica, los niveles de arsénico en el medio ambiente términos de arsénico total.

Presencia en el agua: Muchos compuestos arsenicales son solubles en el agua y por eso puede producirse la contaminación del agua. Aun no se ha podido dilucidar completamente la forma química que toma el arsénico en el agua, pero si se han identificado sus formas trivalente y pentavalente; se han encontrado en el agua algunas formas de arsénico orgánico.

Un gran número de sistemas de abastecimiento de agua contienen niveles muy bajos de arsénico, esto es, muy por debajo de 10 µg/l. En algunas situaciones especiales se han producido grandes contaminaciones en los sistemas de abastecimiento de agua y, como resultado, se han producido varios miles de microgramos de arsénico por litro de agua.

1.2.7.7 Plomo.

Se ha producido algún tipo de contaminación del ambiente como el resultado de su uso en los trabajos de minería y de fundición o del empleo de productos elaborados con plomo. Por consiguiente está presente en el aire, los alimentos, el agua, el suelo, el polvo y la nieve. El plomo en el ambiente existe casi enteramente en forma inorgánica, pueden aparecer pequeñas cantidades de plomo orgánico como resultado del uso de gasolina con plomo y de procesos naturales de alquilación que producen compuestos de plomo metílico.

El plomo es un importante veneno que se acumula en el organismo. Las aguas naturales rara vez contienen por encima de 5 µg/l. El plomo de un suministro de

agua puede ser de origen industrial, minero y de descargas de hornos de fundición o de cañerías viejas de plomo. Las aguas de grifo blandas y acidas y que no reciben un tratamiento adecuado contienen plomo como resultado del tanque de las tuberías de servicio. Las concentraciones en el agua tratada, antes de su distribución, son generalmente más bajas que en las fuentes, ya que el plomo se remueve parcialmente en la mayor parte de las plantas de tratamiento de agua. No obstante, los niveles en el agua potable pueden ser mucho más altos debido al uso de tuberías de servicio de plomo que van desde la calle hasta su vivienda, o por el empleo de tuberías de plomo en las instalaciones inferiores y/o en los tanques de almacenamiento revestidos de plomo. Se pueden producir altos niveles de plomo cuando el agua es agresiva, blanda o tiene un pH bajo.

1.2.7.8 Sulfatos.

El sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litros. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de sulfatos debido a la oxidación de pirita. La presencia de sulfato en el agua potable puede causar un sabor perceptible, según el tipo de catión asociado; se ha comprobado que los umbrales de sabor oscilan entre 250 mg/l.

1.2.7.9 Nitritos y nitratos.

Según BRAVO, 1992, “El nitrito y nitrato se consideran en forma conjunta debido a que la conversión de una forma a otra se produce en

el ambiente, generalmente, los efectos del nitrato sobre la salud son consecuencia de su rápida conversión en nitrito dentro del organismo” (p4-145).

Los nitratos se hallan ampliamente difundidos en grandes cantidades en el suelo, la mayoría de las aguas y en las plantas, incluyendo las verduras. Los nitritos también se presentan difundidos, pero por lo general, a niveles muchos más bajos que los nitratos. Los nitratos son productos de la oxidación del nitrógeno orgánico por las bacterias presentes en los suelos y en el agua, cuando el oxígeno presente es suficiente. Los nitritos se forman por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno orgánico. Uno de los usos principales del nitrato es como fertilizante; sin embargo, la mayor parte de otros fertilizantes que contienen nitrógeno, se convertirán en nitrato al entrar en contacto con el suelo.

El uso principal de los nitritos es como preservativo de alimentos, generalmente bajo la forma de sal de sodio o de potasio. Algunos nitritos y nitratos se forman cuando los oxígenos de nitrógeno, producido por la acción de descarga de relámpagos o por vías de fuentes resultantes de la acción del hombre, son drenados, “lavados” totalmente por la lluvia.

Presencia en el agua

El uso de fertilizantes, la materia descompuesta de origen vegetal y animal, los efluentes domésticos, la eliminación de todos los cloacales en el terreno, las descargas industriales, las filtraciones de “vaciaderos” y el arrastre del agua

pluvial, todos ellos son factores que contribuyen a la presencia de estos iones en las fuentes de agua.

Espectroscopia.

Se utilizan para el estudio y caracterización de moléculas o iones en su entorno cristalino, la espectroscopia de emisión y absorción atómica se usa exclusivamente para el análisis de átomos. Por consiguiente, la técnica resulta casi insuperable como método de análisis elemental de metales. En principio, la espectroscopia de emisión puede utilizarse para la identificación y para la determinación cuantitativa de todos los elementos de la tabla periódica. La temperatura de la llama es lo bastante baja para que la llama de por sí no excite los átomos de la muestra en su estado fundamental. El nebulizador y la llama se usan para desolvatar y atomizar la muestra, pero la excitación de los átomos del analito es hecha por el uso de lámparas que brillan a través de la llama a diversas longitudes de onda para cada tipo de analito.

1.2.7.10 Índice de langelier

Es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total. Es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua y para las instalaciones interiores domésticas.

El Índice de Langelier se usa para determinar el equilibrio del agua:

- Si el índice es 0: el agua está perfectamente equilibrada.
- Si el índice es negativo: indica que el agua es corrosiva.
- Si el índice es positivo: indica que el agua es incrustante.

1.2.8 Parámetros bacteriológicos.

1.2.8.1 Generalidades

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos contra incendios dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Asimismo defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencias o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes. Además existen factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentraciones de desinfectante y material de las tuberías.

La determinación de microorganismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de patógenos, es un principio de aceptación

universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua. Estos microorganismos deben cumplir diferentes requisitos como: ser inofensivos para humanos, permanecer más tiempo que los microorganismos patógenos y con ausencia demostrar un agua segura libre de microorganismos patógenos.

Además, un buen indicador debe ser específico de contaminación fecal debe hallarse en forma constante en las heces y estar asociado a las aguas residuales. Asimismo, debe ser fácilmente aislable, identificable e numerable en el menor tiempo posible y con el menor costo.

Debe ser capaz de crecer en los medios de cultivo comunes, estar distribuido al azar en las muestras y ser resistente a la inhibición de su crecimiento por otras especies. El objetivo de las normas y estándares es el controlar la cantidad de un determinado microorganismo en el agua, siendo este microorganismo la causa de una enfermedad específica o un indicador de las condiciones dentro de las cuales se podría transmitir esa enfermedad.

1.2.8.2 Demanda biológica de oxígeno (D.B.O.)

Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Según ANDRADE, 2009, “EL D.B.O es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad de agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes” (p.68).

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O5.

Según ROJAS 2012, “Las reglamentaciones, se fijan valores de D.B.O. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua” (p.10).

De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.

1.2.8.3 Demanda química de oxígeno (DQO).

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas

negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

1.2.8.4 Las bacterias heterótrofas.

Son bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autotróficas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO₂, como fuente de carbono. Esta definición de bacterias heterótrofas es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofitas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan y las que no causan enfermedades son heterótrofas. El recuento heterotrófico en placas (RHP) es un procedimiento sencillo que se puede realizar por el método de placa fluida, difusa o filtración por membrana. El RHP se puede indicar la eficacia y eficiencia de los procesos de tratamiento de agua, como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo del RHP en el agua distribuida puede proporcionar información sobre la limpieza del sistema de distribución, desarrollo de bacterias después del tratamiento.

1.2.8.5 El grupo coliforme.

El grupo coliforme está formado por todas las bacterias aerobias y anaerobias y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48

horas a 35 °C. Este grupo de coliformes es un buen indicador microbiano de la calidad del agua de consumo. Abarca los géneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*. Cuatro de estos géneros (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*) se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos). No están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud.

Las bacterias coliformes, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, y si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior. Se ha demostrado que las especies de *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan con frecuencia las superficies interiores de las cañerías de agua y tanques de almacenamiento (a menudo llamado “rebote”) y crecen formando una biopelícula cuando las condiciones son favorables, es decir, presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento . En este sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento.

1.2.8.6 Los coliformes fecales (termorresistentes).

Estas bacterias se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44-45 °C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes

termorresistentes distintos de E.coli pueden proceder también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición.

Según ROJAS 2012, “Los organismos coliformes termorresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. la clasificación de los estreptococos se ha establecido tomando en consideración la morfología de la colonia las reacciones hemolíticas, la especificidad serológica, las reacciones bioquímicas, la resistencia a factores físicos y químicos y finalmente a las características ecológicas”(p.20).

La razón entre coliformes fecales y estreptococos fecales proveen información acerca de la fuente de contaminación. Los estreptococos fecales rara vez se multiplican en agua contaminada y son más persistentes que Escherichia coli y las bacterias coliformes. Además los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser utilizados para realizar controles sistemáticos después de la colocación de nuevas tuberías maestras o la reparación de los sistemas de distribución, así como para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales.

1.2.8.7 Escherichia coli.

Existen los llamados “colis fecales” que se presentan normalmente en el intestino del hombre y animal y es natural suponer que su presencia en los alimentos indica reciente contaminación con heces.

Sin embargo, *Escherichia coli* se encuentra muy difundida en la naturaleza y aunque en la mayoría de las cepas tienen probablemente su origen de las heces, su presencia, particularmente en pequeño número, no significa necesariamente que los alimentos contengan materia fecal, pero sí sugiere un bajo nivel de higiene.

1.2.9 Enfermedades hídricas.

1.2.9.1 Generalidades

Existe un grupo de enfermedades conocidas como enfermedades hídricas, pues su vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada. Es entonces conveniente determinar la potabilidad desde el punto de vista bacteriológico. Buscar gérmenes como *Salmonella*, *Shigella*, trae inconvenientes, pues normalmente aparecen en escasa cantidad. Por otra parte su supervivencia en este medio desfavorable y la carencia de métodos sencillos y rápidos, llevan a que su investigación no sea satisfactoria, máxima cuando se hallen en número reducido. En vista de estos inconvenientes se ha buscado un método más seguro para establecer la calidad higiénica de las aguas, método que se basa en la investigación de bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal.

El agua que contenga bacterias de ese grupo se considera potencialmente peligrosa, pues en cualquier momento puede llegar a vehicular bacterias patógenas, provenientes de portadores sanos, individuos enfermos o animales.

