



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

TESIS DE GRADO

**“DIAGNÓSTICO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL ACADÉMICO SALACHE DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI E IMPLEMENTACIÓN DE
LAS MEDIDAS CORRECTIVAS EN EL PERIODO ACADÉMICO**

**Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Ingenieros de
Medio Ambiente**

Postulantes:

Juan Carlos Álvarez Tacunga

Luis Rolando Acuña Parra

Director:

Ing. Renán Arturo Lara Landázuri

Latacunga - Ecuador



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **JUAN CARLOS ÁLVAREZ TACUNGA** y **LUIS ROLANDO ACUÑA PARRA**; declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada 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 nuestro derecho 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:

Juan Carlos Álvarez Tacunga
C.I. 050334831-0

Luis Rolando Acuña Parra
C.I. 050317146-4



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ing. Renán Lara Landázuri, Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y Director de la presente Tesis de Grado: **“Diagnóstico del agua de consumo humano en el centro experimental académico SALACHE de la Universidad Técnica de Cotopaxi e implementación de las medidas correctivas en el periodo académico 2013”**, de los egresados Juan Carlos Álvarez Tacunga y Luis Rolando Acuña Parra, de la especialidad de Ingeniería de Medio Ambiente. **CERTIFICO:** Que ha sido prolijamente revisada. Por tanto, autorizo la presentación; de la misma ya que está de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Ing. Renán Arturo Lara Landázuri
DIRECTOR DE TESIS



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

LATACUNGA-COTOPAXI-ECUADOR

AVAL DEL TRIBUNAL

En calidad de miembros del tribunal para el acto de Defensa de Tesis de los Sres. postulantes: Juan Carlos Álvarez Tacunga y Luis Rolando Acuña Parra, con el Tema: **“Diagnóstico del agua de consumo humano en el centro experimental académico SALACHE de la Universidad Técnica de Cotopaxi e implementación de las medidas correctivas en el periodo académico 2013”**, se emitieron algunas sugerencias, mismas que han sido ejecutado a entera satisfacción, por lo que autorizamos a continuar con el trámite correspondiente.

Ing. Ivonne Alejandra Endara Campaña

Presidente del Tribunal

Lic. Tania Libertad Vizcaíno Cárdenas
Opositor del Tribunal

Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo
Miembro del Tribunal



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **ÁLVAREZ TACUNGA JUAN CARLOS y ACUÑA PARRA LUIS ROLANDO**, cuyo título versa **“DIAGNÓSTICO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL ACADÉMICO SALACHE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS EN EL PERIODO ACADÉMICO 2013”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Atentamente,

Lic. M. Sc. Marcia Janeth Chiluisa Chiluisa

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

C.C. 0502214307

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a DIOS por sus bendiciones.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por haber hecho posible y darme la oportunidad de estudiar, para hoy por hoy convertirme en un profesional de excelencia académica.

A mi director de tesis, Ingeniero Renán Lara por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado encaminar de la mejor manera mis conocimientos y mi tesis con éxito.

Además me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos aportaron con un granito de arena a mi formación, capacitación y conocimiento práctico- didáctico

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Juan Carlos. Álvarez Tacunga

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haber sido la guía durante este trabajo de investigación.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y la vez a la Carrera de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por haber inculcado durante estos años la formación académica, ética y moral.

Al director de tesis, Ing. Renán Lara por el apoyo académico y moral brindado durante el tiempo estudiantil y realización del presente trabajo de investigación.

A mis profesores y amigos quienes también estuvieron conmigo en el transcurso de ésta carrera universitaria y hemos compartido gratos momentos.

A toda mi familia, los cuales supieron guiarme y apoyarme en los malos y buenos momentos para seguir adelante y concretar una meta más en mi formación académica y personal.

Luis Rolando Acuña Parra

DEDICATORIA

A mi Madrecita Querida Anita María Tacunga quien forjo mi personalidad, por su apoyo incondicional, y sobre todo por a verme demostrado que se pueden cumplir las metas propuestas con aciertos y desaciertos.

“Hoy Mamita querida he culminado una meta más en mi vida, le debo todo lo que soy, gracias a usted Mamá”

A mis Hermanos que siempre han estado para apoyarme; Paulina, Hugo, Fernanda y Daniel

A mis hijos, mi varón Juan Daniel quien siempre me acompañó con una sonrisa, quien me enseñó a ser Padre para ti hijo mío; A mi Camila Michelle la niña de mis ojos. A mi esposa Marthy

Y a ti Papá (QEPD) quien desde el cielo siempre nos ha cuidado.

“Para ustedes que me apoyaron incondicionalmente.”

Juan Carlos Álvarez Tacunga

DEDICATORIA

Encontrar unas buenas palabras para entregar este trabajo de grado es recordar parte de mi vida, mis experiencias, mis dudas y temores. Esperando este momento que a veces pensé que no llegaría, hoy esta meta me llena de valor para ir por otras más lejanas.

Dedico la culminación de este trabajo a Dios por ser mi guía, por mantener encendida su luz en aquellas ocasiones en donde se me volvieron oscuros los caminos.

Al apoyo que siempre he recibido de mi madre Delia Matilde Parra, quien fue el pilar fundamental para culminar mi vida estudiantil.

A mis hermanos y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron y pusieron su granito de arena e hicieron posible que hoy sea un día importante en mi vida, muchas gracias a todos.

Luis Rolando Acuña Parra

RESUMEN:

La presente investigación se realizó a fin de conocer la calidad del agua de consumo humano en Centro Experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para elaborar posibles medidas correctivas, en base los resultados obtenidos de las muestras enviadas para su análisis correspondiente, con parámetros de total importancia como son; Sólidos Totales Disueltos; Conductividad; Dureza Total; pH y Coliformes Totales. Estos resultados han sido debidamente comparados y analizados con las normas Ecuatorianas, donde se presentan los límites máximos permisibles que debe tener el agua de Consumo Humano.

Se debe reconocer la importancia de la calidad de agua consumida por el ser humano, por esto, se tomó en referencia las normas vigentes en los Países de México y Honduras, quienes se han enfocado en toda la infinidad de parámetros existentes, como el parámetro de la conductividad, así pudimos tener una referencia para este parámetro, Normas basadas en lo que recomienda la Organización Mundial de la Salud.

Los resultados dieron como conclusiones, que la mayor parte de los parámetros analizados están en un margen aceptable, sea con la NORMA ECUATORIANA INEN 1108, el Texto de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente Ecuatoriano o las normas tomadas como referencia, no siendo así, el parámetro de Coliformes totales que muestra un incremento menor en su NMP conforme transcurre su viaje hasta los grifos de la institución, por lo que elaboramos una propuesta de medidas correctivas que se pudiesen adoptar, presentando así el método de Filtración que reduciría hasta en un noventa por

ciento del conteo de colonias del agua cruda/agua filtrada, para así salvaguardar la salud de quienes conformamos el Centro Experimental SALACHE.

TOPIC:

"Diagnosis of drinking water human in Salache Experimental Center of the Cotopaxi Technical University and implementation of corrective measures in the period academic 2013 ".

SUMMARY:

This research was carried out in order to ascertain the quality of water for human consumption in Salache Experimental Center of the Cotopaxi Technical University, to develop possible corrective measures, on the basis the results from samples sent to their analysis, with parameters of total importance as are; Total Dissolved Solids; Conductivity; Total Hardness; pH and Total Coliforms. These results have been properly compared and analyzed with standards Ecuadorian, featuring the maximum permissible limits which should have water for human consumption.

It should be recognized the importance of the quality of water consumed by humans, by this, was taken in reference regulations in the countries of Mexico and Honduras, who have focused on all the infinity of existing parameters such as conductivity parameter, so were able to have a reference for this parameter, standards based on which encouraged the World Health Organization.

The results gave as conclusions, that most of the parameters analyzed are in an acceptable range. as with the standard Ecuadorian INEN 1108, the text of secondary environmental legislation of the Ministry of environment Ecuadorian or taken as reference standards, otherwise, parameter of total coliforms which shows an increase in a NMP as spent its trip to the taps of the institution, for which elaborate a proposal for corrective measures that could be adopted, thus

presenting the filtration method that would reduce up to ninety percent of the count of colonies of water raw/filtered water, for thus to safeguard the health of those who formed the SALACHE Experimental Center.

ÍNDICE.	Pág.
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AVAL DEL TRIBUNAL.....	iv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIAS.....	viii
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xi
ÍNDICE.....	xii

I INTRODUCCIÓN

II OBJETIVOS.....	3
Objetivo principal	
Objetivos Específicos	

CAPITULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1 Antecedentes.	
1.2 MARCO	
TEÓRICO.....	5
1.2.1 El agua.	
1.2.1.1 Definición	
1.2.1.1 Ciclo del agua.....	6

1.2.1.2	Propiedades físicas y químicas del Agua.....	9
1.2.1.3	Efectos sobre la civilización humana.....	12
1.2.1.4	La ONU declara al agua y al saneamiento derecho humano esencial.....	13
1.2.1.5	Agua de consumo humano	
1.2.1.6	Parámetros del agua para consumo humano.....	16
1.2.1.8	Contaminación del agua.....	17
1.2.2.1.	La calidad del agua.....	19
1.2.2.2	Importancia de la calidad del agua.....	21
1.2.2.3	Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica.....	22
1.2.3	Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua.....	23
1.2.3.1	Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua	
1.2.3.2	La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua.....	24
1.2.3.3	La agricultura y su influencia en la calidad del agua.....	25
1.2.3.4	Actividades humanas.....	26
1.2.3.5	Cobertura vegetal.....	27
1.2.3.6	Actividades forestales	
1.2.4	Criterios de calidad de agua.....	28
1.2.4.1	Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua.	
1.2.4.1.1	Indicadores microbiológicos del agua.	
1.2.4.1.2	Indicadores físicos y químicos del agua.....	29
1.2.4.1.2.1	Sólidos totales disueltos	
1.2.4.1.2.2	La conductividad	
1.2.4.1.2.3	pH o concentraciones de iones hidrógeno.....	31
1.2.4.1.2.4	Dureza Total	
1.2.5	Tecnologías apropiadas para desinfección del agua.....	32
1.2.5.1	Desinfección física.....	33
1.2.5.1.1	Hervido	
1.2.5.1.2	Desinfección por ebullición	
1.2.5.1.3	Radiación	

solar.....	34
1.2.5.1.4 La aireación	
1.2.5.1.5 Coagulación y floculación	
1.2.5.1.6 Desalinización.....	35
1.2.5.1.7 La filtración	
1.2.5.1.8 Almacenamiento y sedimentación	
1.2.5.1.9 Tamizado.....	36
1.2.5.2 Desinfección química	
1.2.5.2.1 Cloración	
1.3. MARCO LEGAL.....	37
1.3.1. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua	
1.3.2. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS)	
Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.....	38
1.3.3. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: especificaciones del agua potable...39	

CAPITULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
2.1 MATERIALES	
2.1.1 Talento humano	
2.1.2 Recursos materiales	
2.2 METODOLOGÍA.....	41
2.2.1 Descripción del área de estudio	
2.2.2 Ubicación de la concesión de agua.	
2.2.3 Diseño de la investigación.	
2.2.3.1 Preguntas directrices.	
2.2.3.2 Variables.....	42
2.2.4 Tipos de investigación.	
2.2.4.1 Investigación de campo	
2.2.4.2 Investigación cualitativa	
2.2.4.3	Investigación

cuantitativa.....	43
2.2.4.4 Investigación documental	
2.2.4.1 Investigación de campo	
2.2.4.2 Investigación descriptiva	
2.2.4.3 Investigación documental.....	41
2.2.4.4 Investigación cualitativa	
2.3 MÉTODOS	
2.3.1 Método Inductivo.....	42
2.3.2 Método Deductivo	
2.3.3 Método de análisis	
2.4 Manejo experimental.....	45
2.4.1 Fase de campo	
2.4.2 Ubicación.....	45
2.4.3 Determinación y frecuencia de los puntos de muestreo.....	46
2.5 Procesos metodológicos	
2.5.1 Muestreos de agua a lo largo de la conducción y distribución (concesión, tanque de almacenamiento y grifo)	
2.5.1.1 Recolección de muestras.	
2.5.1.2 Colecta y registro de la muestra.....	47
2.5.1.3 Identificación de la Muestra.....	53
2.5.1.4 Materiales Requeridos	
2.5.1.5 Toma de Muestras.....	54
2.5.1.6. Toma de Muestra para Análisis Físicoquímico	
2.5.1.7 Volumen de Muestras.....	55
2.5.1.8 Recolección de la información en las muestras	
2.5.1.9 Transporte de las Muestras.....	56

CAPITULO III

3. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y PROPUESTA.....	57
3.1. Determinación la calidad del agua con el análisis de las muestras tomadas.	

3.1.1 Resultados y comparación con las normas INEN 1108 y TULAS	
3.2 MUESTRAS TOMADAS EN LA CONCESIÓN	58
3.2.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	
3.2.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	60
3.3 MUESTRAS TOMADAS EN TANQUE RESERVORIO	61
3.3.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	
3.3.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	63
3.4 MUESTRAS TOMADAS EN EL GRIFO	64
3.4.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	
3.4.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	66
3.5 CONCLUSIONES POR PARÁMETRO Y TENDENCIA	67
3.6 RECOMENDACIONES	70
3.6.1 Propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas en base a los resultados obtenidos.	
3.6.1.1 MÉTODOS GENERALES DE TRATAMIENTO	
3.6.1.2 Objetivos del tratamiento	
3.6.1.3 Procesos de tratamiento	71
3.6.2 FILTRACIÓN	
3.6.2.1 Clasificación de los filtros	72
3.6.2.1.1 Filtros lentos	
3.6.2.1.1.1 Operación del filtro lento	73
3.6.2.1.1.2 Periodo de maduración del filtro lento	
3.6.2.1.1.3 Pérdida de carga	
3.6.2.1.1.4 Limpieza del filtro lento	
3.6.2.1.2 Filtros rápidos de gravedad	74
3.6.2.2. Lavado de los filtros	78
3.6.2.3 Tiempo de lavado	79
3.6.2.4 Tiempo de drenaje	80
3.6.2.4 Determinación de la expansión de la arena	81
3.6.2.5 Determinación de la velocidad de lavado	83
3.6.2.6 Determinación experimental de la velocidad de filtración (tasa de filtración)	85

3.6.2.7 Cálculo de la tasa de filtración.....	86
3.6.2.8 Determinación de la pérdida de carga.....	87
3.6.2.9 Estado de un filtro.....	87
3.6.2.10 Colmatación de la arena.....	88
3.6.2.11 Desprendimiento del aire.....	89
3.6.2.12 Distribución uniforme de la filtración y del agua de lavado.....	90
3.6.2.13 Bolas de lodo.....	91
3.6.2.14 Método de Baylis para clasificar el lecho filtrante mediante el volumen de bolas de lodo.....	92
3.6.2.15 Medición del volumen de las bolas de lodo.....	93
3.6.2.15.1 Clasificación	
3.6.2.16 Grietas y ranuras en el lecho filtrante.....	94
3.6.2.17 Precauciones para la corrección de las alteraciones en los filtros.....	95
3.6.2.18 Lavado mecánico de la arena.....	96
3.6.2.19 Fijación racional del tiempo de lavado	
3.6.2.20 Determinación de la pérdida de carga cuando el nivel de agua en los filtros se mantiene constante.....	97
3.6.2.21 Evaluación de la filtración.....	98
3.6.3 Propuesta del filtro lento dimensiones, metodología de cálculo.....	99
3.6.3.1 Teoría de la sedimentación	
3.6.3.2 Metodología de cálculo.....	100
3.6.3.2.1 DATOS	
3.6.3.2.2 FORMULAS	
3.6.3.2.3 Cálculo de la tasa de filtración.....	101
3.6.3.2.4 DESARROLLO:	

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y ARTÍCULOS DE PUBLICACIONES EN SERIE.....	102
LINCOGRAFIA.....	103

ANEXOS

INFORMES DE RESULTADOS:

GALERÍA FOTOGRÁFICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Distribución del agua en la Tierra; Situación del agua.....	9
Tabla 1.2 Consumo aproximado de agua por persona/día.....	15
Tabla 1.3 Factores para convertir conductividad específica del agua a valores relativos a 25°C.....	31
Tabla 1.4 Interpretación de la dureza en el agua potable.....	32
Tabla 2.1 VARIABLES.....	42
Tabla 2.2 Formato de Recolección de datos.....	53
Tabla 2.3 Recolección de datos.....	55
Tabla 3.1 Aspectos de carácter.....	57
Tabla 3.2 Resultado pH.....	58
Tabla comparativa 3.3	
Tabla 3.4 Resultado Solidos Totales.	
Tabla comparativa 3.5.....	59
Tabla 3.6 Resultado Conductividad.	
Tabla comparativa 3.7	
Tabla 3.8 Resultado Dureza Total.....	60
Tabla comparativa 3.9	

Tabla 3.10 Resultado Coliformes Totales.	
Tabla comparativa 3.11	
Tabla 3.12 Resultado pH.....	61
Tabla comparativa 3.13	
Tabla 3.14 Resultado Solidos Totales.	
Tabla comparativa 3.15.....	62
Tabla 3.16 Resultado Conductividad.....	62
Tabla comparativa 3.17	
Tabla 3.18 Resultado Dureza Total.....	63
Tabla comparativa 3.19	
Tabla 3.20 Resultado Coliformes Totales.	
Tabla comparativa 3.21	
Tabla 3.22 Resultado pH.....	64
Tabla comparativa 3.23	
Tabla 3.24 Resultado Solidos Totales.	
Tabla comparativa 3.25.....	65
Tabla 3.26 Resultado Conductividad.	
Tabla comparativa 3.27	
Tabla 3.28 Resultado Dureza Total.....	66
Tabla comparativa 3.29	
Tabla 3.30 Resultado Coliformes Totales.	
Tabla comparativa 3.31	
Tabla 3.32 Parámetro pH.....	67
Tabla 3.33 Parámetro Solidos Totales.....	68
Tabla 3.34 Parámetro Conductividad	
Tabla 3.35 Dureza Total.....	69
Tabla 3.36 Coliformes Totales	
Tabla 3.37 Clasificación línea tope.....	94
Tabla 3.38 Valores de sedimentación.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Estructura del Agua.....	5
-----------------------------------	---

Fig. 1.2. Ciclo del Agua	7
Fig.1.3 Factores que influyen en la calidad del agua en una microcuenca.....	23
Fig. 2.1 Recolección de muestras de una corriente de agua.....	48
Fig. 2.2 Recolección de muestras de pozos excavados y fuentes similares	
Fig. 2.3 Amarre del cordón al frasco.....	49
Fig. 2.4 Ubicación del frasco en el pozo	
Fig. 2.5 Sumergiendo el frasco	
Fig. 2.6 Elevación del frasco.....	50
Fig. 2.7 Abrir el grifo	
Fig. 2.8 Abrir el frasco de muestreo	
Fig. 2.9 Llenar de la muestra el frasco.....	51
Fig. 2.10 Dejar un espacio de aire	
Fig. 2.11 Colocación del tapón al frasco	
Fig. 2.12 Preservación de la muestra.....	52
Fig. 2.13 Transporte de las muestras	
Figura 3.1 Elevación de un filtro lento.....	72
Figura 3.2 Esquema de un filtro rápido de gravedad con fondo falso.....	75
Figura 3.3 Filtro rápido de gravedad. Corte vertical.....	76
Figura 3.4 Lavado Simple.....	78
Figura 3.5 Medición de la expansión de la arena.....	81
Figura 3.6 Determinación de la velocidad de lavado.....	83
Figura 3.7 Tasa de Filtración.....	85
Figura 3.8 Varilla graduada para determinar la profundidad de la arena.....	91
Figura 3.9 Tubo de muestreo o muestreador.....	92
Figura 3.10 Asta de madera.....	95
Figura 3.11 Filtro.....	97
Figura 3.12 Propuesta de filtro lento.....	99

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 2.1 Fases de manejo experimental.....	45
Grafico 2.2 Puntos de muestreo.....	46
Grafico 3.1 pH.....	67

Grafico 3.2 Solidos Totales.....	68
Grafico 3.3 Conductividad	
Grafico 3.4 Dureza Total.....	69
Grafico 3.5 Coliformes Totales	

I. INTRODUCCIÓN:

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, con más de 6 000 millones de seres humanos, está enfrentándose con una grave crisis de agua. El crecimiento de las poblaciones urbanas y la creciente demanda del preciado líquido para el consumo doméstico, agrícola y los sistemas de riego en las últimas décadas, han provocado que grandes poblaciones vivan bajo estrés hídrico, la producción agrícola disminuya, se sobreexploten las fuentes de agua, se incrementen los conflictos, la contaminación y la pobreza. Lo anterior ha afectado los niveles de progreso y desarrollo de las sociedades; las causas varían de una región a otra, y van desde el hecho de que sólo unos pocos países abordan el problema de acceso como prioridad de Estado (con limitadas asignaciones presupuestarias); pasando por el hecho de que las personas más pobres están pagando precios mucho más altos por el agua (limitada cobertura de redes de abastecimiento), y finalmente porque no ha existido la capacidad por parte de los gobiernos, en asumir como prioridad de desarrollo, al agua y su saneamiento.