En la tabla 3 se identifican las principales enfermedades de origen hídrico y sus agentes responsables

Tabla 3. ENFERMEDADES HÍDRICAS

Enfermedad	Agente
Origen bacteriano	
Fiebres tifoideas y paratifoideas	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella</i> <i>Paratyphi A y B</i>
Disentería bacilar	<i>Shigella</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastroenteritis agudas y diarreas	<i>Escherichia coli ET</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp</i> <i>Shigella sp</i>
Origen viral	
Hepatitis A y E	Virus de la hepatitis A y E
Poliomielitis	Virus de la polio
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus Nortwalk Rotavirus Astrovirus Adenovirus
Origen parasitario	
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cristosporidium</i>

Fuente: ROJAS 2012

1.2.9.2 Enfermedades químicas transmitidas por el agua

Son enfermedades asociadas a la ingestión de aguas que contienen sustancias tóxicas en concentraciones perjudiciales. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial, generalmente de localización específica. Algunos ejemplos son:

- **Metahemoglobinemia infantil:** Consiste en la presencia de metahemoglobina, que es el producto de la oxidación incompleta de la hemoglobina, en la sangre. Esta es ocasionada por el consumo de agua con un elevado porcentaje de nitratos.

- **Gastroenteritis:** Las causas de esta enfermedad son infecciones por ingerir alimentos contaminados por bacterias, virus, hongos o sustancias tóxicas, como plomo, arsénico o hierro. La gastroenteritis consiste en la inflamación de la mucosa intestinal (enteritis) o de esta y la del estómago (gastroenteritis). Los síntomas de esta enfermedad son decaimiento, inapetencia, náusea, vómito, diarrea, dolores abdominales, fiebre y malestar general.
- **Manganismo:** La ingestión de manganeso produce una intoxicación aguda llamada neumonía de manganeso y una intoxicación crónica conocida como manganismo.
- **Hipercalcemia:** en las personas producen estados hipercalcémicos al ser ingeridas aguas con demasiado calcio.
- **Hipermagnesemia:** es importante su determinación por la relación que tiene con la dureza por las incrustaciones que causan en los sistemas de distribución además es necesario observar si no excede la norma, ya que un exceso del causa daño a la salud pública, produciendo la enfermedad llamada hipermagnesemia.
- **Aguas con alto contenido de sólidos** pueden ser laxantes y pueden ocasionar otras molestias en personas no acostumbradas a su ingestión.

1.3 Muestreo, manejo y conservación de muestras

Los datos mostrados a continuación es la recopilación del procedimiento y muestreo dado por INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN en la norma NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 169:2011.

1.3.1 El uso de recipientes apropiados

Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) Ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- b) Absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- c) Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).

El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente. Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

Las precauciones son necesarias en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento, contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados.

Las muestras blancas de agua destilada deben tomarse, conservarse y analizarse como un control de la elección del recipiente y del proceso de lavado. Cuando las muestras son sólidas o semisólidas, se deben usar jarras o botellas de boca ancha.

1.3.2 Preparación de recipientes

1.3.2.1 Recipientes de muestras para análisis químicos

Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados.

El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada. Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 mol/l de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada.

Para la determinación de fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes. Para el análisis de trazas de materia orgánica puede ser necesario un pre tratamiento especial de las botellas.

1.3.2.2 Recipientes de muestras para análisis microbiológico.

Deben ser aptos para resistir la temperatura de esterilización de 175 °C durante 1h y no deben producir o realizar cambios químicos a esta temperatura que inhiban la

actividad biológica; inducir la mortalidad o incentivar el crecimiento. Cuando se usa la esterilización a bajas temperaturas (por ejemplo: esterilización con vapor) se pueden usar recipientes de policarbonato y de polipropileno resistente al calor. Las tapas y otros sistemas de cierre deben ser resistentes a la misma temperatura de esterilización. Los recipientes deben estar libres de ácidos, álcalis y compuestos tóxicos. Los recipientes de vidrio se deben lavar con agua y detergente seguido de un enjuague con agua destilada; luego deben ser enjuagados con ácido nítrico (HNO_3) 10% (v/v), seguido de un enjuague con agua destilada para remover cualquier residuo de metales pesados o de cromatos. Si las muestras contienen cloro, se debe adicionar tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) antes de la esterilización de los recipientes. Con esto se elimina la inactivación de las bacterias debida al cloro.

1.3.3 Llenado del recipiente

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después

de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental. Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente.

1.3.4 Refrigeración y congelación de las muestras

Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar obscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales.

El congelamiento (-20°C) permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retornar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (cloruro de polivinilo). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento. Las muestras para análisis microbiológico no se deben congelar.

1.3.5 Filtración y centrifugación de muestras

La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis.

El análisis puede involucrar la separación de las formas solubles o insolubles por filtración (por ejemplo: de un metal). Las membranas se deben usar con cuidado ya que varios metales pesados y materia orgánica pueden ser absorbidos en la superficie de la membrana, y los compuestos solubles de la membrana pueden ser extraídos por la muestra.

1.3.6 Identificación de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error. Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.). Las muestras especiales con material anómalo, deben ser marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la anomalía

observada. Las muestras que contienen material peligroso o potencialmente peligroso, por ejemplo ácidos, deben identificarse claramente como tales.

1.3.7 Transporte de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación. Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.

Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

1.3.8 Recepción de las muestras en el laboratorio

Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.

Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros. En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

Tabla 4. TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE MUESTRAS - ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.

Parámetros	Tipo de recipiente P = plástico V = vidrio VB = vidrio borosilicatado	Técnicas de Conservación	Lugar del Análisis	Tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis.	Recomendaciones
Acidez y alcalinidad	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	De preferencia analizar en el punto de muestreo (especialmente para muestras con altos contenidos de gases disueltos)
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	P o V (es preferible vidrio para concentraciones bajas de DBO)	Refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la obscuridad	Laboratorio	24 h	
DQO (demanda química de oxígeno)	P o V (preferible vidrio para contenidos bajos de DQO)	Acidificar a pH < 2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2°C y 5°C, guardar en la obscuridad.	Laboratorio	5 días	
	P	Congelar a -20 °C	Laboratorio	1 mes	
Color	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C y guardar en la obscuridad	Laboratorio	24 h	
Olor	V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio (para el análisis cuantitativo)	6H	El análisis se debe realizar en el lugar lo más pronto posible (análisis cualitativo)
Oxígeno	P o V		En el sitio		

	V	Fijar el oxígeno en el sitio y guardar en la obscuridad	Laboratorio	4 días a lo mucho	Fijar el oxígeno de acuerdo con el método de análisis usado
pH	P o V		En el sitio		El análisis se debe realizar tan pronto sea posible y de preferencia inmediatamente en el sitio del muestreo
		Transportar a temperatura más baja que la inicial	Laboratorio	6h	
Sólidos en suspensión y sedimentables	P o V		Laboratorio	24h	El análisis se debe realizar lo más pronto posible y de preferencia en el sitio.
Dureza total	P o VB	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24h	
Sólidos totales (extracto seco)	P o V		Laboratorio	24h	
Turbidez	P o V		Laboratorio	24h	El análisis realizar de preferencia en el sitio del muestreo

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:98 manejo y conservación de muestras

1.4 Normativa legal

Para el desarrollo de esta investigación se procedió a la revisión de la siguiente normativa legal vigente:

- **LEY DE AGUAS** en la comisión de legislación y codificación en la CODIFICACIÓN 2004 – 016 de la conservación y contaminación de las aguas En el Art 20, 21 se establece que el usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio y prohíbese toda contaminación

de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

- **Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 16**, donde se especifica los requisitos para instalación del sistema de suministros de agua en edificaciones.
- **En la NORMA INEN 1108-2** determina que el agua potable en el LITERAL 5.1, se evalúa los parámetros que debe cumplir de acuerdo a los rangos permisibles.

El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación.

**Tabla 5. PARÁMETROS PERMISIBLES DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO
NORMATIVA INEN**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permissible
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
Inorgánicos		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250

Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO ₄)	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006

SUSTANCIAS ORGÁNICAS		
		Límite máximo ug/l
Alcanos Clorinados		
- tetracloruro de carbono		2
- diclorometano		20
- 1,2dicloroetano		30
- 1,1,1-tricloroetano		2000
Etanos Clorinados		
- cloruro de vinilo		5
- 1,1dicloroetano		30
- 1,2dicloroetano		50
- tricloroetano		70
- tetracloroetano		40
Hidrocarburos Aromáticos		
- benceno		10
- tolueno		170
- xileno		500
- etilbenceno		200
- estireno		20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)		0,3

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)		
- benzo [a]pireno		0,01
- benzo [a]fluoranteno		0,03
- benzo [k]fluoranteno		0,03
- benzo [ghi]pirileno		0,03
- indeno [1,2,3-cd]pireno		0,03
Bencenos Clorinados		
- monoclorobenceno		300
- 1,2-diclorobenceno		1000
- 1,4-diclorobenceno		300
- triclorobencenos (total)		20
di(2-etilhexil) adipato		80
di(2-etilhexil) ftalato		8
acrylamida		0,5
epiclorohidrin		0,4
hexaclorobutadieno		0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA		200
ácido nitrotriacético		200
oxido tributiltin		2

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006

CAPITULO II

2. APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1 Descripción del área de estudio y metodología aplicada

El presente trabajo de investigación, fue desarrollado en su mayoría en campo, en la determinación de la calidad del agua en cuatro puntos de medición de agua, mediante muestreos para los análisis físicos, químicos y bacteriológicos. Los análisis ex situ fueron desarrollados en un laboratorio.

2.1.1 Ubicación geográfica del Barrio Cuatro Esquinas, parroquia Eloy Alfaro

"Eloy Alfaro", más conocida y nombrada como "San Felipe", está situada al oeste de Latacunga, tiene una extensión de 100 km. Aproximadamente a una cota de 2808 m.s.n.m en la cuadrícula con coordenadas 0763263 de la carta topográfica de Latacunga editada por el IGM. Esta histórica parroquia tiene renombre por sus

- **Características Agroclimáticas**

Altitud: 2808 msnm

Precipitación anual: 500 mm

Temperatura promedio: 15 °C

Humedad relativa: 65 %

Heliofanía: 145.5 horas – luz

Fuente: Estación meteorológica FAE (2007)

- **Componente biótico**

Según MARTINEZ, 2006, datos obtenidos del Atlas socio ambiental de Cotopaxi, ésta provincia debe haber estado formada por bosques que cubrían un 54.6% del territorio, seguido por páramos que ocupaban el 36.3% y matorrales que representaban el 7.6%. Esta condición primigenia ha cambiado drásticamente y la superficie original de los bosques, que era más de la mitad de la provincia, representa hoy apenas el 22.6%; así mismo, los páramos se han reducido a menos de la mitad (17.5%) y los matorrales que cubrían buen parte de los valles y las quebradas, representan hoy sólo el 1.3% de la provincia, es decir una sexta parte de su superficie original.

Según CAÑADAS, 1983, El barrio Cuatro Esquinas está localizado en una zona intervenida que según el mapa bioclimático de Cañadas, corresponde a la región Seco Templada (región 5), esta región es atribuible a la mayoría de los valles

interandinos de las cordilleras. Entre una cota de los 2.000 a 3.000 metros sobre el nivel de mar, con precipitaciones anuales que oscilan entre 200 a 500 mm como máximo, distribuidas durante todo el año y una estación de menor intensidad de julio, agosto y septiembre. Tiene una temperatura promedio anual entre 12° y 18° C.

Según CAÑADAS, 1983, “Esta zona de vida corresponde a la formación ecológica estepa espinosa Montano Bajo (e. e. M. B.), en donde la vegetación dominante es el matorral de tipo xerofítico dominado por el árbol espinoso acacia macracanth, los arbustos croton menthodus y dodonea viscosa, el cactus opuntia soederstromiana, y las herbáceas datura stramonium, alternanthera porrigens y muehlenbergia microsperma, son frecuentes en esta formación vegetal” (p.102).

La vegetación se caracteriza por presentar arbustos de aproximadamente dos metros de altura con las copas de amplia superficie para retener la humedad, plantas en algunos casos armadas con espinas y presencia de musgo (*tillandsia recurvata*).

Según VALENCIA & SIERRA, 1999, “La vegetación en esta formación se presenta verde solo en época de lluvias o cuando se encuentran cerca de los ríos principales que cruzan estos valles. En el matorral seco montano se mantienen acacias (*acacia macracantha*), molles (*schinus molle*), chusuqueas (*chasquea scandens*), sauces (*salix humboldtiana*), pencos (*agave americana*) y cactus (*opuntia spp.*)”(p.20).

Flora

Conforme a lo indicado la zona de estudio se encuentra en un sector con alta intervención de tipo antrópico, donde los bosques originales han sido totalmente transformados, principalmente para la siembra de bosques de eucalipto así como para abrir campos de cultivos de ciclo corto (maíz, cebada, trigo, otros).

De todas maneras, algunas especies nativas quedan en sitios escarpados o altos, cerros o quebradas. Los extensos terrenos planos mantienen una serie de cultivos, gracias al regadío, sobre todo de cultivos destinados a la ganadería. La capa vegetal del suelo está constituida por hierba rastrera y árboles de eucalipto en su mayoría, existe vegetación xerofítica, a la cual se asocia una especie de fauna menor característica de esta vegetación, los caracoles terrestres (posiblemente *bulimulus cotopaxiensis*).

Tabla 6. LISTADO DE ESPECIES VEGETALES ENCONTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA1
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae
Pino <i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus radiata</i>	Pinaceae
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae
Sigse	<i>Cortaderia nitida</i>	Poaceae
Penco	<i>Agave americana</i>	Agavaceae
Capulí	<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae
Retama	<i>Spartium junceum</i>	Fabaceae
Sauco	<i>Cestrum quitensi</i>	Solanaceae
Tupirosa	<i>Lantana rugulosa</i>	Verbenaceae
Tuna.	<i>Opuntia sp</i>	Cactaceae

Fuente: VALENCIA & SIERRA, 1999

Fauna

La distribución geográfica de las especies animales está en estrecha relación con las zonas de vida y las formaciones vegetales, las cuales dependen a su vez de diversos factores físicos tales como el gradiente altitudinal, suelos y climatología.

Debido a la alteración que presenta la zona de estudio se buscó información mediante registros indirectos, se formularon entrevistas a gente local, para complementar la información de especies de fauna que no fueron registradas. Según las encuestas efectuadas a los pobladores de estas zonas, nos señalan una total ausencia de animales silvestres, excepto el chucuri y las raposas, que son cada vez más escasas por la persecución y matanzas a que son objeto, por su efecto dañino sobre animales de corral, especialmente pollos y gallinas.

Tabla 7. LISTADO DE ESPECIES DE FAUNA ENCONTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Raposa	<i>Didelphis marsupialis</i>	Didelphidae
Chukuri	<i>Mustela sp.</i>	Mustelidae
<i>Aves</i>		
Mirlo	<i>Turdus fuscaster</i>	Turdidae
Gorrión	<i>Zonotrichia capensis</i>	Emberizidae
Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>	Columbidae
<i>Gastrópodos</i>		
Caracoles	<i>Bulimulus sp.</i>	Orthalicidae

Fuente: VALENCIA & SIERRA, 1999

- **Componente socioeconómico**

Disponibilidad de servicios

Vías de acceso. Se determinan vías de carácter primario a aquellas que forman parte de la Panamericana, de segundo orden los caminos de empedrado y las de tercer orden son las de tierra.

Primario.

Latacunga – San Felipe –Cuatro Esquinas.

Secundario

Cuatro Esquinas – Viviendas cercanas.

Terciaria

Cuatro Esquinas – Viviendas más lejanas.

Figura 3. VÍAS DE ACCESO AL BARRIO CUATRO ESQUINAS



Fuente: Tesistas

Poseen red de alumbrado público, casi en un 90%, telefonía domiciliaría en un 30% de hogares, red de alcantarillado que cubre un 70% de la población y servicio de transporte urbano que cubre los alrededores del barrio.

Poblaciones consideradas en el presente estudio

La población considerada en el estudio, se encuentra localizada en una gran área de servicio en la zona alta al noroeste de la Parroquia Eloy Alfaro. Las actividades económicas y sociales de esta localidad están basada en la agricultura en su gran mayoría, como también en la elaboración de bloques para la construcción, y demás actividades afines. El número de habitantes al momento de la presente investigación y tomando como base el número de hogares con un promedio de 3 habitantes por hogar son de 850 habitantes en el Barrio Cuatro Esquinas.

Figura 4. VIVIENDAS DEL SECTOR



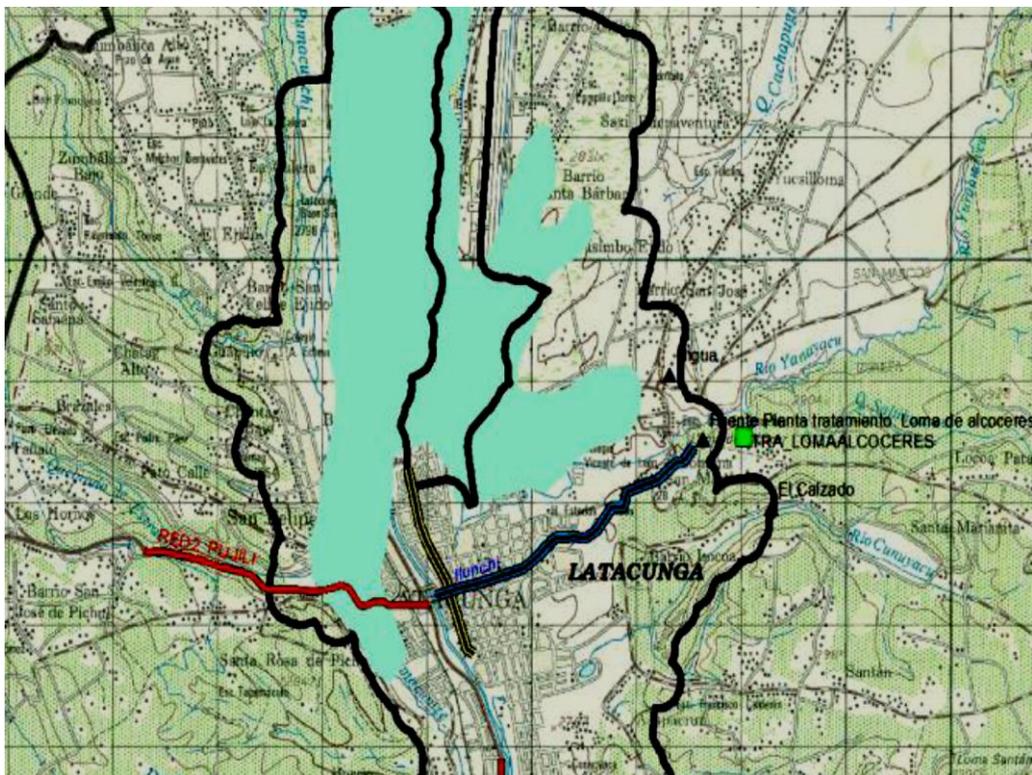
Fuente: Tesistas

El aforo realizado en una conexión domiciliaria nos dio como promedio de 0.25 lts/seg de agua de consumo humano, la misma que es abastecida por el Municipio de Latacunga, que es el proveedor para las 200 familias que habitan El Barrio Cuatro Esquinas que es el centro de la presente investigación.

2.1.2 Planta de tratamiento Loma de Alcocerres

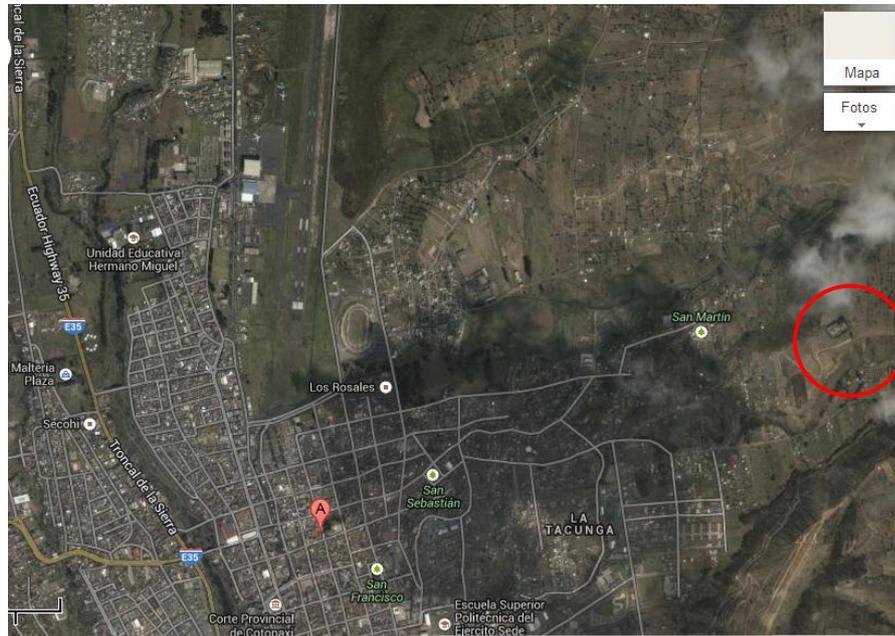
Para el presente estudio se considera el punto de partida del agua que llega al Barrio Cuatro esquinas, desde la Planta de Tratamiento de Agua Municipal “Loma de Alcocerres”, la planta de tratamiento de agua se encuentra ubicada en la Parroquia Juan Montalvo, sector Loma de Alcocerres, ubicada en el centro oriente del cantón Latacunga.