Las cifras indican que más de 1200 millones de personas son privadas del derecho a agua limpia; por lo que cada año mueren cerca de 1.8 millones de niños y niñas como consecuencia directa de enfermedades causadas por la baja calidad del agua. (MILLER, 2002)

En el Ecuador, según SENAGUA 2009, las principales variables socioeconómicas que tienen incidencia en el uso del agua son: consumo doméstico, agricultura, industria y generación de energía hidroeléctrica los cuales son el motor de desarrollo y fuente de riqueza que ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

El problema más grande que enfrenta el Centro Experimental Académico SALACHE es precisamente el no contar con un diagnóstico preciso del agua de consumo humano, que se utiliza en dichas instalaciones, lo que no garantiza que el agua sea apta para su consumo, por eso fue necesario ejecutar el presente

proyecto, cuyos resultados nos permitirán presentar una propuesta para que se puedan aplicar las medidas correctivas necesarias en bien de la salud de todos quienes conformamos parte de nuestra institución.

II. OBJETIVOS:

Objetivo principal:

Determinar la calidad del agua de consumo humano en el Centro Experimental Académico SALACHE, de la Universidad Técnica de Cotopaxi y presentar una propuesta para implementar las medidas correctivas.

Objetivos Específicos:

- Realizar muestreos de agua a lo largo de la conducción y distribución (concesión, tanque de almacenamiento y grifo).
- Determinar la calidad del agua con el análisis comparativo de las muestras tomadas.
- Elaborar una propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas en base a los resultados obtenidos.

CAPITULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3 Antecedentes.

En la actualidad hay estudios en proceso por la Dirección Nacional de la Calidad de Agua quienes tienen por objetivo, analizar la calidad del agua en algunas unidades Hidrográficas del Ecuador y determinar las actividades antropogénicas contaminantes estableciendo sitios de muestreo para analizar la calidad del agua.

En el Centro Experimental Académico SALACHE se utiliza el agua para consumo humano, adjudicada al Ing. M.SC. Hernán Rafael Yáñez Ávila en calidad de rector de la **Universidad Técnica De Cotopaxi**, quien solicitó el derecho de aprovechamiento de las aguas provenientes de la fuente ubicada en la margen derecha del río Isinche, sector Isinche – San Agustín, parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, en el caudal de 2 l/s. para consumo humano, sanitario y abrevadero, cuya resolución fue; La concesión emitida por la SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL PASTAZA CENTRO ZONAL LATACUNGA; Latacunga 22 de diciembre del 2010 (Ver anexo.)

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 El agua.

“El agua es el alma de la vida y la matriz, no hay vida sin agua” (Albert Szent Gyorgi; Premio Nobel de Fisiología)

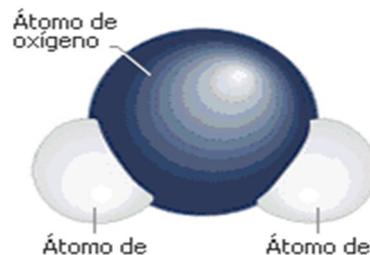
“Uno de los problemas más alarmantes que encara el mundo de hoy es conseguir suficiente agua potable para todos los habitantes del planeta. Con demasiada frecuencia, donde hace falta agua, lo que hay son armas” (Ban Ki-Moon; Octavo Secretario General de las Naciones Unidas)

1.4.1.1 Definición.

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, esencial para la vida animal y vegetal y el más empleado de los disolventes. Punto de fusión 0 °C (32 °F), punto de ebullición 100 °C (212 °F). Alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse.

Como muchos otros líquidos el agua puede existir en estado sobre enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación, se puede enfriar fácilmente a unos -25 °C sin que se congele. El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. (BENAYAS. J.)

FIGURA. 1.1 ESTRUCTURA DEL AGUA



Fuente: BENAYAS. J.

Según Dublín, (1992). “*El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente*”

Según Lara (2002) El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). La cual es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

El agua es fuente de vida, constituye un 70% de nuestro peso corporal. Necesitamos agua para respirar, para lubricar los ojos, para desintoxicar nuestros cuerpos y mantener constante su temperatura. Por eso, aunque un ser humano puede vivir por más de dos semanas sin comer, puede sobrevivir solamente tres o cuatro días sin tomar agua. Las plantas serían incapaces de producir su alimento y de crecer sin el agua.

El agua por sí misma es incolora y no tiene olor ni gusto definido. Sin embargo, tiene unas cualidades especiales que la hacen muy importante, entre las que se destacan el hecho de que sea un regulador de temperatura en los seres vivos y en toda la biósfera, por su alta capacidad calórica (su temperatura no cambia tan rápido como la de otros líquidos).

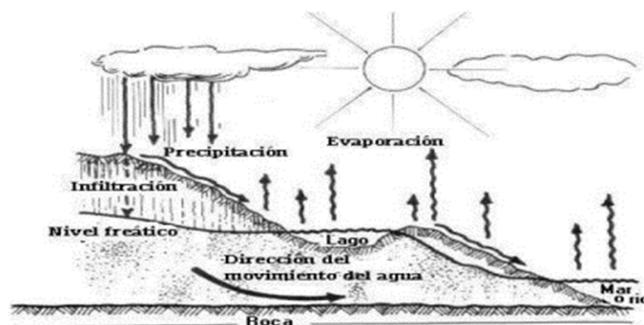
El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo estudios de la FAO, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego. (U.S. Geological Survey. 2007)

1.4.1.2 Ciclo del agua.

El ciclo del agua implica una serie de procesos físicos continuos. Conocido científicamente como el *ciclo hidrológico* se denomina al continuo intercambio de agua dentro de la hidrosfera, entre la atmósfera, el agua superficial y subterránea y los organismos vivos. El agua cambia constantemente su posición de una a otra parte del ciclo de agua, implicando básicamente los siguientes procesos físicos:

- evaporación de los océanos y otras masas de agua y transpiración de los seres vivos (animales y plantas) hacia la atmósfera,
- precipitación, originada por la condensación de vapor de agua, y que puede adoptar múltiples formas,
- escorrentía, o movimiento de las aguas superficiales hacia los océanos.

FIGURA. 1.2. CICLO DEL AGUA



Fuente: BENAYAS. J.

La energía del sol calienta la tierra, generando corrientes de aire que hacen que el agua se evapore, ascienda por el aire y se condense en altas altitudes, para luego caer en forma de lluvia. La mayor parte del vapor de agua que se desprende de los océanos vuelve a los mismos, pero el viento desplaza masas de vapor hacia la tierra firme, en la misma proporción en que el agua se precipita de nuevo desde la tierra hacia los mares (unos 45.000 km³ anuales). Ya en tierra firme, la evaporación de cuerpos acuáticos y la transpiración de seres vivos contribuye a incrementar el total de vapor de agua en otros 74.000 km³ anuales. Las precipitaciones sobre tierra firme con un valor medio de 119.000 km³ anuales pueden volver a la superficie en forma de líquido como lluvia, sólido, nieve o granizo, o de gas, formando nieblas o brumas. (BENAYAS. J.)

El agua condensada presente en el aire es también la causa de la formación del arco iris: La refracción de la luz solar en las minúsculas partículas de vapor, que actúan como múltiples y pequeños prismas. El agua de escorrentía suele formar cuencas, y los cursos de agua más pequeños suelen unirse formando ríos. El

desplazamiento constante de masas de agua sobre diferentes terrenos geológicos es un factor muy importante en la conformación del relieve. Además, al arrastrar minerales durante su desplazamiento, los ríos cumplen un papel muy importante en el enriquecimiento del suelo. Parte de las aguas de esos ríos se desvían para su aprovechamiento agrícola.

Los ríos desembocan en el mar, depositando los sedimentos arrastrados durante su curso, formando deltas. El terreno de estos deltas es muy fértil, gracias a la riqueza de los minerales concentrados por la acción del curso de agua. El agua puede ocupar la tierra firme con consecuencias desastrosas: Las inundaciones se producen cuando una masa de agua rebasa sus márgenes habituales o cuando comunican con una masa mayor como el mar de forma irregular. Por otra parte, y aunque la falta de precipitaciones es un obstáculo importante para la vida, es natural que periódicamente algunas regiones sufran sequías.

Cuando la sequedad no es transitoria, la vegetación desaparece, al tiempo que se acelera la erosión del terreno. Este proceso se denomina desertización y muchos países adoptan políticas para frenar su avance. En 2007, la ONU declaró el 17 de junio como el *Día mundial de lucha contra la desertización y la sequía*".
(www.un.org)

TABLA 1.1 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA SITUACIÓN DEL AGUA

Situación del agua	Volumen en km ³		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
Océanos y mares	-	1.338.000.000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y <u>Permafrost</u>	300.000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.000	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.400	-	0,006
Humedad del suelo	16.500	-	0,05	0,001
Atmósfera	12.900	-	0,04	0,001
Embalses	11.470	-	0,03	0,0008
Ríos	2.120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua en la tierra	1.386.000.000		-	100

Fuente: U.S. Geological Survey 2007

1.4.1.3 Propiedades físicas y químicas del Agua.

El agua es una sustancia que químicamente se formula como H_2O ; es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno. Fue Henry Cavendish quien descubrió en 1781 que el agua es una sustancia compuesta y no un elemento, como se pensaba desde la Antigüedad.

Los resultados de dicho descubrimiento fueron desarrollados por Antoine Laurent de Lavoisier dando a conocer que el agua estaba formada por oxígeno e

hidrógeno. En 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista y geógrafo alemán Alexander von Humboldt demostraron que el agua estaba formada por dos volúmenes de hidrógeno por cada volumen de oxígeno (H₂O).

Las propiedades fisicoquímicas más notables del agua son:

- El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado: como líquido, puede parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul y en estado gaseoso (vapor de agua) es incolora.
- El agua bloquea sólo ligeramente la radiación solar UV fuerte, permitiendo que las plantas acuáticas absorban su energía.
- Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. El oxígeno tiene una ligera carga negativa, mientras que los átomos de hidrógenos tienen una carga ligeramente positiva del que resulta un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre los diferentes dipolos eléctricos de una molécula causa una atracción en red que explica el elevado índice de tensión superficial del agua.
- La fuerza de interacción de la tensión superficial del agua es la fuerza de van der Waals entre moléculas de agua. La aparente elasticidad causada por la tensión superficial explica la formación de ondas capilares. A presión constante, el índice de tensión superficial del agua disminuye al aumentar su temperatura. También tiene un alto valor adhesivo gracias a su naturaleza polar.
- La capilaridad se refiere a la tendencia del agua de moverse por un tubo estrecho en contra de la fuerza de la gravedad. Esta propiedad es aprovechada por todas las plantas vasculares, como los árboles.
- Otra fuerza muy importante que refuerza la unión entre moléculas de agua es el enlace por puente de hidrógeno.
- El punto de ebullición del agua (y de cualquier otro líquido) está directamente relacionado con la presión atmosférica. Por ejemplo, en la cima del Everest, el agua hierve a unos 68° C, mientras que al nivel del

mar este valor sube hasta 100°. Del mismo modo, el agua cercana a fuentes geotérmicas puede alcanzar temperaturas de cientos de grados centígrados y seguir siendo líquida. Su temperatura crítica es de 373,85 °C (647,14 K), su valor específico de fusión es de 0,334 kJ/g y su índice específico de vaporización es de 2,23kJ/g.

- El agua es un disolvente muy potente, al que se ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas. Las sustancias que se mezclan y se disuelven bien en agua como las sales, azúcares, ácidos, álcalis, y algunos gases (como el oxígeno o el dióxido de carbono, mediante carbonación) son llamadas *hidrófilas*, mientras que las que no combinan bien con el agua como lípidos y grasas se denominan sustancias *hidrofobias*. Todos los componentes principales de las células de proteínas, ADN y polisacáridos se disuelven en agua. Puede formar un azeótropo con muchos otros disolventes.
- El agua es miscible con muchos líquidos, como el etanol, y en cualquier proporción, formando un líquido homogéneo. Por otra parte, los aceites son *inmiscibles* con el agua, y forman capas de variable densidad sobre la superficie del agua. Como cualquier gas, el vapor de agua es miscible completamente con el aire.
- El agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja, pero ese valor se incrementa significativamente con la disolución de una pequeña cantidad de material iónico, como el cloruro de sodio.
- El agua tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica sólo por detrás del amoníaco así como una elevada entalpía de vaporización (40.65 kJ mol⁻¹); ambos factores se deben al enlace de hidrógeno entre moléculas. Estas dos inusuales propiedades son las que hacen que el agua "modere" las temperaturas terrestres, reconduciendo grandes variaciones de energía.
- La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A la presión normal (1 atmósfera), el agua líquida tiene una mínima densidad (0,958 kg/l) a los 100 °C. Al bajar la temperatura, aumenta la densidad (por ejemplo, a 90 °C tiene 0,965 kg/l) y

ese aumento es constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 kg/litro. Esa temperatura (3,8 °C) representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad (a la presión mencionada). A partir de ese punto, al bajar la temperatura, la densidad comienza a disminuir, aunque muy lentamente (casi nada en la práctica), hasta que a los 0° disminuye hasta 0,9999 kg/litro. Cuando pasa al estado sólido (a 0 °C), ocurre una brusca disminución de la densidad pasando de 0,9999 kg/l a 0,917 kg/l.

- El agua puede descomponerse en partículas de hidrógeno y oxígeno mediante electrólisis.
- Como un óxido de hidrógeno, el agua se forma cuando el hidrógeno o un compuesto conteniendo hidrógeno se quema o reacciona con oxígeno o un compuesto de oxígeno. El agua no es combustible, puesto que es un producto residual de la combustión del hidrógeno. La energía requerida para separar el agua en sus dos componentes mediante electrólisis es superior a la energía desprendida por la recombinación de hidrógeno y oxígeno. Esto hace que el agua, en contra de lo que sostienen algunos rumores, no sea una fuente de energía eficaz.
- Los elementos que tienen mayor electro positividad que el hidrógeno como el litio, el sodio, el calcio, el potasio y el cesio desplazan el hidrógeno del agua, formando hidróxidos. Dada su naturaleza de gas inflamable, el hidrógeno liberado es peligroso y la reacción del agua combinada con los más electropositivos de estos elementos es una violenta explosión. (wolframalpha.com)

1.4.1.4 Efectos sobre la civilización humana.

La historia muestra que las civilizaciones primitivas florecieron en zonas favorables a la agricultura, como las cuencas de los ríos. Es el caso de Mesopotamia, considerada la cuna de la civilización humana, surgida en el fértil valle del Éufrates y el Tigris; y también el de Egipto, una espléndida civilización que dependía por completo del Nilo y sus periódicas crecidas. Muchas otras grandes ciudades, como Rotterdam, Londres, Montreal, París, Nueva York,

Buenos Aires, Shanghái, Tokio, Chicago o Hong Kong deben su riqueza a la conexión con alguna gran vía de agua que favoreció su crecimiento y su prosperidad. Las islas que contaban con un puerto natural seguro —como Singapur florecieron por la misma razón. Del mismo modo, áreas en las que el agua es muy escasa, como el norte de África o el Oriente Medio, han tenido históricamente dificultades de desarrollo.(Alberto Crespo)

1.4.1.5 La ONU declara al agua y al saneamiento derecho humano esencial.

La Asamblea General de Naciones Unidas, aprobó el 28 de julio de 2010, en su sexagésimo cuarto período de sesiones, una resolución que reconoce al agua potable y al saneamiento básico como derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. La resolución fue adoptada a iniciativa de Bolivia, tras 15 años de debates, con el voto favorable de 122 países y 44 abstenciones. La Asamblea de Naciones Unidas se mostró “profundamente preocupada porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso al agua potable y más de 2.600 millones de personas no tienen acceso al saneamiento básico, y alarmada porque cada año fallecen aproximadamente 1,5 millones de niños menores de 5 años y se pierden 443 millones de días lectivos a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento”. La adopción de esta resolución estuvo precedida de una activa campaña liderada por el presidente del Estado Plurinacional de Bolivia, Evo Morales Ayma

1.4.1.6 Agua de consumo humano.

- Todas aquellas aguas ya sean en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual sea su origen independientemente de que se suministre al consumidor, a través de las redes de distribución pública o privada, de cisternas o depósitos públicos o privados.
- Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación, comercialización de productos o sustancias desinadas al consumo humano, así como, a las utilizadas en la

limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.

- Todas aquellas aguas suministradas como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen diario suministrado.
- Agua destinado a la producción de agua de consumo humano: aquellas aguas que independientemente de su origen, sufran o no un tratamiento, vayan a ser utilizadas para el consumo humano. (CEPAR, 1998).

Se ha estimado que los humanos consumen «*directamente o indirectamente*» alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo. Este porcentaje se desglosa en:

- Un 20%, utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca, y
- el 34% restante, utilizado de la siguiente manera: El 70% en irrigación, un 20% en la industria y un 10% en las ciudades y los hogares.

Miller (2005)

El consumo humano representa un porcentaje reducido del volumen de agua consumido a diario en el mundo. Se estima que un habitante de un país desarrollado consume alrededor de 5 litros diarios en forma de alimentos y bebidas. Estas cifras se elevan dramáticamente si consideramos el consumo industrial doméstico. Un cálculo aproximado de consumo de agua por persona/día en un país desarrollado, considerando el consumo industrial doméstico arroja los siguientes datos:

TABLA 1.2 CONSUMO APROXIMADO DE AGUA POR PERSONA/DÍA

Actividad	Consumo de agua
Lavar la ropa	60-100 litros
Limpia la casa	15-40 litros
Limpia la vajilla a máquina	18-50 litros
Limpia la vajilla a mano	100 litros
Cocinar	6-8 litros
Darse una ducha	35-70 litros
Bañarse	200 litros
Lavarse los dientes	30 litros
Lavarse los dientes (cerrando el grifo)	1,5 litros
Lavarse las manos	1,5 litros
Afeitarse	40-75 litros
Afeitarse (cerrando el grifo)	3 litros
Lavar el coche con manguera	500 litros
Descargar la cisterna	10-15 litros
Media descarga de cisterna	6 litros
Regar un jardín pequeño	75 litros
Riego de plantas domésticas	15 litros
Beber	1,5 litros

Fuente: www.intermonoxfam.org

Estos hábitos de consumo señalados y el aumento de la población en el último

siglo han causado a la vez un aumento en el consumo del agua. Ello ha provocado que las autoridades realicen campañas por el buen uso del agua. Actualmente, la concienciación es una tarea de enorme importancia para garantizar el futuro del agua en el planeta, y como tal es objeto de constantes actividades tanto a nivel nacional como municipal. Por otra parte, las enormes diferencias entre el consumo diario por persona en países desarrollados y países en vías de desarrollo señalan que el modelo hídrico actual no es sólo ecológicamente inviable: también lo es desde el punto de vista humanitario, por lo que numerosas ONGs se esfuerzan por incluir el derecho al agua entre los Derechos humanos. Durante el V Foro Mundial del agua, convocado el 16 de marzo de 2009 en Estambul (Turquía), Loic Fauchon (Presidente del Consejo Mundial del Agua) subrayó la importancia de la regulación del consumo en estos términos:

"La época del agua fácil ya terminó...desde hace 50 años las políticas del agua en todo el mundo consistieron en aportar siempre más agua. Tenemos que entrar en políticas de regulación de la demanda" Loic Fauchon (Presidente del Consejo Mundial del Agua)

1.4.1.7 Parámetros del agua para consumo humano.

El cuerpo humano está compuesto de entre un 55% y un 78% de agua, dependiendo de sus medidas y complexión. Para evitar desórdenes, el cuerpo necesita alrededor de siete litros diarios de agua; la cantidad exacta variará en función del nivel de actividad, la temperatura, la humedad y otros factores. La mayor parte de esta agua se absorbe con la comida o bebidas no estrictamente agua. No se ha determinado la cantidad exacta de agua que debe tomar un individuo sano, aunque una mayoría de expertos considera que unos 6-7 vasos de agua diarios (aproximadamente dos litros) es el mínimo necesario para mantener una adecuada hidratación. (Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos 1945)

La literatura médica defiende un menor consumo, típicamente un litro de agua diario para un individuo varón adulto, excluyendo otros requerimientos posibles

debidos a la pérdida de líquidos causada por altas temperaturas o ejercicio físico. Una persona con los riñones en buen estado tendrá dificultades para beber demasiado agua, pero especialmente en climas cálidos y húmedos, o durante el ejercicio beber poco también puede ser peligroso. El cuerpo humano es capaz de beber mucha más agua de la que necesita cuando se ejercita, llegando incluso a ponerse en peligro por hiperhidratación, o intoxicación de agua. El *hecho* comúnmente aceptado de que un individuo adulto debe consumir ocho vasos diarios de agua no tiene ningún fundamento científico. Hay otros mitos sobre la relación entre agua y salud que poco a poco van siendo olvidados.

“Una cantidad ordinaria para distintas personas es de un 1 mililitro de agua por cada caloría de comida. La mayor parte de esta cantidad ya está contenida en los alimentos preparados” (Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos 1945)

La última referencia ofrecida por este mismo organismo habla de 2.7 litros de agua diarios para una mujer y 3.7 litros para un hombre, incluyendo el consumo de agua a través de los alimentos. Naturalmente, durante el embarazo y la lactancia la mujer debe consumir más agua para mantenerse hidratada. Según el Instituto de Medicina que recomienda una media de 2.2 litros/día para una mujer, y 3.0 litros/día para un varón una mujer embarazada debe consumir 2.4 litros, y hasta 3 litros durante la lactancia, considerada la gran cantidad de líquido que se pierde durante la cría. También se señala que normalmente, alrededor de un 20% del agua se absorbe con la comida, mientras el resto se adquiere mediante el consumo de agua y otras bebidas. El agua se expulsa del cuerpo de muy diversas formas: a través de la orina, las heces, en forma de sudor, o en forma de vapor de agua, por exhalación del aliento. Una persona enferma, o expuesta directamente a fuentes de calor, perderá mucho más líquido, por lo que sus necesidades de consumo también aumentarán. (Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos 1945)

1.2.1.8 Contaminación del agua.

Contaminación es la acción y efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica (Gallego 2000).

Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos del agua (Sagardoy 1993).

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico (FAO 1993). Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas:

- **Contaminación puntual:** es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales.
- **Contaminación difusa:** es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales. (FAO 1993).

La contaminación puntual es fácil de eliminar, si se cuenta con los medios para almacenar el agua vertida, contaminada y tratarla. Generalmente se utilizan tanques de sedimentación, donde se depositan los sedimentos en el fondo y luego se trata con químicos el agua para ser vertida a las aguas naturales. El sedimento luego se utiliza como abono orgánico y se estabiliza en un lugar seguro. En el caso de la contaminación difusa, su control es más difícil debido a su naturaleza

intermitente y su mayor cobertura. Entre las fuentes de mayor dificultad de controlar, y que causan mayor impacto, se encuentran las fuentes no puntuales de contaminación, caso de parcelas donde fluye el agua sobre la superficie de la tierra arrastrando nutrientes, fertilizantes, plaguicidas y otros contaminantes aplicados en las actividades agropecuarias y forestales (FAO 1993).

Este tipo de contaminación es causado por escorrentías de tierras agropecuarias, silvicultura, y ocupación urbana. No se produce de un lugar específico y único, sino que resulta de la escorrentía, precipitación y percolación, se presenta cuando la tasa a la cual los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua, exceden los niveles naturales (Villegas 1995).

Las fuentes puntuales de contaminación se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo arrastrado por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos, y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas. La repercusión de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas sobre peces, aves, mamíferos y salud humana. La característica principal de estas fuentes es que responden a las condiciones hidrológicas (Ongley 1997).

1.2.2.1. La calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos. La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes y para conocerse con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado.

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza 1989).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz 1999).

La contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escasez severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica (Organización Panamericana de la Salud 1999).

Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad

del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública (Organización Mundial de la Salud 1999).

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento.

Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en:

- **Condiciones físicas:** que sea clara, transparente, inodora e insípida.
- **Condiciones químicas:** que disuelva bien el jabón sin formar grumos, que cueza bien las legumbres.
- **Condiciones biológicas:** que esté libre de organismos patógenos, con alto contenido de oxígeno y una temperatura que no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente, pH no menor de seis ni mayor de ocho. (Organización Mundial de la Salud 1999)

1.2.2.2 Importancia de la calidad del agua.

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo *per cápita*, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas (Randulovich 1997).

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo

cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal (Ongley 1997).

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales (Organización Panamericana de la Salud 1999).

Lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal. En este sentido, un suministro seguro de agua para uso potable en cantidad, calidad y continuidad, contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por la vía fecal y oral (Organización Panamericana de la Salud 1999).

1.2.2.3 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica.

La cuenca hidrográfica es la unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un río para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar (Faustino 2001).

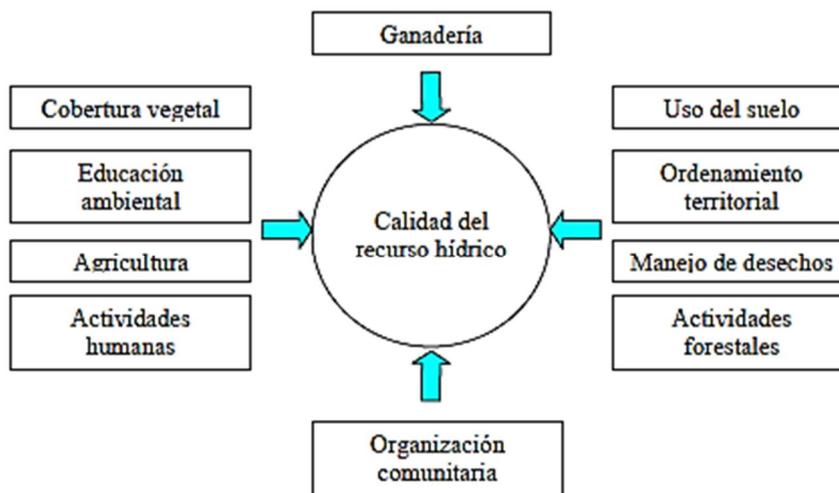
En una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de ríos. Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazar por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna 1997).

1.2.3 Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua

1.2.3.1 Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua

La investigación explora los factores, actividades, procesos y condiciones sociales que estén incidiendo en la cantidad y calidad del agua de la microcuenca como se muestra en la fig.

FIGURA.1.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA EN UNA MICROCUEENCA.



Fuente: Mitchell et al 1991

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Mitchell *et al* 1991).

Se dice que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua (Mitchell *et al* 1991).

1.2.3.2 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua.

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico (Brooks *et al.* 1991).

Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos (Brooks *et al.* 1991).

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. En un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados (Brooks *et al.* 1991).

Es por ello que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo (Vidal *et al.* 2000).

Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía (Vidal *et al.* 2000).

1.2.3.3 La agricultura y su influencia en la calidad del agua.

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química (FAO 1993).

Según Ongley (1997), la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina.

Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad (FAO 1993).

La expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de degradación del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en países del trópico. En la actualidad, los organismos dedicados a determinar la calidad de agua realizan muestreos más diversos, incluyendo agua, sedimento y biota, con la finalidad de determinar con mayor precisión los plaguicidas que se encuentran en el medio acuático (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 1997).

En la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuerte es la contaminación derivada de las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua (Wagner *et al.* 2000).

La contaminación de aguas superficiales está íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos niveles de turbidez. El nitrato es típicamente lixiviado desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad, subterráneamente, hacia las fuentes superficiales; esta

lixiviación se reduce hasta en un 15% cuando se dan prácticas de manejo de conservación de suelos y agua (Wagner 1996, Shilling y Libra 2000).

De igual manera al usar estiércol de ganado como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio puede ser transportada a los cuerpos de agua por escorrentías de los campos agrícolas (Chambers *et al.* 2002).

También se han encontrado altos niveles de nitrato en aguas debajo de las tierras de cultivo; el uso excesivo de fertilizantes, así como las corrientes de agua de tormentas conteniendo nitratos de fertilizantes, parece ser la causa (Organización Panamericana de la Salud 1999).

1.2.3.4 Actividades humanas.

El uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminando las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma.

La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran sub productos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico-química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. El receptor de todas las aguas que discurren por el territorio de la cuenca es el océano. De igual forma, los acuíferos que son otras fuentes de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano (Mendoza 1989).

El deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad (GWP 1996).

1.2.3.5 Cobertura vegetal.

Goldman, citado por Rosal (1982), pone de manifiesto que la falta de cobertura vegetal aumenta la escorrentía superficial, agrava el efecto de la lluvia sobre el suelo, haciendo que se aumente la escorrentía superficial, que se rompan los agregados del suelo y que con mayor facilidad las aguas las transporten. Esto evidencia que el estado del suelo y de la vegetación eleva la tasa de sedimentos arrastrados. La alta cantidad de sedimentos que transportan estas corrientes por la erosión de las zonas agua arriba significa una calidad inferior del recurso agua, limitando su uso en procesos industriales, hidroenergéticos, de irrigación en zonas agua abajo y un mayor costo en su purificación para el consumo humano (Mejía 2005).

1.2.3.6 Actividades forestales.

Otros factores que afectan la cantidad y calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realizan en terrenos. Esto se da cuando el manejo forestal cambia la producción del área afectando los niveles de las corrientes externas e internas provocando sedimentación de los canales de riego, incremento de avenidas, riesgos y daños por inundaciones (Mejía 2005).

Una atención singular merece la cobertura forestal y principalmente la boscosa, la cual es fundamental para garantizar la calidad de agua y niveles aceptables de escorrentía y conservación de suelos. Cuando el bosque está intacto el agua se mantiene limpia, pero cuando existe la necesidad de talar los árboles con el objetivo de sembrar, la necesidad de leña, la quema en los terrenos, erosión por la necesidad de infraestructura, manejo de la ganadería al aire libre, se tiene un agua con exceso de sedimentos. La cuenca poco a poco se va degradando a tal nivel que hay cauces donde ya no corre el agua.

1.2.4 Criterios de calidad de agua.

1.2.4.1 Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua.

Los indicadores deberían ser explicados bajo el concepto de sostenibilidad dentro de un proceso lógico, fusionando los aspectos ecológicos, económicos y sociales.

Estos se definen ante una situación única y dentro de un escenario específico (Villegas 1995). De los cuales en el presente estudio se analizaron los siguientes.

1.2.4.1.1 Indicadores microbiológicos del agua.

Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrarlo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (Organización Panamericana de la Salud 1999).

Coliformes fecales: la bacteria coliforme fecal presente en las heces humanas y animales de sangre tibia. Puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreado desechos y del agua de drenaje. Los organismos patógenos incluyen la bacteria *Coloformo fecal*, así como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades (Mitchell *et al.* 1991).

1.2.4.1.2 Indicadores físicos y químicos del agua.

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación es más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas (Canter 2000).

1.2.4.1.2.1 Sólidos totales disueltos. Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del

agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía.

1.2.4.1.2.2 La conductividad, k , es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental. Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores. Por el contrario, moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas (ej. aceites, fenoles, alcoholes y azúcares) son pobres conductores de una corriente eléctrica. La conductancia (**G**, recíproco de resistencia **R**) de una solución se mide utilizando dos electrodos químicamente inertes y fijos espacialmente. La conductancia de una solución es directamente proporcional al área superficial del electrodo **A**, (cm²), e inversamente proporcional a distancia entre los electrodos **L**, (cm). La constante de proporcionalidad, **k** (conductividad) es una propiedad característica de la solución localizada entre dos electrodos.

$$G = k \frac{A}{L}$$

Las unidades de **k** son 1/ohm-cm ó mho/cm. La conductividad se reporta generalmente en micromhos/cm (**$\mu\text{mho/cm}$**). En el Sistema Internacional de Unidades (**SI**), el recíproco del ohm es el **siemens (S)** y la conductividad se reporta en milisiemens/metro (**mS/m**). Utilice las siguientes expresiones de conversión, para cambiar de un sistema de medidas al otro:

$$1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$$

$$1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{mhos/cm}$$

$$0.1 \text{ mS/m} = 1 \mu\text{mhos/cm}$$

- Para convertir **$\mu\text{mhos/cm}$ a mS/m** divida por 10.

La conductividad del agua potable en los Estados Unidos oscila entre **50 y 1500 $\mu\text{mhos/cm}$** . La conductividad de aguas usadas de origen doméstico puede tener valores muy cerca de los valores que presentan las fuentes de aguas locales. No obstante, algunas descargas industriales tienen valores de conductividad de alrededor de 10,000 μmhos . La determinación de la conductividad se realiza midiendo la resistencia eléctrica en un área de la solución definida por el diseño de la sonda ("probe"). Se aplica un voltaje entre los dos electrodos que integran la sonda y que están inmersos en la solución. La caída en voltaje causada por la resistencia de la solución es utilizada para calcular la conductividad por centímetro.

El flujo de electrones entre los electrodos en una solución de electrolitos varía con la temperatura de la solución. A mayor temperatura mayor es el flujo entre los electrodos y viceversa. Se ha sugerido el uso de un factor de compensación de 0.2 (2%) por cada aumento en temperatura de un 1°C. Cuando medimos conductividad en el campo es importante compensar por las diferencias en temperatura entre las diferentes estaciones de muestreo (Tabla 1). Algunos metros de conductividad realizan un ajuste automático por la temperatura que presenta el medio acuoso (ej. metro de Conductividad y Sólidos Disueltos-Hach), mientras otros requieren que se determine primero la temperatura del medio acuoso para luego realizar un ajuste manual compensatorio por la diferencia en temperatura (ej. metro de Salinidad y Conductividad-YSI). (Wetzel y Likens, 1990).

TABLA 1.3 FACTORES PARA CONVERTIR CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA DEL AGUA A VALORES RELATIVOS A 25°C.

°C	FACTOR DE CONVERSION	°C	FACTOR DE CONVERSION	°C	FACTOR DE CONVERSION
3	1.62	13	1.27	23	1.04
4	1.58	14	1.24	24	1.02
5	1.54	15	1.21	25	1.00
6	1.50	16	1.19	26	0.98
7	1.46	17	1.16	27	0.97
8	1.42	18	1.14	28	0.95
9	1.39	19	1.12	29	0.93
10	1.36	20	1.10	30	0.92
11	1.33	21	1.08	31	0.90
12	1.30	22	1.06	32	0.89

Fuente: Wetzel y Likens, 1990.

1.2.4.1.2.3 pH o concentraciones de iones hidrógeno. Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales.

1.2.4.1.2.4 Dureza Total. Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonates, bicarbonatos, cloruros, sulfates y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. Es un agua que no produce espuma, con el jabón.

El agua dura forma un residuo grisáceo con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tienen un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición. 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.

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.

TABLA 1.4 INTERPRETACIÓN DE LA DUREZA EN EL AGUA POTABLE

<u>Dureza como $CaCO_3$</u>	<u>Interpretación</u>
0-75	agua suave
75-150	agua poco dura (Apta para consumo)
150-300	agua dura
> 300	agua muy dura

Fuente: Organización Mundial de la Salud

1.2.5 Tecnologías apropiadas para desinfección del agua.

Son tecnologías sencillas, de bajo costo y de fácil implementación que permiten alcanzar niveles aceptables de descontaminación en regiones rurales, de escasos recursos hídricos y económicos que resulten aceptables y sean socios económicamente viables. (Organización Mundial de la Salud)

El más importante requerimiento individual del agua bebida es que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. Procesos tales como almacenamiento, sedimentación coagulación, floculación y filtración rápida, reducen en grado variable el contenido bacteriológico del agua. Sin embargo, estos procesos no pueden asegurar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura. Frecuentemente se necesitará una desinfección final, la cual se encarga de la destrucción o al menos la desactivación completa de los microorganismos dañinos. Se realiza usando medios físicos o químicos. (Organización Mundial de la Salud)

Entre los factores que influyen en el método a elegir para la desinfección del agua se pueden mencionar:

1. La naturaleza y número de organismos a ser destruidos.
2. El tipo y concentración del desinfectante usado.
3. La temperatura del agua a ser desinfectada: a mayor temperatura más rápida la desinfección.
4. El tiempo de contacto del desinfectante: a mayor contacto desinfección es más completa.

5. La naturaleza del agua a ser desinfectada: si el agua contiene partículas coloidales y orgánicas obstaculiza el proceso de desinfección.
6. El pH, acidez o alcalinidad del agua.
7. Mezcla: buena mezcla de los desinfectantes a través de toda el agua.
(Organización Mundial de la Salud)

1.2.5.1 Desinfección física.

1.2.5.1.1 Hervido. Es una práctica segura y tradicional que destruye virus, bacterias, quistes y huevos. Es un método efectivo como tratamiento casero, pero no es factible para abastecimientos públicos; se puede usar el hervido como medida temporal en situaciones de emergencia. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.2 Desinfección por ebullición. Una recomendación típica para desinfectar el agua mediante desinfección es la de hacer que el agua hierba vigorosamente por 10 a 12 minutos. En realidad, un minuto a 100 °C, destruirá la mayoría de los patógenos, incluidos los del cólera y muchos mueren a 70 °C. Las desventajas principales de hervir el agua son las de utilizar combustible y es una labor que consume mucho tiempo. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.3 Radiación solar. Es un método efectivo para aguas claras, pero su efectividad es reducida cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como el nitrato, sulfato, hierro en su forma ferrosa. Este método no produce ningún residuo el agua contra una nueva contaminación ha sido usados en países en desarrollo, pero muy poco aplicado en países en desarrollo (Rojas *et al.* 2002).

La desinfección solar utiliza la radiación solar para inactivar y destruir a los patógenos que se hallan presentes en el agua. El tratamiento consiste en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas (dos días consecutivos bajo un cielo que está 100% soleado). La desinfección ocurre por una combinación de radiación y tratamiento térmico (la temperatura del agua no necesita subir muy por encima de 50 °C). La desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbidez inferior a 30 NTU) (CEPIS 2002).

1.2.5.1.4 La aireación. Puede lograrse agitando vigorosamente un recipiente lleno de agua hasta la mitad o permitiendo al agua gotear a través de una o más bandejas perforadas que contienen pequeñas piedras. La aireación aumenta el contenido de aire del agua, elimina las sustancias volátiles tales como el sulfuro de hidrógeno, que afectan al olor y el sabor, y oxida el hierro y el manganeso a fin de que formen precipitados que puedan eliminarse mediante sedimentación o filtración. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.5 Coagulación y floculación. Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante. El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste de ordinario en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante que se utiliza tanto al nivel de familia como en las plantas de tratamiento del agua. Los coagulantes naturales incluyen semillas en polvo del árbol *Moringa olifera* y tipos de arcilla tales como la bentonita. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.6 Desalinización. Las sales químicas excesivas en el agua le dan mal sabor. La desalinización mediante destilación produce agua sin sales químicas y pueden utilizarse varios métodos al nivel de familia; por ejemplo, para tratar el agua de mar. La desalinización también es eficaz para eliminar otros productos químicos tales como el fluoruro, el arsénico y el hierro. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.7 La filtración incluye el tamizado mecánico, la absorción y la adsorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el

tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores. El tamizado y la sedimentación son métodos de tratamiento que preceden Útilmente a la filtración para reducir la cantidad de sólidos en suspensión que entran en la fase de filtración. Esto aumenta el período en el cual el filtro puede operar antes de que necesite limpieza y sustitución. La coagulación y la floculación también son tratamientos útiles antes de la sedimentación y mejoran aún más la eliminación de sólidos antes de la filtración. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.8 Almacenamiento y sedimentación. Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores. Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos. El sistema de tratamiento de tres ollas en las que se echa agua sin tratar a la primera olla, donde se decanta en la segunda olla después de 24 horas y se echa en la tercera olla después de 24 horas adicionales, aprovecha los beneficios del almacenamiento y la sedimentación. (CEPIS 2002).

1.2.5.1.9 Tamizado. Echar el agua a través de un paño de algodón limpio eliminará una cierta cantidad de sólidos en suspensión o turbidez. Se han construido telas de filtro de monofilamento especial para uso en las zonas en las que prevalece la enfermedad del nematodo de Guinea. Las telas filtran los copépodos que son los huéspedes intermedios de las larvas del nemátodo de Guinea. (CEPIS 2002).

1.2.5.2 Desinfección química

1.2.5.2.1 Cloración. Es un proceso de higienización que se llevó a cabo por

primera vez en los sistemas de abastecimiento de agua potable. Surge como alternativa eficiente para eliminar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua; aunque pueda resultar extraño y a la vez sorprendente, la cloración ha sido responsable en gran parte del 50% de aumento de expectativa de vida en los países desarrollados durante el siglo XX. (J. M. Antelo, F. Fernández, M. R. Solorzano, D. Prada, 1990).

- Utilidad del cloro en el agua. Así como el agua es esencial para la vida, el cloro es esencial para asegurar la calidad sanitaria e higienización del agua potable.
- El cloro es el desinfectante usado por excelencia, debido a que ofrece varias ventajas, entre ellas su bajo costo, su eficacia y la facilidad de cuantificación, tanto en laboratorios como en terreno.
- Otra ventaja importante con respecto a otros desinfectantes, es que deja un residuo desinfectante que contribuye a prevenir la nueva contaminación. Por lo tanto, el Cloro se utiliza en todo el mundo para mantener una desinfección continua en los sistemas de distribución de agua, asegurando de este modo que el agua potable esté libre de bacterias y sea segura de beber. (CEPIS 2002).