Figura 5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA LOMA DE ALCOCERRES



Fuente: Tesistas

Figura 6. FOTOGRAFÍA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES



Fuente: GOOGLE EARTH

El líquido vital proviene de las tomas de agua que abastece a la central Hidroeléctrica Illuchi I, Illuchi II, luego es trasladado a la planta de tratamiento ubicado en la Loma de Alcoceres.

Figura 7. CAPTACIÓN NATURAL EN ILLUCHI 1



Fuente: Tesistas

**Figura 8. TANQUE DE CONDUCCIÓN A LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA ILLUCHI 1**



Fuente: Tesistas

La planta de tratamiento Loma de Alcoceres es una planta nueva construida en el año 2010, con una capacidad promedio para tratar 300 litros por segundo, es administrada por el **EPMAPAL**, empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado de Latacunga.

Suman alrededor de 25 barrios beneficiados por la planta de tratamiento, entre estos barrios beneficiados están El Calvario, Gualundún, FAE, San Felipe y el sector de la calle Félix Valencia, en el centro de la ciudad.

Figura 9. PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES.



Fuente: Tesistas

En la planta de tratamiento existen los siguientes procesos floculación, sedimentación, filtrado y cloración, hasta la distribución en los hogares latacungueños.

2.1.3 Red de distribución del agua

El sistema cuenta con bombas de presión que desde la planta de tratamiento de agua llega a la toma repartidora hasta llegar al Barrio Cuatro Esquinas, cada domicilio cuenta con la conexión de agua.

El caudal de procesamiento de la planta de efluentes es de 300l/s que abastece a 25 barrios entre ellos, el barrio Cuatro Esquinas. En la toma domiciliaria se realizó una prueba y el caudal medido corresponde a 0.3 l/s.

2.2 Diseño metodológico

El presente proyecto de investigación consistió en elaborar una hipótesis acerca del estado actual de la calidad de agua del barrio Cuatro Esquinas, a partir de esta hipótesis, se realizaron pruebas de laboratorio para comprobar la validez de la misma, utilizando la investigación descriptiva se detalla las características del agua del barrio, suministro y tratamiento hasta el análisis en el domicilio de los habitantes, para así verificar el cumplimiento de la norma INEN de los parámetros, físicos, químicos y biológicos, finalmente llegar a la interpretación de resultados y emisión de la propuesta.

Se utilizó la investigación explicativa que permita conocer los factores que influyen en la calidad del agua.

- **Investigación exploratoria.-** Como primer punto se exploró la realidad del barrio Cuatro Esquinas antes de realizar la presente investigación, se realizaron visitas previas para conocer el problema que afecta a los habitantes con respecto al conocimiento de la calidad de agua que consumen, a partir de esto se formuló la hipótesis.
- **Investigación descriptiva.-** Se realizó un estudio de las condiciones del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano para el barrio, se describió las condiciones de suministro de agua para determinar en lo posterior la calidad de la misma.

- **Investigación explicativa.-** Con los análisis de Laboratorio y evaluación de resultados se investigó las causas que influyen en la calidad del agua del barrio Cuatro Esquinas.

2.2.1 Metodología

Para el desarrollo de la investigación se procedió a realizar trabajos de campo y verificación para validar o negar la hipótesis del estudio, siguiendo la siguiente secuencia.

- Visitas de campo al barrio Cuatro Esquinas que se realizó para verificar el suministro de agua potable.
- Identificación de la fuente de suministro de agua de consumo humano que llega al barrio Cuatro Esquinas.
- Análisis de calidad de agua de un domicilio del barrio y de la fuente de abastecimiento.
- Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua tanto en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres y en el domicilio del barrio.
- Comparación de resultados con la norma INEN de calidad de agua de consumo humano.
- Planteamiento de la propuesta para mitigar el problema

2.2.2 Unidad de estudio

La población considerada en el estudio, se encuentra localizada al noroeste de la Parroquia Eloy Alfaro en el Barrio Cuatro Esquinas. El número de habitantes al

momento de la presente investigación es de 850, que poseen el servicio de agua potable proveniente de la planta de tratamiento Loma de Alcoceres.

Del total de habitantes del barrio cuatro esquinas se ha considerado como muestra el domicilio del Sr Carlos Herrera para el presente estudio y se ha seleccionado tres puntos de muestreo en la planta de tratamiento Loma de Alcoceres que corresponde al tanque de llegada, tanques sedimentadores y red de distribución.

2.2.3 Métodos y técnicas

2.2.3.1 Métodos

- **Método lógico inductivo**

Este método, se aplicó mediante la observación, comparación de parámetros, donde se llegó a determinar los estudios tanto en cantidad como en calidad del agua del barrio Cuatro esquinas.

- **Método Científico**

Mediante este método se verificó, la calidad del agua de los cuatro puntos de investigación bajo sus características físico-químicas y microbiológicas, a través de la interpretación de los análisis de agua del laboratorio y verificación de cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

- **Método descriptivo.**

Este método, se empleó en el desarrollo del diagnóstico, la cual permitió la obtención de información tanto de fuentes primarias como secundarias en relación al tema de estudio, sus causas y efectos socio-ambientales, para buscar las maneras de mitigar los impactos generados por la corrosión del agua en el barrio Cuatro esquinas.

2.2.3.2 Técnicas

- **Observación**

Esta técnica ha sido la primera y más importante ya que permitió recopilar información, destacar características, identificar hechos y fenómenos para concretar técnicamente la línea base de la realidad que rodea a los cuatro puntos del trabajo de investigación en el Barrio Cuatro Esquinas de la parroquia Eloy Alfaro.

- **Análisis de Documentos**

Mediante esta técnica se recopiló información en documentos escritos, tales como: textos, folletos, revistas, documentales, archivos, informes, periódicos, documentos de investigaciones anteriores, etc.

- **Métodos para Toma de Datos**

Previo al estudio y toma de muestras, se realizó una salida de verificación de los puntos a muestrear el viernes 8 de noviembre del 2013.

- **Toma de Muestras**

Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras tomada en el grifo domiciliario del barrio Cuatro esquinas.

- 1) Etiquetas. Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, se procedió a pegar al frasco de muestra, antes del muestreo, etiquetas adhesivas en las que se anote, con tinta a prueba de agua, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del recolector, fecha, hora y lugar de recolección, y preservación realizada.
- 2) Sellos. Para evitar o detectar adulteraciones de las muestras.
- 3) Libro de campo. Se registró toda la información pertinente a observaciones de campo o del muestreo en un libro apropiado, en el que se incluyó como mínimo lo siguiente: propósito del muestreo; localización del sitio de muestreo, o del punto de muestreo, fecha y hora de recolección; número de identificación del recolector de la muestra; distribución y método de transporte de la muestra.

- 4) Entrega de la muestra en el laboratorio. Las muestras fueron entregadas en el laboratorio después del muestreo, se planificó previamente el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio
- 5) Recepción y registro de la muestra. En el laboratorio, el recepcionista inspeccionó la condición y el sello de la muestra, comparó la información de la etiqueta y el sello con el registro o formato del proceso de control y vigilancia, los registró en el libro del laboratorio, y guardó las muestras.

Para la muestras de la planta de tratamiento de agua el municipio de Latacunga cuenta con el laboratorio propio de análisis de muestras y nos entregaron los resultados correspondientes al estudio de los parámetros, físico-químicos.

- **Recipientes para las Muestras**

Los recipientes utilizados para el muestreo de parámetros físico- químicos, fueron botellas de plástico de 500 ml, cada muestra fue recolectada y manejada cumpliendo la normativa INEN para toma de muestras de agua.

2.3 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

A continuación se detallan las características de los sitios donde fueron recolectadas las muestras, su ubicación geográfica que se indican en la Tabla 8.

Tabla 8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Nombre del Lugar	Coordenadas UTM			Agua de Consumo Humano	Características del lugar
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)		
Illuchi 1	98985113	0774989	3363	si	-Captación del Agua
Planta Loma de Alcoceres	9897778	0767652	2927	si	-Tanque de llegada -Tanques sedimentadores -Red de distribución
Barrio Cuatro Esquinas	9898101	0763263	2808	si	-Conexiones domiciliarias

Fuente: Tesistas

2.4 Resultados del análisis del laboratorio

A continuación se dará a conocer los resultados de los análisis de laboratorio realizados a las diferentes muestras, donde se evaluaron los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Para la toma de muestra en la planta de tratamiento de agua se solicitó el permiso correspondiente al director de EPMAPAL, y en respuesta a la solicitud entregaron los siguiente resultados del análisis físico – químico que realizan en el

laboratorio propio de la planta de tratamiento, resultados que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. RESULTADOS PLANTA DE TRATAMIENTO LOMA DE ALCOCERES

Número de la muestra	29	30	31
Número del análisis	12	12	12
Procedencia	Planta de tratamiento	Planta de tratamiento	Planta de tratamiento
Dirección	Tanque de llegada	Sedimentadores	Red de distribución
Fecha de toma	27 de mayo de 2013	27 de mayo de 2013	27 de mayo de 2013
Hora de toma	9:00	9:05	9:10
Tomado por	Nelson Zapata	Nelson Zapata	Nelson Zapata
Fecha de análisis	27 de mayo de 2013	27 de mayo de 2013	27 de mayo de 2013
PH	7.04	7.34	7.09
Color	55 Upt.co	12 Upt.co	2 Upt.co
Turbiedad	2.6 N.T.U.	1.2 N.T.U.	0.6 N.T.U.
Conductividad específica a 20° C,	60 mhs/cm	60 mhs/cm	60 mhs/cm
Cloro residual	0 mg/l	0 mg/l	1 mg/l
Cloro total	0 mg/l	0 mg/l	-
Anhídrido carbónico ubre	-	-	-
Carbonatos	0 mg/l	0 mg/l	0 mg/l
Bicarbonatos	30 mg/l	17 mg/l	17 mg/l
Cloruros			
Alcalinidad total	30 mg/l	17 mg/l	14 mg/l
Dureza total	24 mg/l	24 mg/l	24 mg/l
Dureza carbonatada	24 mg/l	17 mg/l	14 mg/l
Calcio	5.6 mg/l	5.6 mg/l	5.6 mg/l
Magnesio	2.4 mg/l	2.4 mg/l	2.4 mg/l
Sulfatos	2 mg/l	13.6 mg/l	13.8 mg/l
-Nitratos	1.3 mg/l	1.3 mg/l	0.9 mg/l
Nitritos	0 mg/l	0 mg/l	2.4 mg/l
Solidos disueltos totales	30 mg/l	40 mg/l	40 mg/l
Índice de Langelier a 20 C	-	-	-

Fuente: Municipio de Latacunga

A continuación se detalla los resultados del análisis físico, químico y bacteriológico de la toma del grifo domiciliario del Sr. Carlos Herrera, resultados analizados por el laboratorio CASA DEL QUÍMICO 2.