1.3. MARCO LEGAL:

Hace referencia a todas las leyes u ordenanzas establecidas por las entidades pertinentes, sobre los Recursos Naturales principalmente sobre el Recurso Hídrico.

1.3.1. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

Segundo Suplemento -- Registro Oficial N° 305 -- Miércoles 6 de agosto de 2014

Artículo 24.- Registro Público del Agua. Corresponde a la Autoridad Única del Agua la administración del Registro Público del Agua, en el cual deben

inscribirse:

- a) Las autorizaciones de uso y de aprovechamiento del agua, con indicación de la respectiva captación y su localización en coordenadas geográficas o planas;
- b) Las autorizaciones de vertidos emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional;
- c) Los planes de gestión integrada de recursos hídricos por cuencas hidrográficas;
- d) Los estudios y planos de obras hidráulicas para captación y conducción para el uso o aprovechamiento aprobados;
- e) Inventarios de infraestructuras, datos de calidad del agua y balances hídricos aprobados por la Autoridad Única del Agua;
- f) Las entidades prestadoras de servicios públicos básicos relacionados con el agua incluidos los sistemas comunitarios;
- g) Los estatutos y las directivas de las organizaciones comunitarias que prestan servicios relacionados con el agua;
- h) Las directivas de organizaciones, asociaciones y entidades relacionadas con la gestión agua y prestación de los servicios vinculados;
- i) Los convenios de mediación y arbitraje aprobados por la autoridad; los acuerdos de mediación y los laudos arbitrales;
- j) Las resoluciones administrativas sobre el incumplimiento de esta Ley; y,
- k) Todos los demás que deben registrarse de conformidad con esta Ley y su Reglamento.

La Autoridad Única del Agua a petición de la parte interesada emitirá las certificaciones correspondientes.

1.3.2. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS): Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios. La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) **Consumo humano y uso doméstico.**
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.
- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver anexo):

Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación (ver anexo):

1.3.3. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: especificaciones del agua potable

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las

disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. (Ver anexo):

CAPITULO II

1. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe los materiales que se emplearon en la investigación; además, se muestra cómo se desarrolla de manera sistemática y secuencial las diferentes etapas del proceso investigativo.

2.1 MATERIALES

Los materiales que se utilizaron durante el desarrollo de la presente investigación se han clasificado en: Talento humano y recursos materiales.

2.1.1 Talento humano

- Director y asesores de tesis
- Investigadores del proyecto

2.1.2 Recursos materiales

- Libretas de apuntes
- Dispositivos tecnológicos
- cámara fotográfica
- Hojas de papel
- Cd ROM
- Pen Drive
- Copiadora
- Transporte
- Impresiones
- Anillados
- Carpetas
- Contenedor para muestras
- Galones
- Guantes desechables
- Envases esterilizados
- Laboratorio especializado
- GPS
- Computadora
- Impresora
- Copias
- Escáner

2.2 METODOLOGÍA:

2.2.1 Descripción del área de estudio.

El presente proyecto se lo realizó en el Centro Experimental Académico SALACHE de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicado en Salache Bajo, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo académico en curso.

2.2.2 Ubicación de la concesión de agua.

Está localizada en la margen derecha del río Isinche o Salache, en el sector Isinche San Agustín, Parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga. Cota aproximada de 2766 msnm, C. de Mercator 9891073N - 763667E, División Política Codificada 05 Provincia de Cotopaxi, 01 Cantón Latacunga, 01 Parroquia Eloy Alfaro, que en la División Hidrográfica del Ecuador corresponde al sistema A28 Pastaza, subcuenta 01 río Cutuchi, micro cuenca 07 río Isinche o Salache.

2.2.3 Diseño de la investigación.

2.2.3.1 Preguntas directrices.

¿La calidad de agua de uso doméstico que hay en el Centro Experimental Académico SALACHE es adecuada para el consumo humano?

¿Por la cantidad de quienes consumen el agua para uso doméstico en las instalaciones se hace necesario realizar exámenes de laboratorio de dicha agua?

¿El presente proyecto facilitará obtener datos reales de la calidad del agua que permita brindar una propuesta adecuada, como medida correctiva?

2.2.3.2 Variables.

TABLA 2.1 VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES
------------------	--------------------

<p style="text-align: center;">Independiente <i>Calidad del agua</i></p>	<p><i>Parámetros:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Solidos totales</i> • <i>Conductividad</i> • <i>Dureza</i> • <i>pH</i> • <i>Coliformes totales</i>
<p style="text-align: center;">Dependiente <i>Medidas correctivas</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Propuesta de tratamiento</i></p>

Fuente: *Elaborado Investigadores*

2.2.4 Tipos de investigación.

Dentro de la investigación se enmarco en los fundamentos del paradigma crítica con un enfoque específico por cuanto se obtuvieron datos propositivos que fueron procesados comparativamente y se sometieron al análisis con el marco legal, con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 y el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente.

2.2.4.1 Investigación de campo.- La investigación de campo se la aplico para determinar los puntos de muestreo, en la vertiente, el tanque reservorio y el grifo de la institución, esto ayudó a identificar los tipo de análisis al que pudo ser sometida el agua con obtención de los respectivos resultados, mediante los cual se asocian los datos obtenidos en la investigación para elaborar una propuesta de tratamiento para el agua de consumo humano en el Centro Académico Experimental SALACHE.

2.2.4.2 Investigación cualitativa

La investigación de la calidad del agua se basó en la toma de muestras para analizar sus características, tales como; Solidos totales, Conductividad, Dureza, pH, Coliformes totales, de dichos análisis se mostró el grado de la calidad existente en el agua que se consume en la institución.

2.2.4.3 Investigación cualitativa

Con dicha investigación se pudo establecer los puntos de muestreo para la elaboración de la presente investigación teniendo como referencia, el tipo de agua a la cual se realizó el análisis, el lugar específico de las muestras fue en SALACHE a las 14h00 del cuarto día, del mes de agosto, del año 2014, con una temperatura ambiente de 18°C y 55% de humedad.

2.2.4.4 Investigación documental

Utilizar este método fue de gran importancia para el avance de la investigación, ya que nos apoyamos de diferentes fuentes de carácter documental como fuentes históricas tal como la concesión, informes de los niveles permisibles, de los cuales depende una óptima calidad del agua, archivos tales como las norma INEN 1108 y el TULAS así como la norma INEN en cuanto a la toma de muestras se refiere, etc. Permittiéndonos determinar el procedimiento adecuado para el diagnóstico de la calidad de agua de consumo humano.

2.3 MÉTODOS:

En la presente se aplicaron los siguientes métodos de investigación.

2.3.1 Método Inductivo

Fue utilizado en la práctica de la investigación que partió de la observación de del recurso hídrico desde su captación hasta su desembocadura, en este caso los grifos de la institución, mediante la búsqueda y agrupación de información, lo que nos permitió formular conclusiones de valor general. Utilizando recursos tales como:

- Observación
- Planteamiento de hipótesis
- Deducciones de conclusiones a partir de conocimientos previos en los resultados de los análisis
- Verificación con las normas tomadas como referencia

Lo que permitió un análisis ordenado coherente y lógico para enfocar mediante el diagnóstico la problemática actual dentro de la institución educativa de nivel superior.

2.3.2 Método Deductivo

Con este método se pudo llegar a una conclusión implícita, en las premisas, lo cual nos ayudó a concluir con más detalle la importancia del tema realizado, y así, este método sirvió de gran utilidad para una mejor comprensión del trabajo que se realizó, en la comprensión de la calidad del agua de consumo humano en el Centro Experimental Académico SALACHE. Deducciones a partir de:

- Observación y registro de todos los hechos
- Análisis y clasificación de los hechos

Lo que facilitó realizar un análisis explicativo de cada uno de los contenidos para la aplicación de una propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas.

2.3.3 Método de análisis

El mismo que permitió analizar y caracterizar los parámetros fisicoquímicos del agua para mejorar su calidad en su parámetro requerido lo que permitirá reducir el impacto de contaminación ya sea ésta natural o antropogénica.

Mediante el presente trabajo de investigación, se reforzó los datos obtenidos del análisis de Laboratorio, para determinar los resultados de los parámetros, tomando de referencia a las normas ecuatorianas de calidad INEN en cuanto a límites permisibles de contaminación, por tanto establecer la propuesta de tratamiento que se pueda aplicar para mejorar la calidad del agua dentro de la institución.

2.4 Manejo experimental

Para determinar la calidad del agua de consumo humano, el proyecto constó de

dos fases: una fase de campo y de análisis.

GRAFICO 2.1 FASES DE MANEJO EXPERIMENTAL

FASE DE CAMPO	Colecta y registro de muestra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recolección de la muestra en la concesión ➤ Recolección de la muestra en el tanque de almacenamiento ➤ Recolección de la muestra en el grifo ➤ Preservación de las muestras ➤ Transporte y envío de las muestras para su análisis
FASE DE ANÁLISIS	Interpretación, comparación de los resultados de los Análisis físicos, químicos y microbiológicos con la norma INEN 1108 y TULAS	<p>Parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Solidos totales ➤ Conductividad ➤ Dureza ➤ pH ➤ Coliformes totales

Elaborado: Investigadores

2.4.1 Fase de campo.

La siguiente se determinó por la recolección de muestras en el campo por el recorrido que realiza el agua desde; desde la concesión, el tanque de almacenamiento hasta el grifo.

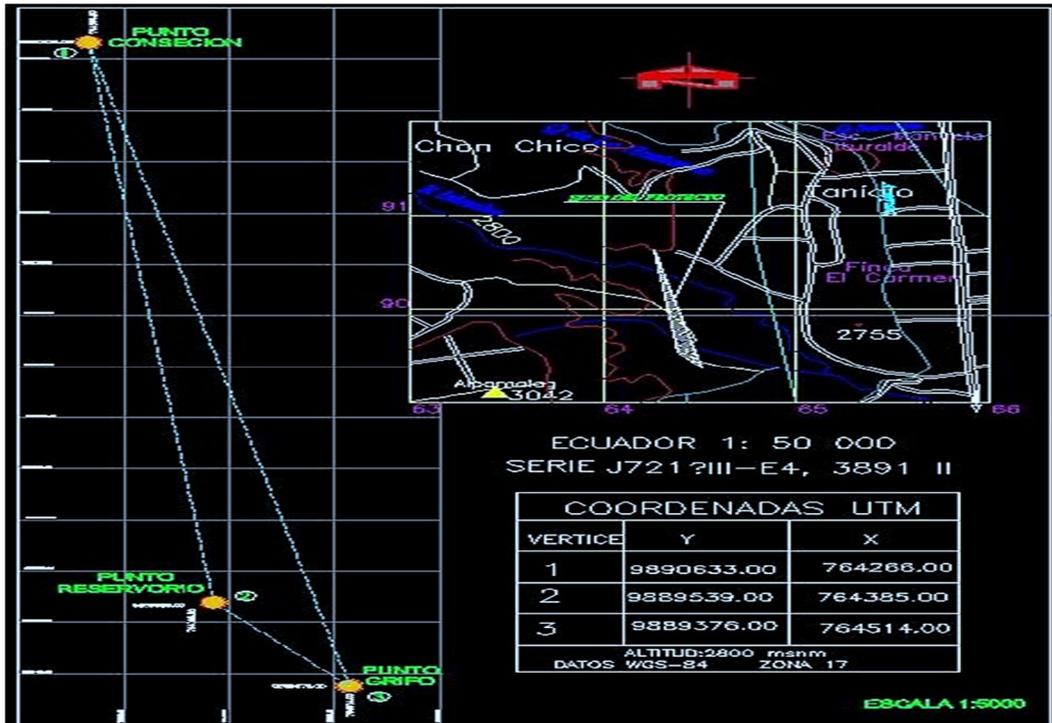
2.4.2 Ubicación.

La ubicación se la efectuó realizando la toma de muestras utilizando un Sistema de Posicionamiento Global en coordenadas UTM, ubicando los sitios donde se realizó el muestreo, con esta información se construyó los mapas de puntos de muestreo.

2.4.3 Determinación y frecuencia de los puntos de muestreo.

Los puntos de muestreo se tomó en los siguientes lugares: vertiente, tanque de almacenamiento y un grifo, con una frecuencia de una toma de muestra por puntos de muestreo.

GRAFICO 2.2 PUNTOS DE MUESTREO



Elaborado: Investigadores

2.5 Procesos metodológicos.

2.5.1 Muestreos de agua a lo largo de la conducción y distribución (concesión, tanque de almacenamiento y grifo).

2.5.1.1 Recolección de muestras.

La toma o recolección de muestras se las realizo acorde a lo detallado a continuación, teniendo absoluto cuidado de no contaminar dichas muestras. La metodología utilizada teniendo en cuenta que para coleccionar las muestras, provenientes de un sistema de distribución de agua para consumo humano, debe cumplir con los procedimientos requeridos, para garantizar la representatividad de las muestras tomadas de la fuente suministradora. Factores como, la correcta selección del sitio de muestreo, el personal capacitado para realizar las tomas, el

instrumental necesario, el procedimiento adecuado para el desarrollo del muestreo, la preservación de las muestras y todos los elementos que intervienen en el proceso de la recolección de la muestra, hasta el momento en el que se entrega al laboratorio, influyen directamente en la validez del resultado analítico. Después de haber determinado el tipo de muestra, el sitio de muestreo y la metodología para la realización de la toma, el desarrollo de cada uno los siguientes pasos, es vital para asegurar la calidad del resultado del análisis.

2.5.1.2 Colecta y registro de la muestra.

Los análisis fisicoquímicos básicos (cloro residual, pH y turbiedad) deben ser preferentemente evaluados en el campo. En caso de que no se cuente con los equipos de campo requeridos para la evaluación de los parámetros físico – químicos básicos, la muestra fue tomada en frascos de polietileno, en un volumen de 500 ml; y no requirió preservantes. Sin exponer la muestra a la luz y agitación.

Las muestras de agua para consumo humano tratada y sometida a un proceso de desinfección con cloro se deben coleccionar en un frasco esterilizado. Otro punto importante en el muestreo es la correcta y clara identificación de la muestra. En la etiqueta o ficha de muestreo debe figurar toda la información requerida. Para los propósitos del muestreo del agua, pueden considerarse tres tipos de agua (Organización Mundial de la Salud 1998):

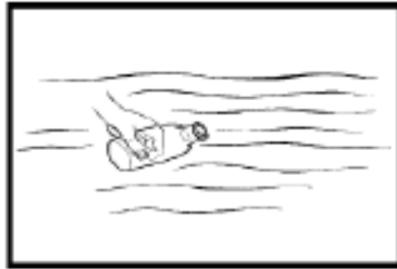
- a) Agua de una corriente de agua (ríos), aguas con escaso o nulo movimiento (reservorios, lagunas, lago) o agua de un depósito (tanque).
- b) Agua de un pozo excavado o algo semejante, donde el acceso presenta una mayor dificultad.
- c) Agua de un grifo en un sistema de distribución o de una bomba de mano fija, etcétera, en el caso de que la comunidad cuente con un sistema de distribución.

- **Recolección de muestras de una corriente de agua, aguas con escaso o nulo movimiento o almacenada en depósitos**

Para llenar el frasco con la muestra, se debe sostener el frasco por la parte inferior

y sumergirlo hasta una profundidad de aproximadamente 20 centímetros, con la boca del frasco ligeramente hacia arriba. Si se trata de una corriente, colocar la boca del frasco en sentido contrario a la corriente del agua. Siempre utilizar guantes. (Fig. 2.1)

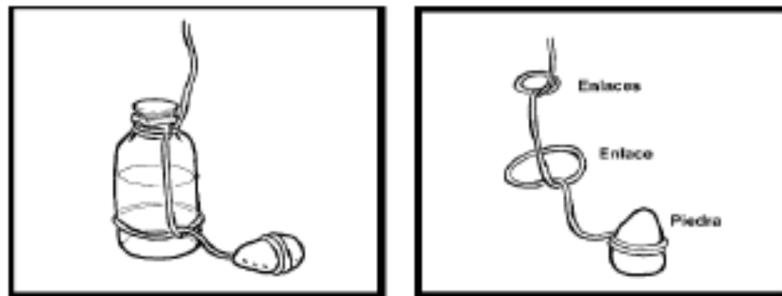
FIGURA. 2.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE UNA CORRIENTE DE AGUA



- **Recolección de muestras de pozos excavados y fuentes similares**

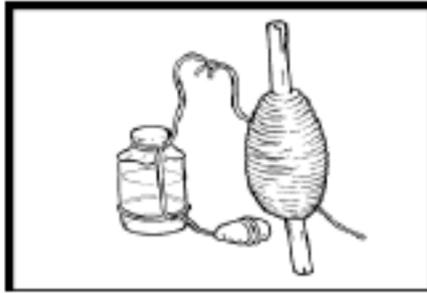
Preparar el frasco o el vaso de muestreo para los análisis bacteriológicos; ambos deben estar esterilizados. Con un pedazo de cordón, amarrar una piedra de tamaño apropiado al frasco de muestra. Antes lavar la piedra a fin de evitar la incorporación de microorganismos al agua del pozo. (Fig. 2.2)

FIGURA. 2.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE POZOS EXCAVADOS Y FUENTES SIMILARES



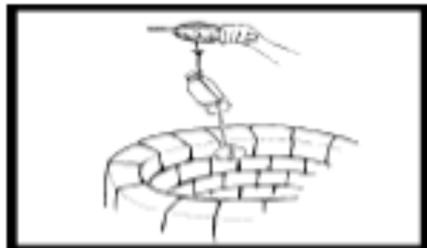
Amarrar el frasco al cordón. Con un cordón limpio, de una longitud necesaria para el muestreo según la profundidad del pozo, atar el frasco y luego destaparlo. (Fig. 2.3)

FIGURA. 2.3 AMARRE DEL CORDÓN AL FRASCO



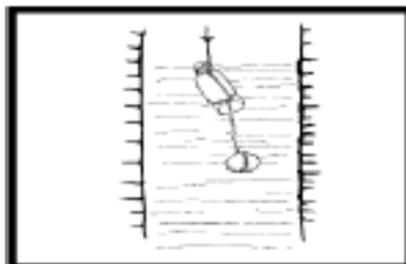
Ubicar el frasco o el vaso de muestreo en un punto alejado de las paredes del pozo y lentamente dejar descender el frasco dentro del pozo. El peso de la piedra facilitará su descenso. (Fig. 2.4)

FIGURA. 2.4 UBICACIÓN DEL FRASCO EN EL POZO



Llenar el frasco. Sumergirlo completamente hasta una profundidad de 30 centímetros aproximadamente. (Fig. 2.5)

FIGURA. 2.5 SUMERGIENDO EL FRASCO



Elevar el frasco. Una vez que se considere que el frasco está lleno, enrollar la cuerda alrededor de la estaca para subirlo. Si el frasco estuviera completamente lleno, deseche parte del agua hasta que aproximadamente un tercio del frasco quede vacío. Colocar la tapa del frasco como se describió anteriormente. Si se trata de reservorios de almacenamiento de agua potable, analice inmediatamente el cloro. (Fig. 2.6)

FIGURA. 2.6 ELEVACIÓN DEL FRASCO

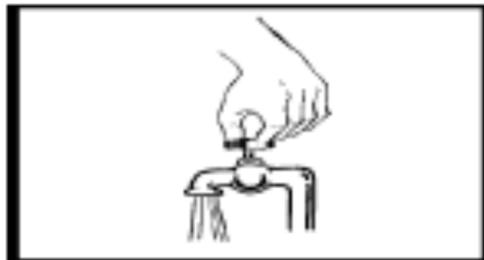


- **Muestreo de un grifo o de la salida de una bomba**

En primer lugar, tener la precaución de que el grifo esté conectado directamente a la red de distribución y sin accesorios (coladores, anexos de mangueras, etc.). De otro modo esto sería una de las principales causas de contaminación. Verificar que no se presenten fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño.

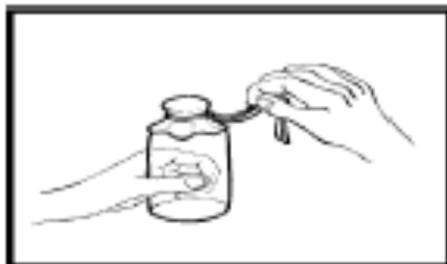
Abrir el grifo, hasta que alcance su flujo máximo y dejar correr el agua durante dos minutos. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería. (Fig. 2.7)

FIGURA. 2.7 ABRIR EL GRIFO



Abrir el frasco de muestreo. (Fig. 2.8)

FIGURA. 2.8 ABRIR EL FRASCO DE MUESTREO



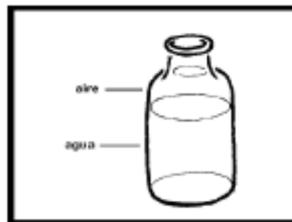
Llenar el frasco. Mantener la tapa y la cubierta protectora hacia abajo (para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos). Poner inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llenarlo. (Fig. 2.9)

FIGURA. 2.9 LLENAR DE LA MUESTRA EL FRASCO



Dejar un espacio de aire (aproximadamente un tercio del frasco) para facilitar la agitación de la muestra antes del análisis bacteriológico. (Fig. 2.10)

FIGURA. 2.10 DEJAR UN ESPACIO DE AIRE



Colocar el tapón al frasco. Enroscar la tapa. (Fig. 2.11)

FIGURA. 2.11 COLOCACIÓN DEL TAPÓN AL FRASCO



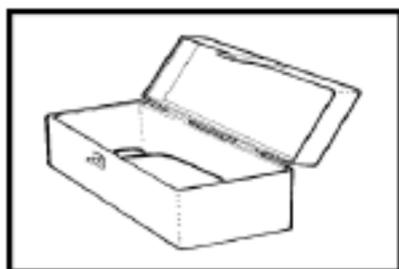
- **Preservación de las muestras**

La muestra deberá ser transportada al laboratorio lo antes posible. El tiempo límite entre el muestreo y el inicio del examen bacteriológico es 30 horas.