Tabla 10. RESULTADOS GRIFO DOMICILIO BARRIO CUATRO ESQUINAS.

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 069	
Orden de trabajo	No.	69	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml	4000	
Identificación	M4	Agua de consumo humano	
Cantón-Provincia	Parroquia	Eloy Alfaro- Latacunga- Cotopaxi	
Solicita		Sr. Ignacio Barahona	
Fecha de muestreo		19-11-13	7h00
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	
Ph		7.2	
Color aparente	Pt- Co	5	
Turbiedad	NTU	1.02	
Índice de Langelier	I.L	-1.8	
índice de Agresividad	LA.	9.65	
índice de Ryznar	I.R.	10.8	
Conductividad Eléctrica	μSI cm	102.9	
Sólidos Totales	mg / l	63	
Sólidos Disueltos	"	49	
Sólidos en Suspensión	-	14	
Alcalinidad Total	-	36	
Hidróxidos	-	0	
Carbonates	-	0	
Bicarbonatos	-	44	
Anhídrido carbónico	-	4.6	
Dureza Total	-	20	
Dureza Carbonatada	-	20	
Calcio	-	2.2	
Magnesio	-	0.64	
Hierro Total	-	0	
Sodio	-	15.9	
Potasio	-	10.8	
Cloruros	-	10	
Sulfates	-	6	

Nitritos	-	0		
Nitratos	-	0.3		
Cloro libre residual	-	0		
RAS	-	2.42		
RIVERSIDE	-	C1S1		
Oxígeno Disuelto	mg / l	7.5		
DBO	"	0		
DQO	"	0		

Fuente: Laboratorio Casa del Químico

Tabla 11. TABLA DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

ANÁLISIS FÍSICO- BACTERIOLÓGICO DE AGUAS					
Informe de Laboratorio		FBA- 070			
Orden de trabajo	No.	70			
Presentación	envase	polietileno			
Contenido	mi	300			
Identificación	M4	Agua de consumo humano			
Cantón-Provincia	Parroquia	Eloy Alfaro- Latacunga- Cotopaxi			
Solicita		Sr Ignacio Barahona			
Fecha de muestreo		19-11-13			
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			
PH		6.50			
Color aparente	Pt-Co	20			
Olor		inoloro			
Temperatura	oC	14			
Cloro libre residual	mg/l.	0			
Aspecto		transparente			
Turbiedad	NTU	3.12			
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO					
Aerobios Mesófilos	ufe/100 mi.	12			
Colibacilos Totales		0			
Colibacilos Fecales	»	0			
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS					
		T-incubación	Deseable	Permisible	Tolerable
Aerobios Mesófilos	ufe/100 mi.	30 °C	0	10	30
Colibacilos Totales		35 °C	0	2	10
Colibacilos Fecales		44 °C	0	0	0
ufe/100 mi. = Unidades formadoras de colonias /100 mi					
METODOLOGÍA					

Método del Colilert , Medios de cultivo selectivos
Los Métodos corresponden a Standard Meth

Fuente: Laboratorio Casa del Químico

2.5 Análisis e interpretación de resultados.

A continuación se detalla los resultados de cada punto de muestreo comparado con la Norma Técnica Ecuatoriana Norma NTE INEN 1 108:2006, de cada uno de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del objeto de investigación.

2.5.1 Comparación de parámetros físicos de los puntos de medición

A continuación se detalla la comparación de los parámetros físicos con la normativa, se resumen en la tabla 12.

Tabla 12. CUADRO COMPARATIVO DE PARÁMETROS FÍSICOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
	Unidad	Tanque de llegada	Tanques Sedimentados	Red de distribución	Domicilio de Cuatro Esquinas	Norma NTE INEN 1 108:2011
Sólidos	mg/l	30	40	40	63	1000mg/l
Color	Upt co	55	12	2	20	15 UTC
Turbiedad	NTU	2.6	1.2	0.6	1.02	5 NTU
Dureza	mg/l CaCO ₃	24	24	24	20	300mg/l de CaCO ₃

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011.

Sólidos totales disueltos: Los valores para sólidos totales disueltos registrados en los cuatro puntos de medición no sobrepasan el límite máximo permisible para agua de consumo humano, manteniendo este parámetro en niveles aceptables, de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006 que permite niveles de sólidos totales de 1000 mg/l.

El valor promedio que se registra para los cuatro puntos es de 43.25 mg/l, el nivel máximo se registra en el domicilio del barrio Cuatro Esquinas siendo este de 63 mg/l.

Color. El Agua presenta un color dentro de los límites de la norma mediante observación se puede apreciar que el agua es cristalina, el nivel más alto se evidencia en el tanque de llegada siendo este de 55 Upt co, siendo el valor permisible en la norma INEN de 15 UTC.

Turbidez: Al comprar los cuatro puntos de medición se establece que, se encuentran dentro de los rangos permisibles por la norma INEN. En la toma domiciliaria se registra un valor de 1.02 NTU, siendo el máximo permitido por norma INEN de 5 NTU.

Dureza: Este parámetro permitió cuantificar el calcio y el magnesio disueltos en los puntos de estudio. De acuerdo a la norma INEN este valor debe estar entre los 300 mg/l de CaCO_3 , y el valor registrado en el punto de medición en el domicilio del Barrio Cuatro Esquinas es de 20 mg/l CaCO_3 , lo que significa que es de baja dureza, es decir agua muy blanda, por tanto el agua de la red domiciliaria es propensa a la formación de escamas o incrustaciones en la tubería de distribución domiciliaria.

2.5.2 Comparación de parámetros químicos de los puntos de medición

A continuación se detalla la comparación de los parámetros químicos con la normativa, se resumen en la tabla 13.

Tabla 13. CUADRO COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

		RESULTADOS DE ANÁLISIS				Norma NTE INEN 1 108:2011
	Unidad	Tanque de llegada	Tanques Sedimentadores	Red de distribución	Domicilio de Cuatro Esquinas	
Ph	-	7.04	7.34	7.09	7.2	6.5 -8.5
Alcalinidad	mg/l	30	17	14	36	-

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011.

Alcalinidad: El valor promedio de los cuatro puntos para alcalinidad es de 24.25 mg/l. Estos valores no están registrados en la norma ecuatoriana. El nivel máximo que es de 36mg/l está en el domicilio del barrio, y el valor más bajo que es de 14mg/l se evidencia en la red de distribución.

PH. Potencial de Hidrogeno se encuentra en los cuatro puntos de medición dentro del rango permisible ya se está entre 6.5 y 8.5, por tanto el agua no presenta problemas de acidez ya que en los cuatro puntos el Ph es 7.

2.5.3 Comparación de parámetros biológicos de los puntos de medición

A continuación se detalla la comparación de los parámetros biológicos con la normativa, se resumen en la tabla 14.

Tabla 14. CUADRO COMPARATIVO DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS

	Unidad	RESULTADOS DE ANÁLISIS				Norma NTE INEN 1 108:2011
		Tanque de llegada	Tanques Sedimentadores	Red de distribución	Domicilio de Cuatro Esquinas	
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	0	0	0	0	-
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	0	0	0	0	-
Coliformes fecales	nmp/100 ml	0	0	0	0	<2 NMP/100ml
Coliformes totales	nmp/100 ml	0	0	0	0	<2 NMP/100ml

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011.

Tanto la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno es 0 mg/l, estos parámetro no se encuentran especificados en la Norma INEN. En los cuatro puntos de muestreo se registra el valor de 0 mg/l.

Coliformes totales. En los cuatro puntos de medición se registra un valor de 0 mg/l, lo que es beneficioso ya que la norma específica que estos valores deben ser menores a 2 NMP/100ml que permite la norma INEN, por tanto es apta para el consumo humano.

Coliformes fecales. En los cuatro puntos de medición se registra un valor de 0

mg/l, lo que es beneficioso ya que la norma específica que estos valores deben ser menores a <2 NMP/100ml, por tanto es apta para el consumo humano, de acuerdo a la norma INEN.

2.5.4 Índice de Langelier

De los resultados emitidos por el laboratorio “Casa del Químico 2” indican que el agua es corrosiva porque el índice de Langelier es de -1.8. Este índice se obtiene de la siguiente expresión.

$$\text{Índice de Langelier} = \text{pH} + \text{TF} + \text{HF} + \text{AF} - 12,5$$

Donde

PH= potencial de Hidrogeno

TF= temperatura

HF: Dureza

AF= Alcalinidad

Estos valores son obtenidos de la siguiente tabla 15:

Tabla 15. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LANGELIER

Temperatura		Dureza		Alcalinidad	
C	TF	ppm	HF	ppm	AF
0	0,0	5	0,7	5	0,7
4	0,1	20	1,225	25	1,4
8	0,2	25	1,4	36	1,532
12	0,3	50	1,7	50	1,7
14	0,35	75	1,9	75	1,9
16	0,4	100	2,0	100	2,0
20	0,5	150	2,2	150	2,2
24	0,6	200	2,3	200	2,3
28	0,7	250	2,4	250	2,4
32	0,7	300	2,5	300	2,5
36	0,8	400	2,6	400	2,6
40	0,9	500	2,7	500	2,7
50	1,0	1000	3,0	1000	3,0

Fuente: Gestión de aguas y Residuos (España).

De acuerdo a la siguiente tabla se puede calcular reemplazando los valores y se obtiene un índice de -1.8.

$$\text{Índice de Langelier} = \text{pH} + \text{TF} + \text{HF} + \text{AF} - 12,5$$

$$\text{Índice de Langelier} = 7.2 + 0.35 + 1.225 + 1.532 - 12,5$$

$$\text{Índice de Langelier} = -1.8$$

Implicaciones del valor del índice de Langelier

El valor del **índice de Langelier** del agua de consumo debe estar comprendido entre -0.5 y +0.5 por normativa.