Las muestras deben ser transportadas en condiciones de refrigeración (4-10 °C), en cajas que las conserven en este rango de temperatura. Se debe colocar dentro de la caja hielo o gel refrigerado. En el laboratorio la muestra debe ser conservada

a temperatura de refrigeración hasta el inicio del examen. (Fig. 2.12)

FIGURA. 2.12 PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA



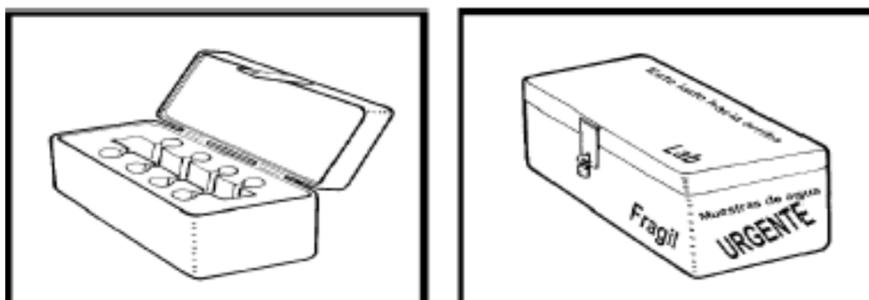
- **Transporte de las muestras: embalaje y envío**

Los frascos deben ser transportados o enviados en una caja resistente para evitar roturas. Esta caja puede ser de plástico, madera o metal. La caja tendrá suficiente espacio para colocar las bolsas con la mezcla refrigerante que permitirá que la muestra se conserve a temperatura de refrigeración.

En la cubierta de caja de transporte se debe colocar una etiqueta que, de manera impresa o con tinta indeleble, muestre de un modo muy claro las inscripciones “Fragil”, “Muestras de agua, urgente” y “Este lado hacia arriba”, así como la dirección del laboratorio al que se enviarán las muestras. En otra etiqueta debe figurar el remitente.

En la parte interna de la caja también irá el formulario detallado con los datos de la recolección de las muestras, su descripción y el nombre de la persona que las recolectó y las envió. Si el programa de vigilancia lo solicita, las muestras irán acompañadas de la cadena de custodia, que tiene por objetivo rastrear la muestra desde el momento del muestreo hasta su entrega al laboratorio. (Fig. 2.13).

FIGURA. 2.13 TRASPORTE DE LAS MUESTRAS



2.5.1.3 Identificación de la Muestra

La identificación de la muestra se coloca en un rótulo marcado con tinta indeleble, adherida al recipiente y debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Procedencia
- Sitio de recolección (Descripción detallada de la ubicación de la concesión, tanque reservorio y grifo, indicando la dirección, localidad, calle, instalaciones, etc.).
- Persona que recolectó.
- Número de la muestra.
- Fecha y hora de recolección

Es indispensable registrar en el formato de recolección de muestras toda la información anterior y los demás datos necesarios para asegurar la integridad de la muestra.

TABLA 2.2 FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		
Tipo de muestra	Responsable del muestro	Tipo de toma de muestra
Fecha:	Ubicación	Condiciones Amb:
Hora:		Humedad
Tipo de análisis	Parámetros	
Físico ()		
Químico ()		Tem. ambiente
Microbiológico ()		

Elaborado: Investigadores

2.5.1.4 Materiales Requeridos

Frascos de muestreo, de vidrio ámbar o plástico, limpios y debidamente etiquetados, del volumen adecuado y la cantidad necesaria, dependiendo de los

análisis Físicoquímicos requeridos para la muestra.

2.5.1.5 Toma de Muestra

Para análisis Físicoquímico y Microbiológico se deben tomar muestras por separado, ya que los métodos de recolección y manejo son diferentes. Seleccionamos los lugares de uso frecuente para consumo humano o que pertenezca a un punto de muestreo deseado, para realizar la toma de las muestras. La llave o grifo no debe presentar fugas en la parte superior, para evitar mezclas inconvenientes con el agua que circula al interior. El punto de toma de muestra debe estar alimentado directamente de la red de distribución. Es importante asegurar que tanto la llave, como el punto de muestreo estén aislados de cualquier tipo de contaminación, por esta razón es necesario realizar la limpieza y asepsia del punto de toma.

2.5.1.6. Toma de Muestra para Análisis Físicoquímico

Mantenga el frasco de muestreo cerrado hasta el momento en el que se realice el llenado. Antes de recolectar la muestra de agua es necesario dejar fluir el líquido libremente y con la presión suficiente, durante 3 a 5 minutos aproximadamente; esto con el objeto de captar el agua de interés y no aquella que pudiera estar retenida en las tuberías y puntos muertos del sistema. Cuando la muestra se toma de un punto diferente al grifo, al referirnos al tanque reservorio, es necesario asegurarse que el agua se encuentre bien mezclada para asegurar su representatividad. El frasco se debe purgar tres veces y llenar completamente hasta el tope. Tapar correctamente el recipiente, de manera que sea necesario romper el sello de seguridad en el momento de abrirlo.

El punto de toma debe desinfectarse (hidrantes, grifos, válvulas, etc.). Todas las superficies que estén en contacto con el agua deben estar limpias y desinfectadas.

Antes de realizar la toma se desinfectan los grifos y válvulas metálicas flameando el orificio de salida con mechero de alcohol. Los grifos o válvulas de material plástico se deben limpiar rigurosamente con un paño o toalla impregnada de solución de hipoclorito de Sodio con una concentración del 5 al 10%. Destape el frasco que va a contener la muestra para el análisis Microbiológico, sin quitar el

papel protector, solo se debe retirar la banda de caucho que sostiene el papel sobre la tapa. Sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos ajenos a la muestra, recoger la muestra rápidamente llenando hasta la mitad del recipiente y evitando las salpicaduras; tapar el frasco en forma inmediata, enroscando la tapa y asegurando el papel a la tapa con la banda de caucho, como estaban inicialmente.

2.5.1.7 Volumen de Muestras

Para el análisis Físicoquímico de agua cruda se utilizan frascos de tapa rosca, boca angosta, vidrio ámbar o de material plástico opaco, con capacidad mínima de 1 litro. Para el análisis Microbiológico de aguas potables se requieren frascos vidrio claro, de boca ancha y tapa rosca plástica, con capacidad mínima de 250 ml.

2.5.1.8 Recolección de la información en las muestras

El muestreo se lo realizo el 04 de agostos del 2014 basándonos en los protocolos para la toma de muestras en la Norma Técnica INEN 2169:98, a continuación mostramos los datos informativos.

TABLA 2.3 RECOLECCIÓN DE DATOS.

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS		
Tipo de muestra Agua cruda	Responsable del muestro Juan Álvarez Luis Acuña	Tipo de toma de muestra Puntual
Fecha: 2014/08/04 Hora: 14h00	Ubicación Salache Bajo	Condiciones Amb: Humedad 55%
Tipo de análisis Físico (x) Químico (x) Microbiológico (x)	Parámetros <ul style="list-style-type: none"> • Solidos totales • Conductividad • Dureza • pH • Coliformes totales 	Tem. ambiente 18°C

Elaborado: Investigadores

2.5.1.9 Transporte de las Muestras

En el momento de empacar las muestras se debe revisar que los recipientes estén correctamente tapados, para evitar posibles derrames o contaminación. Para transportar la muestra, empacar el recipiente dentro de la nevera portátil junto con el medio refrigerante. Durante el transporte de las muestras evitar agitación innecesaria y exposición a la luz. Planear el proceso de transporte teniendo en cuenta que para aguas potables no debe transcurrir más de 8 horas entre la recolección y la llegada al laboratorio.

CAPITULO III

3. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y PROPUESTA

3.1. Determinación la calidad del agua con el análisis de las muestras tomadas.

3.1.1 Resultados y comparación con las normas INEN 1108 y TULAS

En la presente investigación se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos para diagnosticar la calidad del agua de consumo humano en el centro experimental SALACHE de la Universidad Técnica de Cotopaxi; Dichas muestras se analizaron en el laboratorio LACQUANALISIS S.A. acreditado y estructurado en Conformidad con Norma ISO/IEC 17025 que aseguran la confiabilidad de sus análisis; Dichos resultados serán comparados con las normas INEN 1108 y TULAS del libro VI, Anexo 1, Tabla 11, cabe recalcar que por no existir una norma vigente en nuestro país sobre los límites permisibles de algunos parámetros como es el caso de la conductividad, se ha tomado como referencia a las Normas de México y Honduras, adicionalmente se adjunta las ubicación del lugar donde fueron tomas las muestras, en coordenadas UTM. Para cuyas observaciones se las realizara en el aspecto de Carácter.

TABLA 3.1 ASPECTOS DE CARÁCTER.

<i>Positivo</i>	Dentro de los limites
<i>Neutro</i>	Al margen de los limites
<i>Negativo</i>	Fuera de los limites

Elaborado: Investigadores

3.2 MUESTRAS TOMADAS EN LA CONCESIÓN.

A continuación en las tablas, se observan los valores de los parámetros analizados y su comparación con las normas.

3.2.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

TABLA 3.2 RESULTADO PH.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
pH	UpH	7,01	5 a 9	17N 764.266 9.890.663	± 0,95%

TABLA COMPARATIVA 3.3

Concesión / pH	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación	
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE		
Resultado	7.01	5 a 9	7-8.5	6.5-9	Positivo

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra dentro de lo esperado por las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.4 RESULTADO SOLIDOS TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Solidos Totales	Mg/l	670	1000	17N 764.266 9.890.663	± 2,29%

TABLA COMPARATIVA 3.5

Concesión Solidos Totales	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
670	1000	500	1000	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra a un margen deseable para las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera la intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.6 RESULTADO CONDUCTIVIDAD.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Conductivida	µs/cm	1120	---	17N 764.266 9.890.663	± 1,93%

TABLA COMPARATIVA 3.7

Concesión conductividad	Norma Mexicana 25°C uS/cm	Norma Técnica de Honduras		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
1120	1500	400	500	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas tomadas como referencia por lo que no demuestra que se requiera la intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.8 RESULTADO DUREZA TOTAL.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Dureza Total	Mg/l	365	500	17N 764.266 9.890.663	± 5%

TABLA COMPARATIVA 3.9

Concesión Dureza Total	TULAS	NORMA INEN 1108		
	Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
Resultado	LIM. MAX			
365	500	120	300	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.2.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

TABLA 3.10 RESULTADO COLIFORMES TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Coliformes	NMP/100ml	Ausencia	3000	17N 764.266 9.890.663	---

TABLA COMPARATIVA 3.11

Concesión Coliformes T	TULAS	NORMA INEN 1108		
	Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
Resultado	LIM. MAX			
Ausencia	3000	Ausencia	Ausencia	Positivo

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra

dentro de lo esperado por las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.3 MUESTRAS TOMADAS EN TANQUE RESERVORIO.

A continuación en las tablas, se observan los valores de los parámetros analizados y su comparación con las normas vigentes.

3.3.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

TABLA 3.12 RESULTADO PH.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
pH	UpH	6,78	5 a 9	17N 764.385 9.889.539	± 0,95%

TABLA COMPARATIVA 3.13

Tanque	pH	TULAS	NORMA INEN 1108		Observación
		Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado		LIM. MAX			
6,78		5 a 9	7-8.5	6.5-9	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.14 RESULTADO SOLIDOS TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Solidos Totales	Mg/l	541	1000	17N 764.385 9.889.539	± 2,29%

TABLA COMPARATIVA 3.15

Tanque Solidos Totales	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
541	1000	500	1000	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra a un margen deseable para las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.16 RESULTADO CONDUCTIVIDAD.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Conductividad	µs/cm	944	---	17N 764.385 9.889.539	± 1,93%

TABLA COMPARATIVA 3.17

Tanque Conductividad	Norma Mexicana 25°C uS/cm	Norma Técnica de Honduras		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
944	1500	400	500	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas tomadas como referencia por lo que no demuestra que se requiera la intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.18 RESULTADO DUREZA TOTAL.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Dureza Total	Mg/l	307	500	17N 764.385 9.889.539	± 5%

TABLA COMPARATIVA 3.19

Tanque Dureza Total	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	500	120	300	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra a un margen neutro para las normas vigentes en nuestro país por lo que no muestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.3.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

TABLA 3.20 RESULTADO COLIFORMES TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Coliformes	NMP/100	$5 * 10^2$	3000	17N 764.385 9.889.539	---

TABLA COMPARATIVA 3.21

Tanque Coliformes T	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	3000	Ausencia	Ausencia	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por la norma del TULAS, pero por parte de la NORMA INEN 1108 no cumple límites permisibles o deseables, por lo que demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.4 MUESTRAS TOMADAS EN EL GRIFO.

A continuación en las tablas, se observan los valores de los parámetros analizados y su comparación con las normas vigentes.

3.4.1 INFORME ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

TABLA 3.22 RESULTADO PH.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
pH	UpH	7,09	5 a 9	17N 764.385 9.889.539	± 0,95%

TABLA COMPARATIVA 3.23

Grifo / pH	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108		Observación
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación
7,09	5 a 9	7-8.5	6.5-9	Positivo

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra dentro del límite deseable para las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.24 RESULTADO SOLIDOS TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
-----------	--------	-----------	-----------	-----------------	--------------------------

Solidos Totales	Mg/l	496	1000	17N 764.385 9.889.539	± 2,29%
-----------------	------	-----	------	-----------------------	---------

TABLA COMPARATIVA 3.25

Grifo Solidos Totales	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11		NORMA INEN 1108		Observación
	Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
496	1000	500	1000	Optimo	

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra debajo del límite deseable para las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.26 RESULTADO CONDUCTIVIDAD.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Conductividad	µs/cm	924	---	17N 764.385 9.889.539	± 1,93%

TABLA COMPARATIVA 3.27

Grifo Conductividad	Norma Mexicana 25°C uS/cm		Norma Técnica de Honduras		Observación
	Resultado	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	
924	1500	400	500	Neutro	

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas tomadas como referencia por lo que no demuestra que se requiera la intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

TABLA 3.28 RESULTADO DUREZA TOTAL.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Dureza Total	Mg/l	288	500	17N 764.385 9.889.539	± 5%

TABLA COMPARATIVA 3.29

Grifo Dureza Total	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108			
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación	
Resultado	288	500	120	300	Neutro

Elaborado: Investigadores

Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por las normas vigentes en nuestro país por lo que no demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.4.2 INFORME ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

TABLA 3.30 RESULTADO COLIFORMES TOTALES.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	Coordenadas UTM	INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO
Coliformes	NMP/100ml	$4 * 10^2$	3000	17N 764.385 9.889.539	---

TABLA COMPARATIVA 3.31

Tanque Coliformes T	TULAS Libro VI, Anexo 1 Tabla 11	NORMA INEN 1108			
	LIM. MAX	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE	Observación	
Resultado	$4 * 10^2$	3000	Ausencia	Ausencia	Neutro

Elaborado: Investigadores

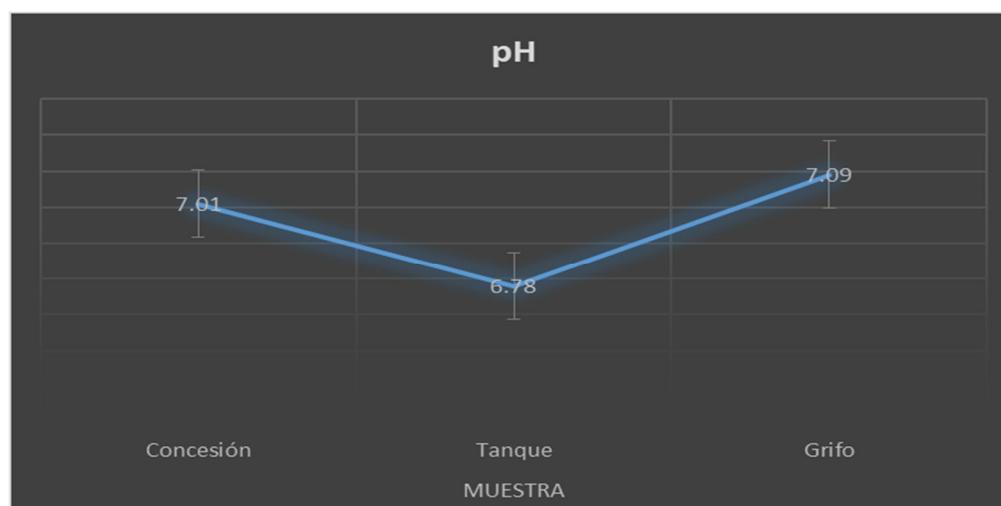
Por su resultado y comparación podemos concluir que este parámetro se encuentra al margen de lo esperado por la norma del TULAS, pero por parte de la NORMA INEN 1108 no cumple con los límites deseables o permisibles, por lo que demuestra que se requiera alguna intervención en ámbito de mejorar la calidad del agua que se consume en la institución.

3.5 CONCLUSIONES POR PARÁMETRO Y TENDENCIA:

TABLA 3.32 PARÁMETRO PH

Parámetros de la calidad del agua	MUESTRA		
	Concesión	Tanque	Grifo
pH	7.01	6.78	7.09

GRAFICO 3.1 PH



Elaborado: Investigadores

Como podemos observar en las muestras y sus resultados la tendencia es variable y tiende a elevar el pH, esto puede suceder ya que la toma de la muestra se la realizo en horas de la tarde y en el agua dulce, el incremento de temperatura hace disminuir el pH.

TABLA 3.33 PARÁMETRO SOLIDOS TOTALES

Parámetros de la calidad del agua	MUESTRA		
	Concesión	Tanque	Grifo
Solidos Totales	670	541	496

GRAFICO 3.2 SOLIDOS TOTALES



Elaborado: Investigadores

Como podemos observar en las muestras y sus resultados la tendencia es la disminución de Solidos Totales presentes durante la conducción hasta el grifo es sucede porque que en el tanque reservorio de la Universidad se tiene implementado un filtro de grava (modelo 4202) que ayuda a la reducción de dichos sólidos.

TABLA 3.34 PARÁMETRO CONDUCTIVIDAD

Parámetros de la calidad del agua	MUESTRA		
	Concesión	Tanque	Grifo
Conductividad	1120	944	924

GRAFICO 3.3 CONDUCTIVIDAD



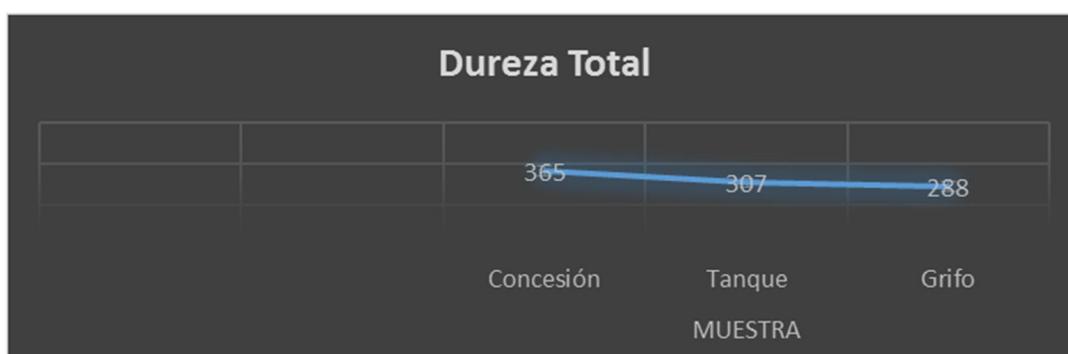
Elaborado: Investigadores

Como podemos observar en las muestras y sus resultados la tendencia es la disminución de Conductividad conforme el agua llega al grifo, esto sucede, al haber paralelamente la reducción de los sólidos totales se reduce dicha conductividad ya que esta depende tanto de los sólidos disueltos como de la temperatura.