- ✓ Si su signo es negativo y mayor a -0.5: el **agua está desequilibrada y es corrosiva.**
- ✓ Si el índice de Langelier toma un valor igual a 0: el agua tiene un equilibrio perfecto.
- ✓ Si el valor del índice de Langelier está comprendido entre -0.5 y +0.5: el **agua está equilibrada.**
- ✓ Si su signo es positivo y mayor a 0.5: el **agua es está desequilibrada y es incrustante.**

El agua de consumo humano del Barrio Cuatro Esquinas es Corrosiva por su Índice de Langelier igual a **-1.8.**

CAPITULO III

3. PROPUESTA DE TRAMIENTOS PARA DISMINUIR LOS INDICES DE CORROSIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL BARRIO CUATRO ESQUINAS DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA

3.1 Problemática

Después del estudio realizado en el barrio Cuatro Esquinas el resultado es que el agua es apta para el consumo humano, sin embargo en el análisis e interpretación de los resultados se determinó que el agua del Barrio Cuatro esquinas es corrosiva ya que el Índice de Langelier es de -1.8 , debido a que la dureza registrada en el punto de medición en el domicilio del Barrio Cuatro Esquinas es de 20 mg/l CaCO_3 , lo que significa que es de baja dureza, es decir agua muy blanda, por tanto el agua de la red domiciliaria es propensa a la formación de escamas o incrustaciones en la tubería de distribución domiciliaria. Con estos antecedentes se han evidenciado problemas que afectan en un menor grado a la población, tales problemas se detallan a continuación.

3.1.1 Resequedad de la piel de los habitantes

La resequedad de la piel ocurre cuando una sustancia química elimina los aceites naturales de la piel. Las causas más frecuentes son las exposiciones a jabones, solventes y agua con altos índices de corrosión. Este efecto es temporal si cesa la exposición, lo que pudo observaren algunos habitantes del sector.

Figura 10. EVIDENCIA DE LA RESEQUEDAD DE LA PIEL A CAUSA DEL AGUA CORROSIVA



Fuente: Tesistas

3.1.2 Deterioro en utensilios de cocina

El efecto corrosivo o incrustante del agua hace que las cañerías tengan menor vida útil. La dureza ocasiona mayor consumo de jabón, obstruye los sistemas de

calefacción, tuberías y forma una gruesa costra calcárea (sarro) en los útiles de cocina.

Figura 11. CORROSIÓN EN LOS UTENSILIOS DE COCINA DEL DOMICILIO DEL SR. CARLOS HERRERA



Fuente: Tesistas

3.1.3 Deterioro de la instalaciones de distribución del agua

El agua potable de distribución, según su procedencia, contiene una serie de compuestos químicos que en la mayoría de las ocasiones varían a lo largo del año en función del régimen pluviométrico y de factores climatológicos, que determinan algunas de sus características que las hacen ser agresivas, corrosivas o incrustantes. Estos compuestos químicos son incorporados al agua por disolución o arrastre, ya sea al atravesar la atmósfera (gas carbónico, oxígeno, etc.) o durante su recorrido a través de las capas del terreno (carbonatos, sulfatos, cloruros, etc.). Según las características de éste y la cantidad de gas carbónico que haya

absorbido, disolverá más o menos cantidad de sales cálcicas, formando, por ejemplo bicarbonato cálcico. El bicarbonato cálcico llegará hasta las instalaciones, donde podrá originar incrustaciones calcáreas.

Estas incrustaciones se producen principalmente en los lugares donde el agua se calienta, o donde sufre agitaciones, turbulencias o variaciones bruscas de presión. Bajo estas condiciones, se libera el gas carbónico que mantiene disuelta dicha cal y por ello, ésta se precipita, formando las incrustaciones calcáreas en las conducciones de agua, así como en los aparatos a ellas conectados (griferías, calderas, calentadores, acumuladores, lavadoras, lavavajillas). Los valores de la dureza total del agua no son excesivamente importantes desde la óptica de su potabilidad, ya que si bien los 9.4° C. son aceptables para cualquier uso, 10° C son ciertamente aptos para beber pero elevados para casi cualquier utilización industrial y doméstica del agua.

Los materiales que, básicamente y de forma general, se utilizan en las redes de distribución y en instalaciones domiciliarias son el acero negro, el acero galvanizado, chapa de acero, cobre, aluminio, el latón y los plásticos. La acción del agua sobre algunos metales puede provocar problemas de corrosión e igualmente puede producir envejecimiento o degradación en los materiales de síntesis. Asimismo, el equilibrio calco-carbónico del agua proporciona a ésta propiedades agresivas o incrustantes que se reflejan en los conductos y elementos de las redes de distribución, efectos que pueden sumarse a los motivados por procesos microbianos.

Así por ejemplo, el caso de los depósitos acumuladores de agua caliente sanitaria que al ser afectados por el contenido en cloruros del agua, obligan a aconsejar, para concentraciones superiores a los 150 mg/l, la utilización de depósitos de acero inoxidable aleado con titanio. Un caso similar es el de los calentadores eléctricos en los que, además de ser fabricados con el material adecuadamente resistente a la corrosión.

3.1.4 Reclamos de consumidores

Muchas veces, los reclamos de los consumidores se deben al sabor u olor del agua, siendo esta la primera indicación de problemas de corrosión. Los investigadores necesitan examinar los materiales utilizados en la construcción del sistema de distribución y en las tuberías de las áreas de los reclamos.

3.2 Propuestas para controlar la corrosión en el Barrio Cuatro Esquinas

La corrosión ocurre debido a que los metales tienden a oxidarse cuando se encuentran en contacto con el agua, resultando en la formación de sólidos estables. La corrosión en los sistemas de distribución de agua puede tener un impacto sobre la salud de los consumidores, los costos del tratamiento de agua, deterioro de electrodomésticos y cambios en la apariencia del agua final.

A continuación se detalla tres mecanismos que pueden implantarse en los

domicilios del Barrio Cuatro Esquinas para combatir la corrosión del agua de consumo humano, siendo alternativas sencillas y de costo accesible.

3.2.1 Propuesta 1: Filtración de partículas en suspensión

Un primer paso para la protección de cualquier circuito de agua es evitar la entrada de partículas en suspensión, para ello se recomienda las siguientes actividades tanto para el personal del municipio de Latacunga como para los moradores del barrio Cuatro Esquinas.

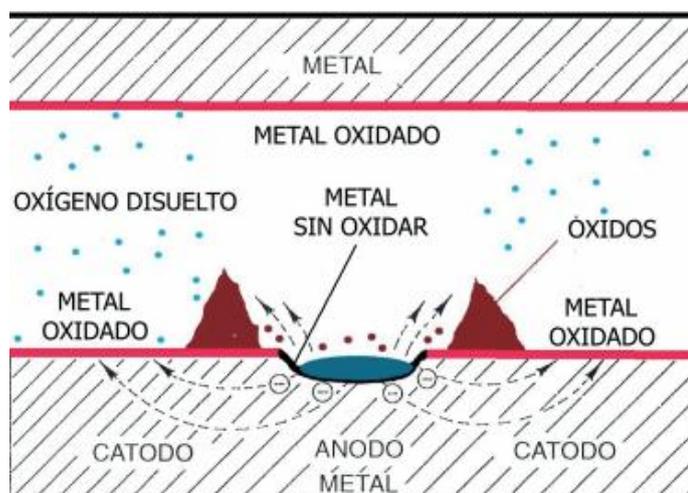
1. Realizar una inspección periódica de la entrada y salida de agua de los tanques de la planta de tratamiento municipal Loma de Alcoceres, inspección que está a cargo del personal que trabaja en el Municipio.
2. Limpiar los sedimentos depositados en el fondo de los tanques de la planta de tratamiento.
3. Monitorear en puntos estratégicos el recorrido de la tubería de agua desde la planta Loma de Alcoceres hasta el barrio Cuatro Esquinas para sustituir tuberías en mal estado si fuera el caso.
4. Al momento de realizar nuevos tendidos de tuberías para conexiones de nuevos usuarios, o ampliar la red de distribución, implementar sistemas de filtrado en los tramos para disminuir el ingreso de partículas minerales u orgánicas de todo tipo que posteriormente llegan hasta el usuario. Las redes de distribución pueden acumular además materiales depositados en la superficie interna de la tubería, formando capas conjuntamente con incrustaciones calcáreas o de óxidos generados por los procesos de corrosión.

5. En los domicilios del barrio Cuatro Esquinas se debe inspeccionar las tuberías de suministro de agua potable ya que las partículas pueden ser causa de obstrucciones en grifería, además facilitan la formación de biocapa y pueden producir importantes procesos de corrosión por aireación diferencial, en las instalaciones internas del domicilio.

Este tipo de corrosión por aireación diferencial se produce cuando una partícula extraña normalmente arrastrada por el agua se deposita sobre la superficie interna de una tubería metálica. Cuando esto sucede se origina un proceso de aireación diferencial entre la superficie cubierta por la partícula, y el resto de superficie metálica de la tubería que conduce a un proceso de corrosión.

No obstante, cuando además del contacto directo, existe agua entre los dos metales se produce una reacción electroquímica que conduce a la corrosión del metal más débil, el cual siempre será el metal no oxidado.

Figura 12. CORROSIÓN POR AIREACIÓN DIFERENCIAL



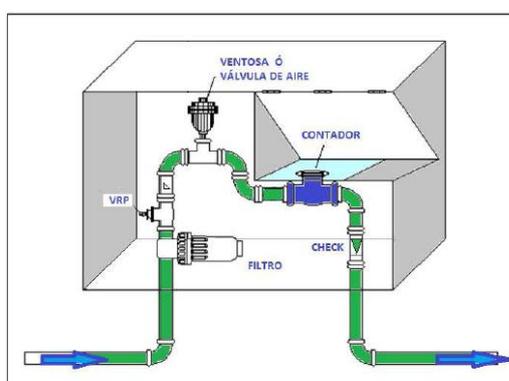
Fuente RIOS, CALDERON, ECHEVERRIA, & PEÑUELA, 2008.

Según RIOS, CALDERON, ECHEVERRIA, & PEÑUELA, 2008, “La diferencia de potencial generado, conduce al desgaste del material metálico en la zona situada bajo la partícula, lo cual produce la perforación de la tubería” (p.36).

6. Para evitar este tipo de procesos se debe instalar un sistema de filtración que evite el paso de partículas en suspensión.

En los circuitos de agua fría se debe instalar un sistema de filtración según se estipula en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo 16, en el inciso 16.5 que trata sobre Sistemas para suministros de agua en edificaciones, donde especifica que debe instalarse un filtro general para retener partículas entre 25 μm y 50 μm , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para el control del crecimiento de bacterias, evitar incrustaciones de partículas y oxidación. La instalación debe permitir su mantenimiento continuo y sin necesidad de un corte previo del servicio también indica que “la filtración del agua es un tratamiento imprescindible para evitar que puedan pasar partículas e impurezas sólidas a las tuberías”.

Figura 13. ESQUEMA DEL NUDO DE REGULACIÓN, CONTROL Y MEDIDA DEL SERVICIO DE AGUA A UN PREDIO



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Para dar cumplimiento a la norma y en vista que los domicilios del barrio Cuatro Esquinas no cuentan con un filtro a la entrada de sistema de suministro internos de agua se propone la instalación de un filtro que cuente con las características especificadas en la norma y además ayude a combatir el problema de la corrosión en el barrio, como se observa en la figura 14.

Figura 14. FILTRO PARA TUBERÍAS DOMICILIARIO TIPO RATIO FR 5315



Fuente: SYR.

El filtro ha sido diseñado como un filtro de lavado a contracorriente manual en los tamaños de conexión DN 15 - DN 25. El filtro es de acero inoxidable, cumple normas internacionales para instalaciones de agua potable principalmente para protegerlas frente a la corrosión y para ofrecer protección frente al funcionamiento incorrecto de los accesorios. Si se utiliza esencialmente como filtro de agua de uso doméstico, el filtro Ratio FR deberá

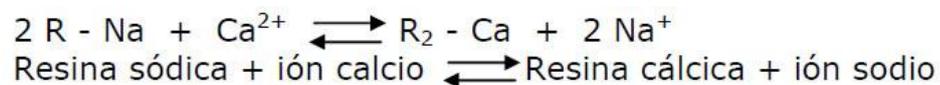
ser instalado de forma accesible directamente detrás del medidor principal del domicilio. Son filtros de fácil montaje ya que se acoplan a los diámetros de las tuberías y de poco mantenimiento.

En el mercado ecuatoriano el costo de este tipo de filtros están entre los 50-100 dólares, que todo domicilio debería poseer.

3.2.2 Propuesta 2: Descalcificación del agua por intercambio iónico

Según LOEWENTHAL, MORRISON, & WENTZEL, 2004, “La descalcificación del agua es una técnica muy utilizada para consumos reducidos”. La descalcificación utiliza resinas de intercambio iónico con grupos que incluyen iones sodio. Cuando el agua atraviesa estas resinas se intercambian los iones calcio y magnesio (que constituyen la dureza del agua) por los iones sodio de tal forma que los primeros quedan retenidos en la resina y estos últimos se incorporan al agua.

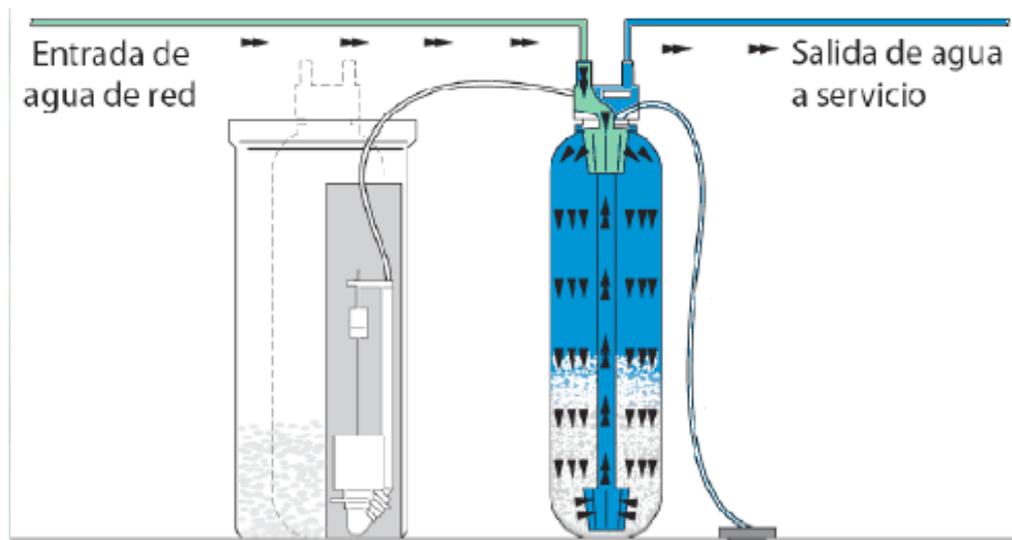
Una vez agotada la capacidad de intercambio de la resina, ésta se regenera con una solución de cloruro sódico (sal común). Esta técnica permite eliminar la dureza del agua pero modifica su composición química incorporando iones sodio. Proceso que se evidencia en la siguiente reacción química.



El equipo utilizado para la descalcificación del agua se denomina "descalcificador" y está básicamente constituido por los siguientes elementos:

- Botella (en material plástico o en acero protegido) con resina de intercambio iónico
- Depósito con carga de sal para producción de salmuera
- Sistema de control para ajuste de ciclo y para regular las diversas fases del proceso de regeneración
- Elementos auxiliares como, por ejemplo, válvula mezcladora para ajuste de la dureza residual

Figura 15. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UN DESCALSIFICADOR DE AGUA



Fuente: Agua Pasión.

Se recomienda instalar un descalcificador en los domicilios del barrio Cuatro Esquinas. En el mercado ecuatoriano estos descalcificadores se encuentran en diferentes marcas y modelos, cuyos precios esta entre 350 USD y 1000 USD.

Figura 16. MODELOS DE DESCALIFICADORES



Fuente: Agua Pasión.

3.2.3 Dosificación de inhibidores de incrustaciones

En grandes instalaciones para la prevención de incrustaciones calcáreas es frecuente dosificar inhibidores de incrustaciones, generalmente basados en polifosfatos. Estos productos actúan distorsionando la estructura cristalina de las sales cálcicas y magnésicas e inhibiendo su crecimiento regular. De esta forma la cal se mantiene en suspensión y no incrusta. La dosificación de inhibidores de incrustaciones no elimina la dureza del agua, solamente evita que ésta incruste y posteriormente genere problemas de corrosión.

En la actualidad existen modernas empresas que ofrecen soluciones técnicas avanzadas para todos aquellos aspectos relacionados con el agua y su tratamiento.

Para nuestro problema de dureza del agua los productos 55 M, 55 H y 55 M-H son una combinación equilibrada de orto y polifosfatos de sodio, de alta pureza y de calidad alimentaria con una alta capacidad de estabilización de las sales de dureza, apta para utilizar en suministro de agua potable.

Se adicionan al agua mediante los dosificadores o las estaciones dosificadoras y puede instalarse a la entrada del suministro de agua en los domicilios del barrio, así como también en la planta de tratamiento Loma de Alcocerres, ya que las estación dosificadoras están diseñadas en función del caudal de agua que va a tratar, estos pueden ser:

- **Dosificadores domiciliarios**

Los dosificadores domiciliarios se utilizan para la protección de las instalaciones de agua fría y caliente en circuitos abiertos, contra la formación de incrustaciones calcáreas y los procesos de corrosión, así como para eliminar progresivamente incrustaciones calcáreas ya existentes, en la figura 17 se puede observar dosificadores de la marca IMMUNO que se acoplan a la tubería principal.

Figura 17. DOSIFICADORES DOMICILIARIOS



Fuente: Aquatracta.

El equipo inyecta en el agua una cantidad determinada del producto de tratamiento 55 M, 55 H o 55 M-H de forma proporcional al caudal. Funciona de forma hidrodinámica sin necesidad de alimentación eléctrica, aprovechando la

energía del agua; basta con instalar el dosificador en la tubería de agua que alimenta la instalación a proteger y realizar una carga con el producto en polvo.

El elemento de conexión es orientable 360°, por lo que el dosificador puede ser acoplado indistintamente en tuberías horizontales o verticales.

Toda la gama de dosificadores están contruidos con materiales resistentes a la corrosión y cumplen con la legislación vigente para los equipos de tratamiento del agua de consumo humano.

- **Dosificadores para la planta de tratamiento del Municipio de Latacunga**

Se puede utilizar sistemas acoplados a la red de suministro de agua que permite la dosificación de tratamientos químicos en sistemas de potabilizado de agua, mantienen un control preciso en la inyección regulada de inhibidor de Incrustaciones para evitar la corrosión, este equipo debido al caudal que maneja requiere una inversión que debe asumir las autoridades municipales.

Figura 18. ESTACIONES DOSIFICADORAS



Fuente: Bariflow.

- **Productos químicos**

Se utilizan para proteger las instalaciones de producción y distribución del agua frente a las incrustaciones calcáreas y los procesos de corrosión así como para recuperar antiguas instalaciones incrustadas o en mal estado.

Figura 19. PRODUCTOS QUÍMICOS DE TRATAMIENTO



Fuente: Aquatracta.

El producto 55 M se suministra en la cantidad adecuada para los dosificadores. La selección del producto se realiza en función de la dureza del agua según la siguiente tabla:

PRODUCTO	DUREZA
55 M-H	5 – 30 °f
55 M	1,6 – 25 °f
55 H	20 – 32 °f

El producto adecuado es 55M, porque en base a los resultados del análisis de los parámetros físicos- químicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas se evidencia una dureza de 2 °f (20 mg/l de CaCO₃).

Tabla 16. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS

PRODUCTO	55 M	55 H	55 M-H
Estado físico	Polvo		
Color	Blanco		
pH (10 g/L)	7,2 – 8,2		
Densidad aparente (g/L)	850 – 950		
Dosis (mg/L)	8 – 9		
Envases	10 kg	10 kg	12 x 80 g 2 x 350 g

Fuente: Agua Pasión

El precio del producto 55M es de 26USD por cada Kilogramo, si el consumo promedio de una familia de 4 personas es de 10 m³ al mes, el costo de utilización de este químico representará 2.34 USD al mes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los resultados del estudio de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi , demuestra que los sólidos totales disueltos es de 63mg/l, el color se ubica en 5 Pt-co y la turbiedad de 1.02 NTU, en los cuatro puntos de medición no sobrepasan el límite máximo permisible para agua de consumo humano manteniéndose en niveles aceptables a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006.
- Los resultados de la evaluación de los parámetros químicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas indica que el PH y alcalinidad están dentro de los límites permisibles de la normativa INEN y los parámetros biológicos como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es 0 mg/l en los cuatro puntos de medición y también la Demanda Biológica de Oxígeno es 0 mg/l lo que demuestra que no existe presencia de coliformes fecales y coliformes totales.
- La dureza registrada en el domicilio del barrio Cuatro Esquinas es 20 mg/l CaCO_3 (2°f), lo que significa que es de baja dureza, es decir agua muy blanda, por tanto el agua de la red domiciliaria es propensa a la formación de escamas o incrustaciones en la tubería de distribución, por lo que el índice de Langelier registrado en el domicilio es de -1.8, su signo es negativo y mayor a -0.5 por tanto el agua está desequilibrada y es corrosiva, razón por la cual la población se ve afectada por la resequedad de la piel, corrosión en utensilios de cocina, y deterioro de los sistemas de distribución domiciliaria de agua.