TABLA 3.35 DUREZA TOTAL

Parámetros de la calidad del agua	MUESTRA		
	Concesión	Tanque	Grifo
Dureza Total	365	307	288

GRAFICO 3.4 DUREZA TOTAL



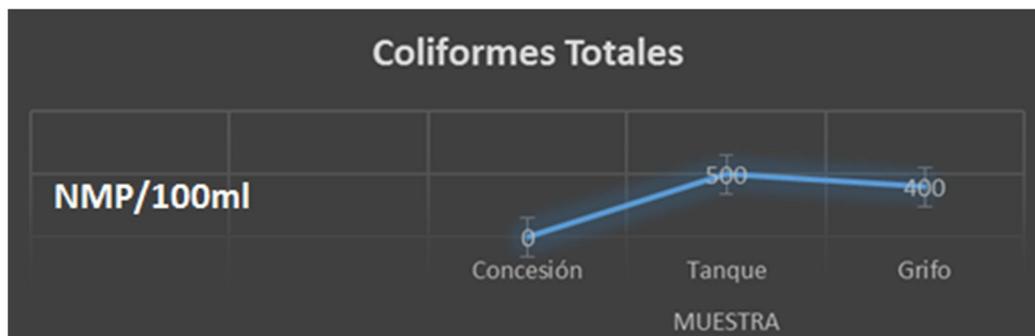
Elaborado: Investigadores

Como podemos observar en las muestras y sus resultados la tendencia es la disminución de Dureza Total $CaCO_3$ conforme el agua llega al grifo, esto también puede verse beneficiado por el filtro mencionado anteriormente

TABLA 3.36 COLIFORMES TOTALES

Parámetros de la calidad del agua	MUESTRA		
	Concesión	Tanque	Grifo
Coliformes Totales	0	$5 * 10^2$	$4 * 10^2$

GRAFICO 3.5 COLIFORMES TOTALES



Elaborado: Investigadores

Como podemos observar en las muestras y sus resultados la tendencia es la aparición de colonias hasta llegar al tanque reservorio, pero a partir de ahí, continúa su conducción hasta el grifo con una disminución de colonia, se da por varias causas entre ellas el mal estado de la tubería o fugas en el transcurso de su conducción hasta el grifo, lo que presentan resultados admisibles pero no deseables por lo que a continuación elaboraremos una propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas en base a los resultados obtenidos.

3.6 RECOMENDACIONES:

Como se pudo observar en los resultados y conclusiones de cada uno de los parámetros analizados, a continuación elaboramos una propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas para el Centro Experimental SALACHE de la Universidad Técnica de Cotopaxi

3.6.1 Propuesta de tratamiento que permita implementar adecuadas medidas correctivas en base a los resultados obtenidos.

A continuación detallamos la propuesta de tratamiento más óptimo para el problema presentado en el informe de los análisis, siendo el método más viable, el tratamiento por filtración utilizando un tipo de filtro lento.

3.6.1.1 MÉTODOS GENERALES DE TRATAMIENTO

3.6.1.2 Objetivos del tratamiento

Los objetivos del tratamiento para mejorar la calidad del agua de abastecimiento

son de los siguientes tipos:

- **Higiénico:** remover bacterias y elementos venenosos o nocivos, así como resolver la mineralización excesiva y las concentraciones elevadas de compuestos orgánicos, protozoarios y otros microorganismos.
- **Económico:** reducir la corrosividad, la dureza, el color, la turbidez; reducir las concentraciones de hierro y manganeso; resolver problemas de olor y sabor, etcétera.

3.6.1.3 Procesos de tratamiento

Los procesos de tratamiento son los siguientes:

- Aeración;
- Coagulación;
- Floculación;
- Decantación o sedimentación;
- **FILTRACIÓN;**
- Tratamiento por contacto;
- Corrección de la dureza;
- Desinfección;
- Sabor y olor;
- Control de la corrosión, y
- Cloración.

3.6.2 FILTRACIÓN

La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje.

Con el paso del agua a través de un lecho de arena se produce lo siguiente:

- La remoción de materiales en suspensión y sustancias coloidales;
- La reducción de las bacterias presentes;
- La alteración de las características del agua, inclusive de sus características químicas.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

- a) La acción mecánica de filtrar;
- b) La sedimentación de partículas sobre granos de arena;
- c) La floculación de partículas que estaban en formación, debido al aumento de la posibilidad de contacto entre ellas;
- d) La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se reproducen allí (filtro lento).

3.6.2.1 Clasificación de los filtros

1) Según la tasa o velocidad de filtración:

- *Filtros lentos*: funcionan con una tasa media de $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$;
- *Filtros rápidos*: con una tasa media de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$.

2) Según la presión, los filtros rápidos pueden ser de dos tipos:

- *De presión*: cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias);
- *De gravedad*: los más comunes.

3.6.2.1.1 Filtros lentos

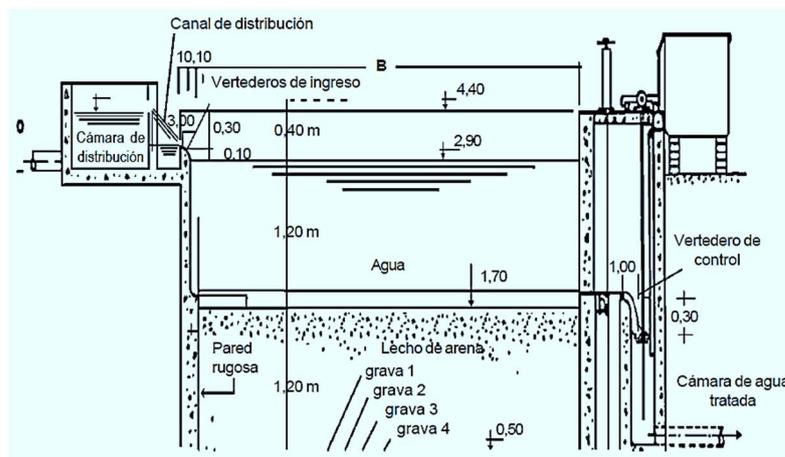
Se utilizan para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez (color + turbidez = 50 ppm) sin ayuda de la coagulación.

Por lo general, se aplican en comunidades pequeñas. Tienen forma rectangular y, por lo general, debido a la baja tasa de filtración, son relativamente grandes.

Están conformados por una caja de mampostería o concreto en el fondo de la cual existe un sistema de drenaje cubierto por piedras y sobre este hay arena (más fina y menos uniforme que la de los filtros rápidos).

Tamaño efectivo: 0,25 a 0,35 mm. Coeficiente de uniformidad entre 2 y 3.

FIGURA 3.1 ELEVACIÓN DE UN FILTRO LENTO



Fuente: Organización Mundial de La Salud

3.6.2.1.1.1 Operación del filtro lento. Al iniciar la puesta en marcha del filtro lento, la operación de llenado debe hacerse en forma ascendente, con el agua de otro filtro en funcionamiento. Después de llenar el filtro, se abre el ingreso y el desagüe.

Como el agua producida al inicio de la operación no es de buena calidad, se debe desechar hasta que se presente con la calidad deseada.

3.6.2.1.1.2 Periodo de maduración del filtro lento. A medida que el filtro funciona, la arena retiene el material más grueso en suspensión (algas, protozoarios, etcétera), que forman sobre esta una capa de lodo (capa biológica). A medida que se forma esta capa gelatinosa, absorbe partículas menores (coloides, emulsoides, etcétera) y mejora la calidad del agua. Solo cuando el agua está en buenas condiciones por el tratamiento, se cierra el desagüe y se abre el efluente para enviar el agua al reservorio de distribución después de que haya sido clorada y el pH se haya corregido. La operación de maduración puede durar de dos a tres semanas y el filtro operado de esta manera puede proporcionar agua de buena calidad por un lapso de dos a tres meses.

3.6.2.1.1.3 Pérdida de carga. Durante el proceso de filtración, la capa de lodo aumenta y ofrece mayor resistencia al paso del agua (pérdida de carga) y el filtro pierde caudal. Cuando la pérdida de carga alcanza de 0,90 a 1,50 m (límite común: 1,20 m), se debe lavar el filtro porque el caudal ya no es económico.

3.6.1.1.4 Limpieza del filtro lento (Fig.3.1). Cuando se alcanza el límite de la pérdida de carga, se cierra el ingreso y se deja al filtro operando con la capa de agua que tiene sobre el lecho. Esta operación debe iniciarse al atardecer y se debe dejar que el filtro opere toda la noche de esta manera. A la mañana siguiente, apenas hay luz, debe iniciarse el raspado del filtro. Es necesario abrir la válvula de desagüe del fondo y dejar que el nivel descienda alrededor de 0,20 m por debajo del nivel de la arena.

La operación de limpieza debe efectuarse en el menor tiempo posible para que los microorganismos benéficos que constituyen la capa biológica no perezcan por efecto de los rayos del Sol y por falta de nutrientes. Se retira una capa de uno a dos centímetros de arena con el lodo de toda la superficie filtrante.

Después de extraer la capa de arena de dos centímetros, se rastrilla el lecho para esponjar la superficie y se le pasa un emparejador. El filtro se llena por debajo. Cuando el filtro no estuvo fuera de funcionamiento por más de 24 horas, el periodo de maduración es prácticamente nulo.

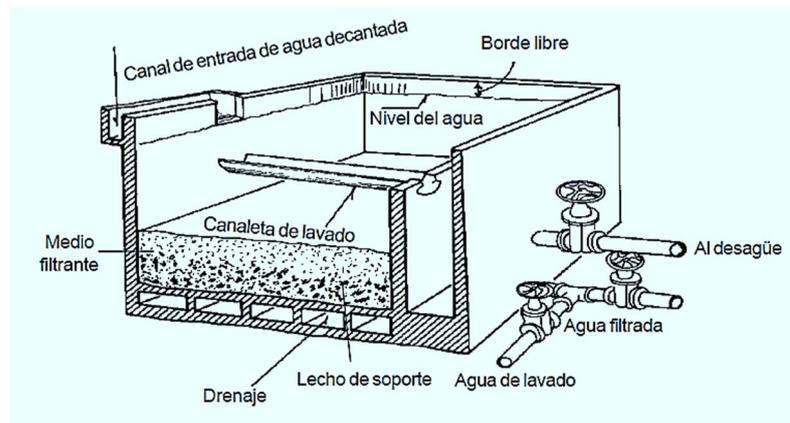
Observación: por lo general, una instalación de filtros lentos posee más de una unidad filtrante. Mientras uno está lavado y maduro, los otros están en funcionamiento.

3.6.2.1.2 Filtros rápidos de gravedad

Los filtros rápidos de gravedad se utilizan en las plantas de tratamiento para la filtración de grandes volúmenes de agua previamente coagulada. Tienen forma rectangular y se lavan con agua tratada que se introduce de abajo hacia arriba (sistema que se denomina *de retrolavado*). Debido a ello, se construyen en áreas más pequeñas. Están conformados por una caja de concreto en el fondo de la cual hay un sistema de canalización central y canales laterales cubiertos por varias capas y diámetros de grava que sostienen la capa de arena gruesa y la de arena preparada. (Fig.3.2)

También pueden estar contruidos con un sistema de fondo falso (de concreto) donde se ha colocado un drenaje cuya finalidad es distribuir el agua filtrada y el agua de lavado de manera uniforme en toda el área filtrante.

FIGURA 3.2 *ESQUEMA DE UN FILTRO RÁPIDO DE GRAVEDAD CON FONDO FALSO*



Fuente: *Organización Mundial de La Salud*

Al inicio de la filtración, como la arena está expandida, el agua arrastra parte del material en suspensión y el filtrado no es de buena calidad.

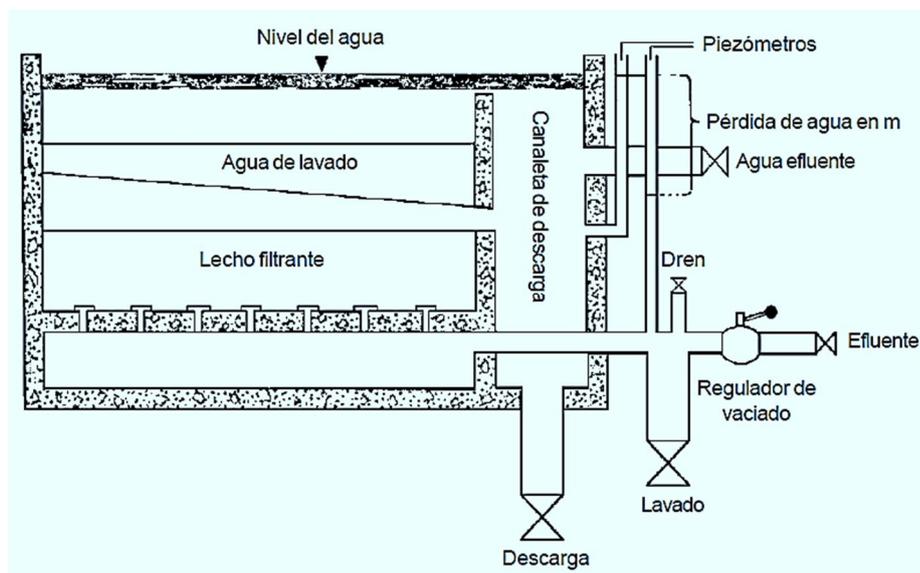
Los materiales en suspensión en el agua, que son más grandes que los espacios intergranulares de la arena, quedan retenidos en la superficie filtrante. Los que son más pequeños se van adhiriendo a la superficie interna de los granos y, de esa manera, disminuyen los espacios por donde pasa el agua. Así, a medida que el filtro se ensucia, hay una mayor resistencia al paso del agua.

El aumento de resistencia al paso del agua por la arena corresponde a una reducción del caudal del filtro. Cuando el filtro está limpio, es posible filtrar un

volumen de agua mayor (tasa: $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$); a medida que el filtro se obstruye por la suciedad (lo que se denomina *colmatación*), la tasa disminuye. Para evitar que esto suceda, los filtros de tasa y nivel constante están provistos de un aparato controlador de caudal que mantiene la tasa de filtración constante de $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ (desde el inicio de la filtración hasta el momento del lavado del filtro). En los filtros de tasa declinante y nivel variable no se controla el caudal de operación del filtro sino que se deja que cada filtro tome buenamente lo que su estado de colmatación le permita.

El fenómeno que se produce con la obstrucción del filtro por la suciedad retenida se llama *pérdida de carga*, que puede ser medida rápidamente de la siguiente manera (véase la Figura 3.3):

FIGURA 3.3 FILTRO RÁPIDO DE GRAVEDAD. CORTE VERTICAL



Fuente: Organización Mundial de La Salud

- El canal de descarga del filtro se conecta a un tubo (piezométrico) transparente, para que cuando el agua suba por este, indique el nivel de agua en el filtro.
- Se adhiere otro tubo (piezométrico) transparente a la tubería de salida del agua filtrada, de manera que cuando la válvula del efluente esté cerrada, indique también el nivel de agua en el filtro.

Cuando el filtro está en funcionamiento, el nivel del agua es más bajo en el tubo piezométrico unido a la tubería del agua filtrada, debido a que la arena ofrece cierta resistencia al paso del agua. La diferencia en metros entre los niveles del agua de los dos tubos es la medida de la pérdida de carga. En los filtros limpios recién lavados la diferencia de nivel se ubica alrededor de 0,50 metros, según la configuración del filtro y la granulometría de la arena.

Conforme el filtro se ensucia, la diferencia de nivel entre los dos tubos piezométricos aumenta (se incrementa la pérdida de carga) y cuando alcanza de 1,80 a 2,50 m (por lo general 2 m), el filtro se debe lavar.

En los filtros de tasa declinante no hay un aparato regulador de caudal, en el diseño se deja una carga hidráulica disponible, que actúa sobre la tasa máxima del filtro cuando, recién lavado, reinicia la operación. En estas condiciones, la tasa máxima del filtro no será mayor que 1,5 veces la tasa promedio del proyecto, para evitar que el efluente se deteriore. Conforme aumenta la pérdida de carga (por suciedad de la arena), el caudal disminuye. El lavado del filtro se realiza cuando la tasa de filtración ya no es económica. *Observación:* cuando las partículas en suspensión en el agua (flóculos, etcétera) son más grandes que los espacios intergranulares de la arena, se quedan retenidas en la superficie. Cuando son más pequeñas, accionadas por la fuerza centrífuga, se adhieren a las superficies de los granulos debajo de la superficie. La capa superior de la arena (que es más fina) realiza el trabajo de filtración. Actualmente, para que la obstrucción sea más lenta, se utilizan dos procesos:

- 🚧 Filtración en sentido contrario, en el mismo sentido del lavado (filtros rusos);
- 🚧 Filtros de doble capa (con una capa de antracita). Se coloca una capa de antracita (un determinado tipo de carbón mineral), de granulometría mayor a la de la arena, sobre la arena preparada.

La antracita (cuyos espacios intergranulares son más grandes que los de la arena) retiene las partículas en suspensión en el agua (filtrada por gravedad) y la arena

cumple una labor de pulimento. De esta manera, el filtro no se ensucia tan rápido. Como la antracita tiene una densidad menor a la de la arena, durante el lavado permanece en la superficie sin mezclarse.

✚ Filtros de triple capa:

- Granulada (más densa que la arena);
- Arena, y
- Antracita (menos densa que la arena).

Por lo general, el proceso de lavado es el mismo en los diversos tipos de filtros.

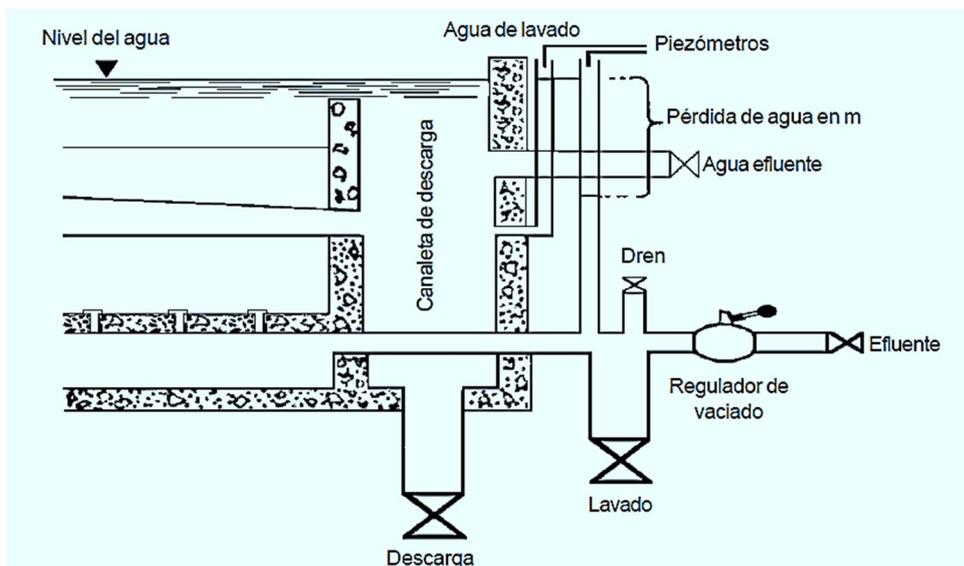
3.6.2.2. Lavado de los filtros

a) Filtros convencionales de tasa y nivel constante

Para lavar los filtros se invierte la corriente (el agua se introduce de abajo hacia arriba). A este proceso se le denomina *de retrolavado*. En el lavado, la arena que constituye el lecho filtrante se debe expandir en el agua.

La velocidad ascendente del agua de lavado debe ser suficiente para expandir la arena entre 25% y 30%, pero no tanta como para conducirla hacia la canaleta de recolección del agua de lavado. Cuando la pérdida de carga del filtro alcanza 1,80 a 2,50 m (usualmente 2 m), se debe lavar de la siguiente manera:

FIGURA 3.4 LAVADO SIMPLE



Fuente: Organización Mundial de La Salud

- 1) Cerrar el ingreso de agua decantada.
- 2) Cerrar la salida de agua filtrada.
- 3) Abrir el desagüe.
- 4) Abrir la válvula de lavado (al principio, lentamente). Cuando el agua comience a caer en la canaleta de agua de lavado, iniciar el conteo de tiempo (tiempo de lavado).
- 5) Cerrar el ingreso de agua de lavado cuando el filtro esté limpio (lo cual se sabe por la clarificación y la ausencia de flóculos en el agua que rebalsa por la canaleta). Cuando el agua deja de correr en la canaleta, verificar el tiempo transcurrido entre el inicio y este instante (tiempo de lavado de cuatro a siete minutos, según la época del año: estiaje o creciente).
- 6) Cerrar el desagüe.
- 7) Abrir el ingreso de agua decantada.
- 8) Cuando el filtro este lleno, abrir el drenaje de fondo por un lapso de 2 a 3 minutos.
- 9) Cerrar el drenaje.
- 10) Llenar el filtro primero por el fondo; dejar una capa de agua de 0,10 m sobre la arena.
- 11) Cerrar el desagüe.
- 12) Abrir la salida de agua filtrada. *El filtro está en uso.*

3.6.2.3 Tiempo de lavado. Se cuenta desde el instante en que comenzó a caer el agua por las canaletas de agua de lavado (operación 4) hasta el instante en que el agua de lavado dejó de caer en la canaleta (operación 5).