- El agua del barrio Cuatro Esquinas es un agua de carácter ligeramente básica, con valores bajos de color y turbiedad. De tipo corrosiva y agresiva. Tiene sodicidad baja lo que demuestra es apta para implementar el método de descalcificación del agua por intercambio iónico, lo que significa que es factible la implementación de las propuestas para mitigar el problema de la corrosión y evitar el deterioro en los sistemas de distribución produciéndose perforaciones y obstrucciones en las tuberías.

4.2 Recomendaciones

- Realizar un mantenimiento del sistema de conducción y distribución del agua desde la Planta de Tratamiento Loma de Alcoceres a los diferentes Barrios de la ciudad para evitar la contaminación y alteración de la calidad del líquido vital.
- Se recomienda el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción al realizar acometidas domiciliarias.
- A los moradores del barrio Cuatro Esquinas se recomienda implementar alguna de las propuestas especificadas en este documento como son la colocación de sistemas de filtración de partículas en suspensión, descalcificación del agua por intercambio iónico o dosificación de inhibidores de incrustaciones.
- Desarrollar proyectos de investigación a lo largo de la provincia de Cotopaxi, para evaluar la calidad del agua de consumo humano de la población, debido a que no se conoce las características del suministro de agua, especialmente en los sectores rurales.
- A las autoridades de la institución y autoridades municipales aunar esfuerzos y acuerdos para garantizar el monitoreo constante de las condiciones de la calidad de agua de consumo humano de la ciudad de Latacunga, utilizando el laboratorio de calidad ambiental que se implementará en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- A, C. (1992). Informative processing coupled with Expert System for water treatment. ISSN: p-ISSN: 1735-1979
- ACOTECNIC CÍA (Abril de 2011). Estudio de Impacto Ambiental del Plan Maestro de Alcantarrillado Latacunga. Obtenido de <http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/ebeltran/01-%20MEMORIA%20ESTUDIO%20AMBIENTAL.pdf>
- AGUA PASION (Abril de 2011).. Recuperado el Diciembre de 2013, de <http://www.aguapasion.es/blog/osmosis-inversa/46982-indice-langelier-como-calcularlo-que-significa>
- ALVAREZ, R., GIACALONE, R., & MANUEL, S. J. (2008). Globalización, integración y fronteras en America Latina. Universidad de los Andes: Consejo de Publicaciones, California. ISBN: 9801106069
- AMBIENTUM, R. (2008). Revista Ambientum. Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de <http://www.ambientum.com/revistanueva/2005-09/aguas.htm>
- ANDRADE, R. (Julio de 2009). TRATAMIENTO DE AGUA. Recuperado el Junio de 2013, de http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm
- BERNARD, J., & NEBEL, R. (1999). Ecología y Desarrollo sostenible. PRENTICE HALL. Mexico 698 pp: Sexta Edición. ISBN 970-17-0233-6
- BRAVO, J. (1992). Metodos Normalizados para el analisis de aguas potables y residuales (17 ed.). Madrid España: Ediciones Dias de Santos.
- CAÑADAS, L. (1983). El mapa bioclimatico y ecológico del Ecuador. Quito, Ecuador: MAG- PRONAREG. ISBN: 9978-40-028-1
- COLLINS, A., & G, E. (1992). Informative Processing couple for expert for water treatement. Pais.
- CONAGUA (Diciembre de 2007). Manual de alcantarrillado y Agua Potable. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>
- COMITE EJECUTIVO DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2013). NORMA ECUATORIANA DE LA

CONSTRUCCIÓN. MIDUVI NORMA HIDROSANITARIA AGUA
(Vol. 16, pág. 12). Quito.

DEVLIN, T. (2006). Bioquímica: libro de texto con aplicaciones clínicas (Cuarta ed., Vol. 3). Barcelona, España: Reverté. ISBN: 84-291-7208-4

GEDAR. (Diciembre de 2013). Gestion de Aguas y Residuos. Obtenido de http://www.gedar.com/PDF/Piscina/GEDAR-INDICE_DE_LANGELIER.pdf

INEC. (2010). ECUADOR EN CIFRAS. INEC.

INFOIARNA. (Enero de 2006). Calidad del agua. (Aguas con el agua) Recuperado el Junio de 2013, de http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf

FALCON. K. (2012). Estructura del proceso funcional de Emapal. Recuperado el junio de 2013, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5922/2/DT-ESPEL-0966.pdf>

LENNTECH. (2006). Agua residual & purificación del aire. Holanda: Holding B.V. Rotterdamseweg. ISBN: 978-99954-766-2-5

LETTERMAN. (2001). Water Quality and Treatment (Quinta ed.). New York: McGraw-Hill. ISBN-13: 063-9785316107

LLORET, P. (2000). Gestión de Cuencas Hidrográficas. Agua para consumo Humano. Cuenca – Ecuador. 137 pp. ISBN 95876801892

LOEWENTHAL, R., MORRISON, I., & WENTZEL, M. (2004). Control of Corrosion and Aggression in Drinking Water Systems. Water Science and Technology. ISBN:77-089284

MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL AGUA. (2010). EE UU: © Hach Company Primera Edición .

MADDISON, L., GAGNON, G., & EISNOR, J. (2001). Corrosion Control Strategies for the Halifax Regional Distribution System. Can.J.Civ.Eng. ISBN: 978-1-58321-790-0

MARTÍN, A., & MUÑOZ, Á. (2011). El agua y sus propiedades (Segunda ed., Vol. 37). Madrid: C.I.D.E. ISBN 10: 8479590092

MARTINEZ, C. (2006). Atlas socioambiental de Cotopaxi. Quito: ECOciencia /HCPC. ISBN: 9978-44-864-0

- MYNOR, R. (2012). TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN AGUAS RESIDUALES. España: Universidad Rafael Landívar Recuperado de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf
- NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER, c. (1997). Control de la corrosión, Tecnología en breve 1-4. Recuperado el Diciembre de 2013, de <http://www.googleacademico.com>
- OROPESA. (1991). Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cuba: Laria N Y.
- ROMERO, U. d. (s.f.). Potabilizacion del agua. Obtenido de <http://quimicaparaingenieria.blogspot.com/2012/12/potabilizacion-del-agua.html>
- RIGOLA LAPEÑA, M. (1989). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Marcombo. ISBN: 84-267-0740-8
- RIOS, J., CALDERON, J., ECHEVERRIA, F., & PEÑUELA, G. (2008). Diseño de un sistema piloto para el estudio de la corrosión del material de tuberías y su contribución en el deterioro de la calidad del agua potable. Universidad de Antioquia.
- ROGER, A. (1997). Agua Potable para poblaciones Rurales. Lima: Pittman . ISBN: 978 92 4 356263 6
- ROJAS, M. (2012). Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.). 1.
- RUDENKO. (1983). Filtro de zeolita para tratamiento de agua de alta turbiedad. . Tecnología vody. Disponible en <http://www.itson.mx/publicaciones/>
- SAWYER, C., McCARTY, P., & PARKIN, G. (2001). Química para Ingeniería Ambiental. Bogota: Editorial McGRAW-HILL, Cuarta edición. ISBN 9584101641
- SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA (Enero de 2012). Secretaria Nacional del agua. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.agua.gob.ec/titular-de-la-senagua-participo-en-reunion-ampliada-en-latacunga/>
- SNI. (2012). Sistema Nacional de Informacion. Recuperado el 2013, de <http://www.sni.gob.ec/web/guest;jsessionid=6F46B85DD3BF9DA0D8D0754F6291EFCD>
- SORIA. (2013). Tratamiento de agua. Entrevista Wikipedia.
- TEBBUTT, T. H. (1990). Fundamentos de control de la calidad del agua. Limusa. ISBN: 9789681833176

TEIJON, J. M. (2006). Fundamentos de bioquímica estructural. Madrid: Tebar, Segunda edición. ISBN: 8473602285

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL, Libro VI de la calidad ambiental. (Título VII Anexo 1). Ecuador: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

VALENCIA, R., & SIERRA, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para Ecuador continental. Quito.

Vascones, A. (Enero de 2011). Aguas destinadas al consumo humano. Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.consumoteca.com/alimentacion/agua/aguas-destinadas-al-consumo-humano>

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa (CEPE). Recommendations to ECE Governments on water quality criteria and objectives (1993), disponible en:
<http://www.un.org/es/ecosoc/about/europe.shtml>
- Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua, Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo, (2011)
http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636_spa.pdf?ua=1
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Water Quality and Health Strategy . (Enero 2013), disponible en <http://www.who.int/topics/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Water Safety Planning for Small Community Water Supplies. Step-by-step risk management guidance for drinking-water supplies in small communities (Julio 2012), disponible en <http://www.who.int/es/>
- UNESCO Water Quality for Ecosystems and Human Health. 2ª edición. PNUMA, ERCE.,(2008), disponible en <http://www.unesco.org/new/es>
- WWAP Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo «El agua en un mundo en constante cambio».,(2009). Disponible en http://www.unesco.org/water/wwap/index_es

PAGINAS WEB CONSULTADAS

- Agencia de protección Ambiental de los estados unidos. Disponible en <http://www.epa.gov/espanol/agua.html>
- Calidad de agua en el Ecuador. Disponible en http://www.eclac.org/deype/noticias/noticias/1/44071/SENAGUA_calidad_agua.pdf
- CONAGUA. Redes de distribución de agua. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/>
- Departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas. Disponible en <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- FAQ Calidad de agua Disponible en <http://www.lenntech.es/faq-calidad-agua.htm>
- La calidad de agua potable, con dudas. Disponible en <http://www.ipv6.pelverdadero.com.ec/nota-del-dia/item/la-calidad-del-agua-potable-con-dudas.html>
- Manual de procedimiento de toma de muestra de agua. Disponible en <http://tecnologosencontrolambientalsenacicuc.blogspot.com/p/manual-de-procedimiento-de-toma-de.html>
- Número de viviendas que reciben agua potable en el ecuador. . Disponible en http://www.inec.gob.ec/sitio_carto/VIVIENDAS%20RECIBEN%20AGUA%20-RED%20PUBLICA.pdf
- Planeta Azul, Notas a Gotas Calidad del agua. Disponible en <http://comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/calidad-del-agua/>
- Secretaria Nacional del Agua . Disponible en

<http://www.agua.gob.ec/>

- Agua Pasión. Disponible en <http://www.aguapasion.es/blog/osmosis-inversa/45716-proceso-descalcificacion>
- Aquatracta . Disponible en <http://www.aquatracta.com/Edificios.PQ.Inh.Incrustacion.html>

ANEXOS Y GRÁFICOS

Anexo 4: Visitas de campo



Tanque de llegada



Punto 2: Tanques sedimentadores



Punto 3: Distribución a los barrios



Punto 4: Domicilio Sr Carlos Herrera