Dado:

$$\text{Tiempo} = t \text{ minutos.}$$

$$\text{Área del lecho filtrante} = A \text{ m}^2.$$

$$\text{Velocidad ascendente del agua de lavado} = 0,60 \text{ m/minutos.}$$

Cálculo del agua de lavado:

$$A \times 0,60 \times t = m^2 \text{ de agua usada en el lavado del filtro (pérdida).}$$

- El tiempo de lavado de un filtro depende de varios factores y puede variar de cuatro a siete minutos.
- El tiempo en el que un filtro queda fuera de funcionamiento durante las operaciones de lavado oscila entre 8 y 15 minutos.
- El volumen de agua empleado para lavar un filtro se puede determinar de manera empírica: tomando un tiempo para el lavado equivalente a seis minutos, se multiplica el caudal de agua máximo en un minuto por seis (caudal máximo de agua = velocidad ascendente del agua de lavado en metros por minuto x área del lecho filtrante).
- En una instalación debidamente proyectada y operada, el volumen que se gasta con el lavado de los filtros debe ir de 2 a 2,5% del volumen de agua filtrada en la instalación.

$$\frac{\text{Volumen gastado para el lavado de los filtros (día, mes o año)}m^3}{\text{Volumen total del agua filtrada (día, mes o año)}m^3} * 100 = 2 \text{ a } 2,5\%$$

3.6.2.4 Tiempo de drenaje. Por lo general, se acostumbra drenar un filtro durante dos o tres minutos, inmediatamente después del lavado. El drenaje se realiza para acomodar el lecho filtrante y preparar el filtro para el proceso. Como la arena está expandida debido al lavado, en los primeros instantes, el agua que atraviesa el filtro arrastra partículas en suspensión (turbidez). La turbidez se reduce conforme disminuyen los espacios intergranulares de la arena (por el acomodamiento de esta).

Para determinar el tiempo necesario de drenaje, se deben recolectar muestras continuas del agua del drenaje (de 10 en 10, de 20 en 20 ó de 30 en 30 segundos) y determinar la turbidez de tales muestras. El tiempo transcurrido entre la abertura del drenaje y el instante de recolección de la muestra que presentó turbidez en el

límite usual del agua filtrada en la planta corresponde al tiempo de drenaje necesario para la preparación del filtro.

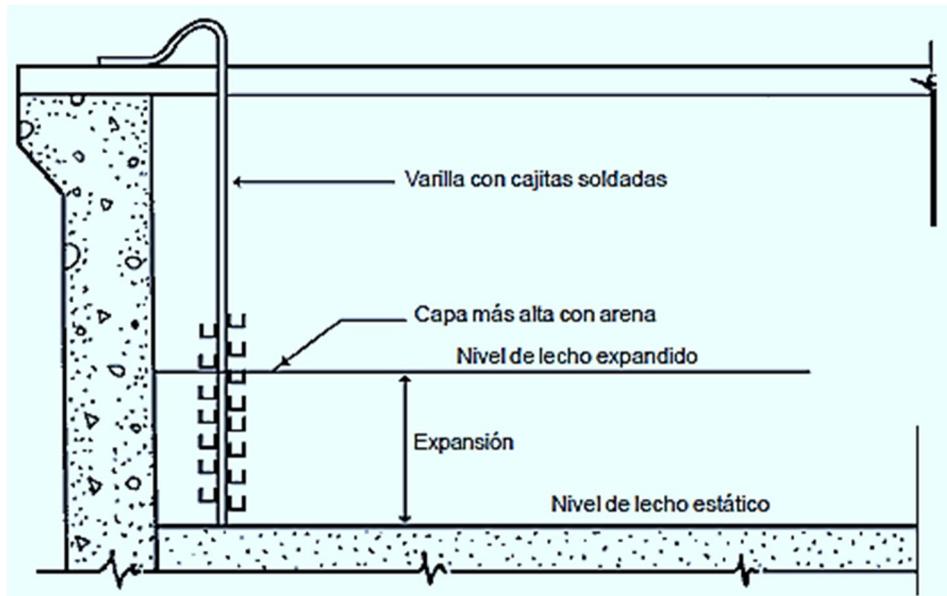
La velocidad ascendente del agua de lavado varía de acuerdo con el tamaño de la arena; si, por ejemplo, fuera de 0,60 m por minuto, querría decir que en un minuto el agua de lavado debe subir en el área filtrante con una velocidad de 0,60 metros. La expansión de la arena durante el lavado del filtro (expresada en porcentajes de la altura de la capa de arena preparada) debe ser de 25 a 30%; es decir, si la capa de arena preparada es, por ejemplo, de 0,60 metros, la expansión de la arena debe ser de 0,15 a 0,18 metros adicionales a su nivel normal.

En el caso de filtros con sistema de lavado mediante aire y agua, la expansión solo debe ser de 10%, porque en este caso la fricción de los granos de arena para desprender la suciedad adherida la hace el aire comprimido y no el agua. La tasa de filtración (velocidad de filtración) de un filtro rápido clásico, de arena, debe ser de 120 m³/m²/d; es decir, por cada metro cuadrado de área filtrante debe pasar 120 m³ de agua por día.

3.6.2.4 Determinación de la expansión de la arena

Esta determinación se puede realizar con la ayuda de un sencillo aparato que consiste en una vara metálica (cuya longitud será la que corresponda a la altura existente entre la superficie del lecho estático y el borde superior del muro de la caja del filtro), con cajitas intercaladas cada 0,05 metros a partir del extremo inferior (Figura 7).

FIGURA 3.5 MEDICIÓN DE LA EXPANSIÓN DE LA ARENA



Fuente: Organización Mundial de La Salud

La varilla se debe fijar en la parte superior de la caja del filtro para que no se mueva durante la prueba. Las cajas deben quedar en posición horizontal.

1. Colocar la varilla sobre el nivel del lecho estático (antes de que se inicie el lavado).
2. Iniciar la operación de lavado y dejar dos a tres minutos la varilla en la posición seleccionada.
3. Retirar con cuidado la varilla.
4. Volver a colocar la varilla de tal manera que la última plataforma quede a 15 centímetros de la superficie anterior de la arena. Para lograrlo se utiliza la medida grabada en la vara en el lado opuesto al extremo en el que están las cajas y se ajusta con el tornillo de ajuste.
5. Se abre nuevamente el lavado en la abertura convencional como para el lavado simple.
6. Cerrar el lavado. Cuando el agua deje de correr por la canaleta de lavado, se retira la vara metálica con cuidado y se verifica hasta qué plataforma tiene arena.
 - 1) Si la arena quedó retenida en la primera y segunda plataformas y no en la tercera, se sabe que esta se expandió hasta 25 centímetros

de la superficie anterior de la arena.

De esta manera, con medidas sucesivas, es posible determinar la expansión real de la arena.

Cálculo:

Capa de arena preparada..... 0,575 m

Expansión de la arena..... 0,25 m

$$\frac{\text{expansión de la arena (en m)}}{\text{altura de la capa de arena (en m)}} \times 100 = \% \text{ expansión}$$

$$\frac{0,25 \times 100}{0,575} = 43\% \text{ de expansión}$$

El rango de expansión de la arena debe estar entre 30 y 50%.

Observación: cuando el caudal y, por consiguiente, la velocidad del agua de lavado cambian, el porcentaje de expansión de la arena también varía.

7. Cerrar la descarga de agua de lavado.
8. Abrir el efluente.
9. Drenar el filtro.
10. Abrir el efluente. *El filtro está en funcionamiento.*

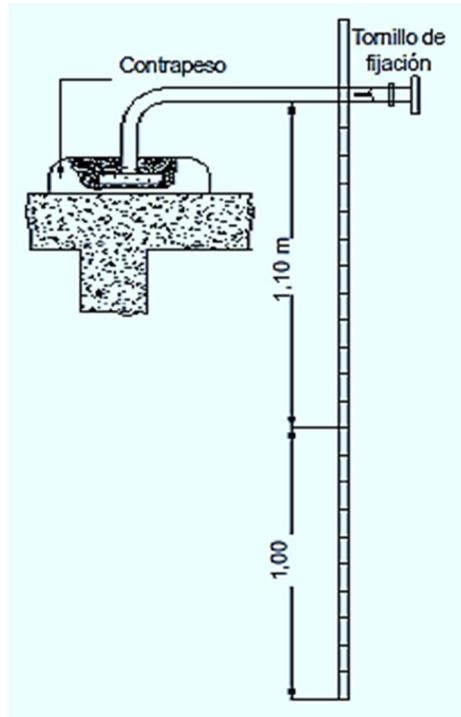
Si después de la operación de lavado se encuentra material filtrante en las canaletas de lavado, esto es signo de que la expansión es excesiva y si no tomamos medidas para solucionar el problema, el lecho filtrante se irá perdiendo poco a poco. Debemos calibrar el caudal de lavado hasta que la expansión se encuentre en el rango adecuado.

3.6.2.5 Determinación de la velocidad de lavado

Para determinar experimentalmente la velocidad ascendente del agua de lavado y la expansión de la arena (cuando un filtro alcanzó la pérdida de carga de 1,80 a

2,50 metros), se procede de la siguiente manera:

FIGURA 3.6 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LAVADO



Fuente: Organización Mundial de La Salud

1. Cerrar el ingreso y esperar a que el nivel del agua baje hasta aproximadamente cuatro centímetros de la superficie de la arena.
2. Cerrar el efluente.
3. Abrir la descarga de agua de lavado.
4. Colocar el aparato de la Figura 3.6 a exactamente 10 centímetros de la superficie de la arena.
5. Abrir el lavado (ligeramente al principio).
6. Cuando el lavado esté abierto por completo, cronometrar el tiempo que lleva el agua en recorrer el espacio entre dos o tres marcas de una regla graduada.

Datos:

t = tiempo en segundos, y

d = distancia recorrida por el agua en cm (10 ó 20 cm).

Cálculo:

$$\frac{d \times 60}{t} = \text{elevación del agua durante el lavado, en cm/min}$$
$$= \text{velocidad del agua de lavado}$$

Ejemplo:

$$d = 10 \text{ cm;}$$

$$t = 12 \text{ segundos}$$

$$\text{Velocidad de lavado} = \frac{10 \times 60}{12} = 50 \text{ cm/min}$$

Nota: para obtener dicha medida, se debe utilizar la altura disponible debajo de las canaletas de recolección del agua de lavado para que el volumen de estas no influya en la velocidad ascendente del agua.

7. Continuar el lavado hasta la clarificación del agua.
8. Cerrar la descarga de agua de lavado cuando el agua deje de correr por las canaletas.
9. Retirar con cuidado la regla graduada.

3.6.2.6 Determinación experimental de la velocidad de filtración (tasa de filtración)

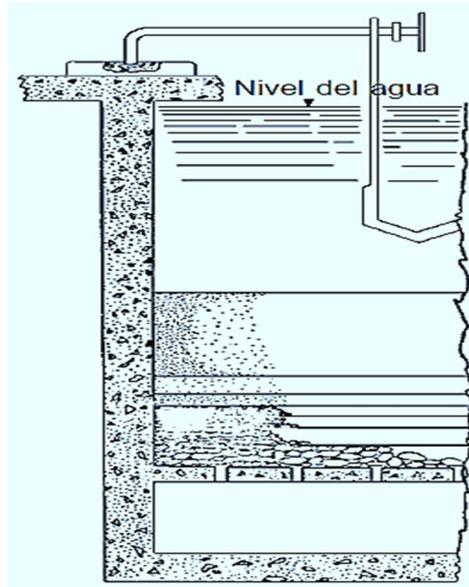
Para determinar experimentalmente la tasa de filtración, se utiliza el mismo aparato empleado para determinar experimentalmente la velocidad ascendente del agua de lavado (Figura 3.7). Se deben tomar las siguientes precauciones:

- a. El filtro debe estar lleno y en funcionamiento, en su nivel máximo.
- b. El aparato debe colocarse sobre el borde de la canaleta como en la Figura 3.7.

Se debe tomar esta precaución para que las canaletas de lavado o las paredes

internas del filtro no ocupen volumen en el espacio en que se va a medir el agua. Si este fuera el caso, este volumen debe ser descontado en los cálculos que se van a efectuar.

FIGURA 3.7 TASA DE FILTRACIÓN



Fuente: Organización Mundial de La Salud

b) Calcular el área total del filtro (ATm^2).

El área total del filtro comprende el área filtrante y el área de la canaleta de descarga. La longitud total del filtro, en metros, multiplicada por el ancho del filtro, en metros.

Por ejemplo, dado $ATm^2 = 20 m^2$.

d) Calcular el área del lecho filtrante (AFm^2).

Longitud del área filtrante, en metros, multiplicada por el ancho del área filtrante en metros.

- Por ejemplo, dado $AFm^2 = 15 m^2$.

Una vez que se han tomado las precauciones anteriores:

1) Cerrar el ingreso del filtro.

- El nivel del agua va a bajar.

2) Cronometrar el tiempo (t segundos) que toma el nivel para bajar a la altura h (en metros) correspondiente al borde de una de las plataformas hasta la siguiente o a otra (0,10 a 0,20 metros).

Por ejemplo, dado un tiempo $t = 192$ seg y una altura $h = 0,20$ m.

3.6.2.7 Cálculo de la tasa de filtración

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$tasa\ de\ filtración = \frac{ATm^2 \times hm \times 86.400\ seg}{t(segundos) \times AF(m^2)} = m^3/m^2/dia$$

Por ejemplo:

Según los datos numéricos sugeridos, la tasa de filtración será:

$$tasa\ de\ filtración = \frac{20m^2 \times 0,20m \times 86.400\ seg}{192\ seg \times 15m^2} = 120\ m^3/m^2/dia$$

Observación: un día tiene 86.400 segundos.

3.6.2.8 Determinación de la pérdida de carga

Por lo general, los filtros poseen aparatos que indican la pérdida de carga.

Para calibrar tales aparatos o para los filtros que no los poseen, se pueden adaptar tubos piezométricos como en la Figura 8. Tales tubos pueden ser de vidrio o de plástico cristal (transparente).

Detrás de los tubos se debe colocar una regla de 2,80 metros, graduada en centímetros, para poder medir la diferencia de nivel del agua entre los dos tubos.

Dicha diferencia, en metros, es la medida de la pérdida de carga. El filtro se debe lavar cuando la diferencia entre los dos niveles es de 1,80 a 2,50 metros.

3.6.2.9 Estado de un filtro

Es el conjunto de características que define las condiciones de funcionamiento de un filtro en un momento determinado. El estado de un filtro varía continuamente en el periodo de filtración (entre un lavado y otro) y se modifica lentamente con el paso de los años.

El filtro comienza a funcionar mal cuando las condiciones normales no son las correctas. Las causas de las perturbaciones en el lecho filtrante pueden ser causadas por los siguientes factores:

- a. Dosis incorrectas de coagulantes, mala floculación y mala decantación, que hacen que el filtro reciba material gelatinoso y materia orgánica que van a obstruir el lecho filtrante.
- b. Desprendimiento del aire que normalmente está disuelto en el agua, en forma de burbujas. Este fenómeno se produce debido a la pérdida de carga excesiva (es decir, una pérdida de carga que sobrepasa el límite aconsejado) y podrá causar efectos nocivos: irregularidades en la filtración y en el lavado, arrastre del material filtrante durante el lavado, etcétera.
- c. Formación de bolas de lodo provenientes de material gelatinoso (organismos, hidróxido de aluminio y arena). La dosificación inadecuada, el lavado deficiente de los filtros y la excesiva pérdida de carga durante el funcionamiento producen la compresión del lecho filtrante y la consecuente compactación de las bolas de lodo.
- d. Presencia de algas y otros microorganismos que llegan a los filtros y se reproducen en ellos.

3.6.2.10 Colmatación de la arena. La colmatación de la arena se produce cuando, debido a la deficiencia en las operaciones, se da alguna de las siguientes

situaciones:

- a. No se usa la dosificación adecuada de sulfato de aluminio (coagulación deficiente).
 - b. El pH de floculación no es óptimo; los coágulos se cargan eléctricamente y, al repelerse, no floculan de manera correcta.
 - c. El tiempo de los floculadores o su agitación es excesiva o escasa (los flóculos no se forman o se forman pero se vuelven a romper).
 - d. Hay corrientes preferenciales en los decantadores, decantadores sucios, alta velocidad del agua en los decantadores, etcétera.
- Gran parte de los coágulos o pedazos diminutos de los flóculos atraviesan los decantadores y, al llegar a los filtros,
 - 1) se pueden adherir entre sí y en los granos de arena debido a la fuerza centrífuga a la que están sujetos al atravesar la capa filtrante (en zigzag alrededor de los granos de arena);
 - 2) debido a la fricción que ejercen al pasar por la arena, descargan su carga eléctrica para poder formar flóculos en el filtro entre los granos de arena;
 - 3) los flóculos formados y arrastrados por las corrientes de agua en los decantadores, de tamaño mayor que los espacios intergranulares de la arena, quedan depositados en su superficie.

Tales fenómenos se producen por la colmatación de la arena. Los granos de arena quedan revestidos por una capa gelatinosa de hidróxido de aluminio, materia orgánica y otros materiales absorbidos por los coágulos; en la superficie queda una espesa capa gelatinosa y todo esto contribuye a aumentar la pérdida de carga.

Si el filtro no está adecuadamente lavado, la acumulación de esa suciedad hace que las condiciones del filtro sean deficientes. Al lavar el filtro, la arena colmatada, por quedar con menor densidad, puede ser arrastrada por el agua de lavado. Al poner a funcionar el filtro nuevamente después de un lavado, como la presión del agua y los granos están envueltos con material gelatinoso y adheridos

unos a otros, se produce una reducción de volumen, tanto vertical como horizontal, lo cual puede producir un desplazamiento de la arena contra las paredes del filtro.

El agua pasará, de preferencia, por tales retracciones y perjudicará la calidad del efluente.

- ✚ El aparato controlador de la pérdida de carga se vuelve irregular.
- ✚ El filtro no se lavará a la hora exacta.
- ✚ El problema tiende a agravarse y la colmatación de la arena llega a profundidades mayores.

3.6.2.11 Desprendimiento del aire. Cuando el filtro no se lava en el tiempo exacto —es decir, cuando la pérdida de carga (1,80 a 2,50 m) es correcta—, sucede lo siguiente:

- ✚ Si se lava antes de tiempo, se consume mayor cantidad de agua.
- ✚ Si se lava con exceso de pérdida de carga, se puede producir lo siguiente:
 - a) La colmatación de la superficie ofrece mayor resistencia y proporciona al agua una presión negativa en el interior del lecho filtrante. Los gases son solubles en razón directa a la presión y, con la presión negativa, los gases disueltos (O₂, CO₂, etcétera) abandonan el agua, primero en pequeñas burbujas que se unen y luego tienden a subir a la superficie del lecho filtrante.
 - b) Por el aire introducido directamente hacia los filtros por la empaquetadura de succión de las bombas que impiden la expansión del agua.
 - c) Cuando la válvula lo permite, tales bombas se vacían y la tubería de bombeo se llena de aire.
 - d) Cuando se utiliza toda el agua del reservorio de agua de lavado y este se seca al final de la operación.
 - e) Cuando se forma un remolino dentro del reservorio, etcétera.

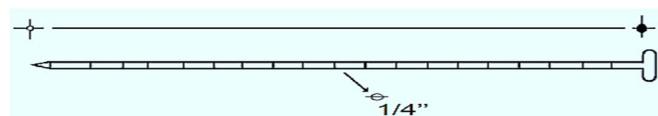
Ese volumen de gas obstruye el paso del agua en el filtro, lo cual ocasiona una pérdida de carga mayor y reduce el área filtrante. Se puede observar que cuando se cierra el efluente del filtro o se abre el registro de lavado, el aire produce un burbujeo.

3.6.2.12 Distribución uniforme de la filtración y del agua de lavado. Cuando se lava un filtro, al inicio de la operación de retrolavado, se debe observar si la suciedad retenida en la superficie de la arena sube horizontalmente en toda el área filtrante. Cuando esto no sucede, es porque el sistema de drenaje del filtro es deficiente, o bien por un error en el lavado:

- formación de aire en el lecho filtrante;
- aire en la cámara bajo el fondo falso;
- repentina abertura del registro de lavado;
- las capas de grava se agitaron y no se encuentran en nivel.

Es posible comprobar esta imperfección con una varilla de fierro de 1/4 de pulgada de diámetro y dos metros de largo, graduada de 10 en 10 centímetros.

FIGURA 3.8 VARILLA GRADUADA PARA DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DE LA ARENA



Fuente: Organización Mundial de La Salud

Se introduce dicho instrumento en la arena del filtro seco, hasta percibir que llegó a la grava. La profundidad de la grava en relación con el nivel de la arena se mide con las marcas del instrumento.

Con cambios sucesivos en líneas predeterminadas y a distancias preestablecidas, se puede hacer lo siguiente:

- concluir si la capa de grava está o no nivelada;

- levantar el perfil de la superficie de la grava en el filtro.

Donde existe depresión en la grava, también existen corrientes preferenciales de agua de filtración o de lavado. Esta imperfección se puede corregir con la remoción, separación (por tamizado) de los diversos tamaños de piedras y arena y su reubicación adecuada.

- Las bolas de lodo se pueden acumular en la grava del filtro.

3.6.2.13 Bolas de lodo. Las bolas de lodo aparecen cuando el agua en tratamiento es rica en algas (principalmente, las que se adhieren a las paredes) o los filtros no se lavan completamente debido a un periodo de lavado muy corto o con una velocidad ascendente del agua de lavado incorrecta (baja). Los flóculos más densos, que el agua de lavado no condujo hacia afuera, se vuelven a sedimentar en la superficie filtrante; crecen debido a la adherencia de más flóculos y se vuelven más densos al recibir granos de arena.

Tales agregados, inicialmente pequeños y por lo general de forma esférica, pueden llegar a medir tres centímetros o más. Estos se pueden eliminar mediante el lavado mecánico o evitar con la agitación del material del lecho filtrante durante el lavado con rastrillos. Las bolas de lodo en la superficie del filtro no tienen importancia sanitaria. Sin embargo, al volverse densas y crecer, pueden penetrar en la arena y, al llegar a la grava, formar masas homogéneas que obstruyen el paso del agua.

3.6.2.14 Método de Baylis para clasificar el lecho filtrante mediante el volumen de bolas de lodo

Muestreo de la arena

1. Lavar el filtro de la manera usual.
2. Secar el filtro abriendo el drenaje.
3. Recolectar por lo menos cinco muestras de arena de distintas partes del lecho, con la inserción vertical completa en la arena de un tubo de muestra. Cerrar la base del tubo de muestreo y transferir la arena

del tubo a un recipiente portátil (por ejemplo, un balde).

Tubo de muestreo o muestreador. Es un tubo metálico de 7,5 centímetros de diámetro por 15 centímetros de altura (véase la Figura 3.9). Completamente lleno, contiene 662 mililitros de material filtrante, recolectado en la lámina de 15 centímetros del tope de la arena del filtro.

Las cinco muestras tendrán un volumen total de $5 \times 662 = 3.310$ mL.

Separación de las bolas de lodo. En otro balde de agua, se coloca un tamiz US Standard 10 mesh (10 hilos por pulgada) como se indica en la Figura 3.9. La arena recolectada se coloca dentro del tamiz, mientras que el tamizado se hace lentamente; de esta manera, la arena se separa de las bolas de lodo, pues estas no pasan por la malla.

FIGURA 3.9 TUBO DE MUESTREO O MUESTREADOR



Fuente: Organización Mundial de La Salud

No se debe colocar mucha arena en el tamiz porque ello puede hacer que las bolas de lodo —que deben colocarse en una probeta de 500 mililitros n°1— se rompan.

3.6.2.15 Medición del volumen de las bolas de lodo. Con otra probeta de 500 mililitros (n°2), llena de agua hasta la marca, se vierte cuidadosamente el agua en la probeta que contiene las bolas de lodo (n°1), y se llena hasta la marca. El volumen del agua que sobre en la probeta n° 2 será igual al volumen que ocupen las bolas de lodo.

Se puede utilizar el siguiente cuadro:

Filtro N°	Volumen de Muestra de Arena ML(B)	Volumen del Lodo ML(A)	% de Bolas de Lodo (A/B*100)
1			
2			
3			

Fuente: Organización Mundial de La Salud

Si, por ejemplo, la cantidad total de bolas de lodo y la arena recolectada tienen un volumen igual a 3.310 mililitros y el volumen de bolas de lodo es de 120 mililitros, el porcentaje de bolas de lodo será 3,26% de la muestra.

$$\begin{array}{l} 3.310 \text{ mL} \text{ _____ } 100\% \\ 120 \text{ mL} \text{ _____ } x \end{array}$$

$$x = \frac{100 \times 120}{3.310} = 3,62\%$$

3.6.2.15.1 Clasificación.

La clasificación del siguiente cuadro para la línea de tope de 15 centímetros se utiliza en Chicago y está basada en pruebas efectuadas en numerosas instalaciones.

TABLA 3.37 CLASIFICACIÓN LÍNEA TOPE

% EN VOLUMEN DE BOLAS DE LODO	CONDICIONES DEL MATERIAL FILTRANTE
0,0-0,1	excelente
0,1-0,2	muy bueno
0,2-0,5	bueno
0,5-1,0	regular
1,0-2,5	de regular a malo
2,5-5,0	malo

7,5	muy malo
-----	----------

Fuente: Organización Mundial de La Salud

El operador de la planta de tratamiento de agua se debe esforzar por mantener las bolas de lodo en una concentración inferior a 0,1% en la capa correspondiente al tope del lecho filtrante, de 15 centímetros de espesor.

3.6.2.16 Grietas y ranuras en el lecho filtrante

Cuando el material filtrante se encuentra en malas condiciones, aparecen grietas o ranuras en el lecho filtrante. Las bolas de lodo penetran en la arena y en la grava durante los lavados debido al crecimiento y a la densidad; todo ello forma una masa compacta impermeable con la grava mientras que el agua filtrada y el agua de lavado son desviadas del flujo natural. En consecuencia, se produce un lavado y una filtración deficientes.

Durante el lavado, la arena no se expande de manera uniforme. Durante la filtración, la arena más expandida y compactada se separa de la menos expandida y compactada mediante ranuras o grietas que terminan llenas de lodo. Ese lodo se mezcla con la arena y se forman nuevas bolas. Para encontrar los lugares donde se encuentran obstrucciones de la grava, se utiliza un aparato (Figura 3.10) que tiene un asta de madera de 2,50 metros en el extremo de la cual se coloca una pequeña tabla de 10 x 5 centímetros (observe la Figura 3.10).

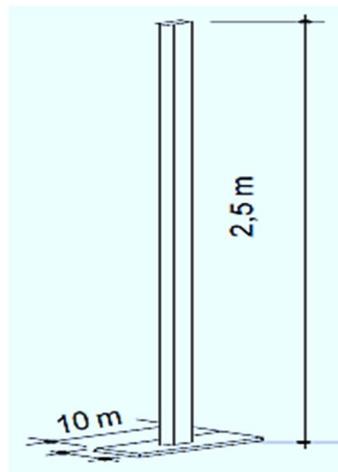
El aparato se introduce verticalmente en la arena expandida durante el lavado. En los lugares obstruidos la vara no puede llegar hasta la grava por falta de expansión. Una vez señalados los lugares resistentes, se pueden romper las compactaciones mediante la introducción de rastrillos en dichos puntos durante el lavado (con agua en dirección contraria a la corriente) para mejorar la condición de los filtros.

3.6.2.17 Precauciones para la corrección de las alteraciones en los filtros:

1. Correcta aplicación de la dosificación de coagulante.

2. Buena decantación.
3. Lavado con una velocidad de agua correcta y expansión de arena adecuada.
4. Lavado de la superficie de la arena con chorros de agua cuando el filtro no posee un dispositivo para el lavado superficial (Palmer).
5. Lavado mecánico de la arena; renovación de la arena superficial, después de un lavado normal, con paletas, rastrillos y mallas (para deshacer las bolas de lodo).
6. Eventualmente, se puede hacer un lavado químico de la arena, en soda o ácido, dentro o fuera del filtro.
7. Sustitución total de la arena.

FIGURA 3.10 *ASTA DE MADERA*



Fuente: Organización Mundial de La Salud

3.6.2.18 Lavado mecánico de la arena:

- a) Hacer un lavado normal como lo indican los puntos 1 a 5.
- b) Abrir el drenaje para el secado de la arena.
- c) Revolver, con paletas, una capa de más o menos 0,20 metros de la arena del filtro y mezclar la arena colmatada de la superficie con la más limpia de la misma profundidad. Se debe cuidar de que la arena que se encuentra en las esquinas y junto a las paredes sea

sustituida por mezclas de arena con aquella que se encuentra en el centro del filtro.

- d) Después de la renovación, se utilizan los rastrillos para encontrar el nivel de la arena. Los dientes de los rastrillos deben ser largos, para que las bolas de lodo eventualmente formadas se rompan con la penetración y el rastrillaje.
- e) Cerrar el drenaje.
- f) Abrir el lavado (al inicio, lentamente). Fijar el tiempo de lavado.
- g) Mantener el lavado normal como en el punto 5.

3.6.2.19 Fijación racional del tiempo de lavado

El filtro se debe lavar cuando la tasa de filtración deja de ser económica. Cuando esto sucede, se dice que el filtro está sucio u obstruido. Normalmente, para lavar los filtros se toma como criterio el tiempo de filtración o el valor de la pérdida de carga. El tiempo de lavado depende de las condiciones del agua.

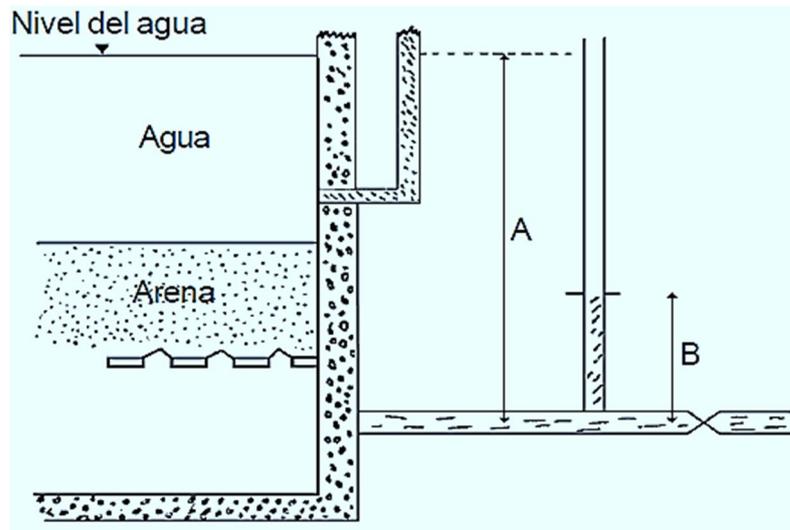
Si el tratamiento permanece más o menos constante, se puede lavar el filtro una vez por día, una vez cada dos días, etcétera, después de verificar cuál es el tiempo en que se ensucia el filtro. Para determinar ese tiempo experimentalmente, se realizan lavados a intervalos crecientes hasta que el filtro presente un burbujeo de aire. Se adopta el tiempo inmediatamente anterior a la formación del burbujeo. Consecuentemente, cuando no hay constancia en el tratamiento, el único criterio que se debe adoptar es el de la pérdida de carga. Para cada filtro hay una pérdida de carga máxima hasta la cual el filtro funciona bien (y suministra agua de buena calidad). Luego aparecen anormalidades y, entonces, se debe lavar el lecho filtrante. Rara vez la pérdida de carga llega a 2,5-3,0 metros, debido a que el lecho filtrante pierde calidad antes.

3.6.2.20 Determinación de la pérdida de carga cuando el nivel de agua en los filtros se mantiene constante.

En este caso, se puede utilizar un tubo de vidrio o plástico transparente, fijado a una escala graduada en centímetros y conectada al tubo de salida del efluente de

cada filtro. La pérdida de carga será la diferencia entre la altura de la carga (eje de tubería efluente y la altura del nivel de agua constante) y la altura del nivel de agua en el tubo transparente (medida a partir del eje de la tubería efluente del filtro) (Figura 3.11).

FIGURA 3.11 FILTRO



Fuente: Organización Mundial de La Salud

Pérdida de carga = $A - B$ (en m) Para graduar los medidores e indicadores se considera:

- a) el caudal;
- b) la pérdida de carga;
- c) la velocidad de agua de lavado;
- d) la expansión de la arena.

3.6.2.21 Evaluación de la filtración

En el control sistemático del color y turbidez del agua filtrada en cada unidad de filtración es importante saber lo siguiente: Un aumento del color y de la turbidez en una unidad filtrante puede significar:

- ✚ necesidad de lavado;
- ✚ filtro con grietas o desplazamiento de la arena contra las paredes, etcétera.

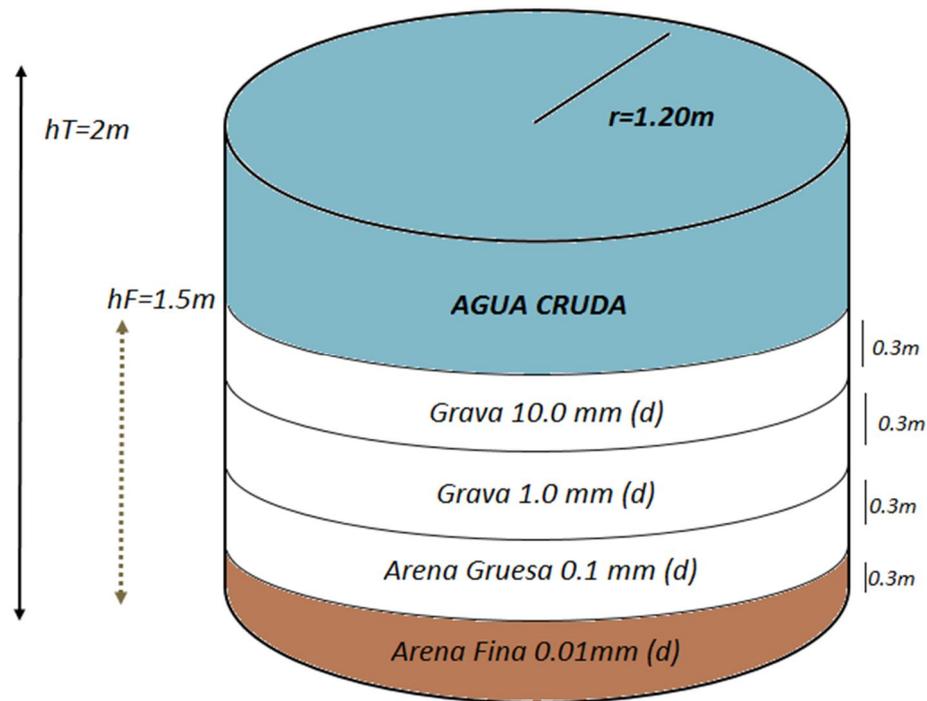
La determinación de la albúmina residual en el agua filtrada es una confirmación sobre el pH óptimo de floculación, pero la misma prueba en el agua de salida de cada filtro (albúmina soluble e insoluble) puede indicar el paso de flóculos por el lecho filtrante y, de esa manera, ayudar a evaluar las condiciones del filtro en estudio. La eficacia del tratamiento se evalúa mediante la determinación del O₂ consumido o el conteo de colonias de bacterias en una placa de agar patrón. Las mismas determinaciones en las unidades filtrantes pueden controlar la eficacia de la filtración de cada una de ellas. El tiempo transcurrido entre dos lavados del mismo filtro (controlado por la pérdida de carga) muestra la eficacia del tratamiento (coagulación y decantación).

El consumo de agua para el lavado del filtro debe ser del orden de 2% a 2,5% del caudal diario (mensual o anual) de la planta de tratamiento de agua.

- Pérdida de carga de 1,80 a 2,50 m;
- O₂ consumido menor que 1,80 ppm;
- reducción conveniente (90%) del conteo de colonias del agua cruda/agua filtrada.

3.6.3 Propuesta del filtro lento, dimensiones y metodología de cálculo.

FIGURA 3.12 PROPUESTA DE FILTRO LENTO



Elaborado: Investigadores

3.6.3.1 Teoría de la sedimentación.

Definimos como "sedimentación" al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro. Éstos son:

- a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm.

Estos tres estados de dispersión dan igual lugar a tres procedimientos distintos para eliminar las impurezas. El primero destinado a eliminar las de diámetros mayores de 10^{-4} cm. Constituye la "sedimentación simple". El segundo implica la aglutinación de los coloides para su remoción a fin de formar un "floc" que pueda sedimentar. Finalmente, el tercer proceso, que esencialmente consiste en transformar en insolubles los compuestos solubles, aglutinarlos para formar el "floc" y permitir así la sedimentación.

Es decir que en muchos casos, las impurezas pueden ser, al menos en teoría removidas mediante el proceso de sedimentación. A continuación detallaremos un cuadro de valores de sedimentación

TABLA 3.37 VALORES DE SEDIMENTACIÓN

D (mm)	Clasificación	Velocidad de Sedimentación (mm/s)	Tiempo para sedimentar 0.3 m.
10.0	Grava	1000.00	0.3 seg.
1.0	Grava	100.00	3.0 seg.
0.1	Arena Gruesa	8.00	38 seg.
0.01	Arena Fina	0.154	33 min.

Fuente: BLUME 1983

3.6.3.2 Metodología de cálculo

3.6.3.2.1 DATOS:

Altura Total: $hT = 2m$

Altura de filtrado: $hF = 1.50m$

Radio: $r = 1.20m$

Velocidad de sedimentación: $Vs = 200478seg$

3.6.3.2.2 FORMULAS:

$$A = \pi r^2$$

$$AT = 2A1 + A2$$

$$A1 = \pi r^2$$

$$A2 = b \times h$$

$$p = (2\pi r)$$

3.6.3.2.3 Cálculo de la tasa de filtración

$$tasa\ de\ filtración = \frac{ATm^2 \times hm \times 86.400\ seg}{t(segundos) \times AF(m^2)} = m^3/m^2/dia$$

3.6.3.2.4 DESARROLLO:

$$A = \pi(1.2m)^2$$

$$A = 4.52m^2 = A1 = AF$$

$$A2 = b \times h$$

$$A2 = (2\pi r) \times h$$

$$A2 = (2 \times \pi 1.20m) \times 1.50m$$

$$A2 = 11.31m^2$$

$$AT = 2A1 + A2$$

$$AT = (2 \times 4.52m^2) + (11.31m^2)$$

$$AT = (9.04m^2) + (11.31m^2)$$

$$AT = 20.35m^2$$

Según los datos numéricos sugeridos, la tasa de filtración será:

$$\text{tasa de filtración} = \frac{20.35m^2 \times 5,50m \times 86.400 \text{ seg}}{200478 \text{ seg} \times 4.52m^2} = 120 m^3/m^2/dia$$

$$\text{tasa de filtración} = 29.10 m^3/m^2/dia$$

El resultado da como información que se podrá obtener alrededor de $29.10 m^3/m^2/dia$ lo que abastecería para la demanda existente de agua de consumo humano en la comunidad universitaria.

4 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA:

LIBROS Y ARTÍCULOS DE PUBLICACIONES EN SERIE

1. Randulovich. 1997, Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina. Revista Forestal Centroamericana 18:15-20.
2. Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Roma, Italia. Estudio FAO Riego y Drenaje 55, 1997. 116 p.
3. Benayas, J.; Gutiérrez J. et al. (1997): Análisis de la EA en los organismos de Gestión Ambiental. En: Bases para una estrategia española de EA. Informe no publicado. Ministerio de Medio Ambiente.
4. Faustino, J; García S. 2001. Enfoques y Criterios Prácticos para Aplicar el Manejo de Cuencas. Conceptos, procesos de gestión, implementación y monitoreo. San Salvador. 52 p
5. Ramakrishna, B.1997. Estrategia de extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y experiencias. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 319 p.
6. Vidal M., A. López, M. Santoalla y V. Valles. 2000. Factor analyses for the wáter resources contamination due to the use livestock slurries as fertilizers agricultural wáter management. 45 p.
7. Shilling, KE; Libra, RD. 2000. The relationship of nitrate concentrations in stream to row crop land use in
8. Iowa. Journal Environment Quality, 29:1846-1851.
9. AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *Chemistry in the community*. Nueva York: W.H. Freeman. ISBN 9780716789192.
10. Asociación Mundial para el Agua (GWP) Comité de Consejo Técnico (TAC) Manejo integrado de recursos hídricos; ISBN 91-631-0058-4
11. MILLER, Tyler. «IX- Water resources and water pollution». *Sustaining the earth*. ThOrganización Mundial de la Salud on, Brooks & Cole. ISBN 0-534-49672-5.
12. Mendoza, M- 1996 Impacto de la tierra , en la calidad del agua de la microcuenca rio Sabálos. Cuenca del Rio San Juan. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
13. Mejía M. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a

- escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 123 p.
14. Wetzel, R. G. and G. E. Likens. 1979. *Limnological Analyses*. W. B. Saunders Co., Philadelphia. 357 pp.
 15. Sagardoy, J. 1994. *Irrigation management transfer; selected paper*, FAO. Roma, IT. 499 p
 16. Ramírez Quirós, Francisco. *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. Canal Isabel II. ISBN 84-933694-3-8.
 17. Villegas, J.G. 1995. *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del Río Reventado, Cartago, Costa Rica, bajo el enfoque de indicadores de sostenibilidad*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.
 18. Chambers, P; Guy, M; Grove, G; Kent, R; Roberts, E; Gagnon, C. 2002. *Nutrient losses from agriculture: effects on Canadian surface and ground waters*. in, Steenvoorden, J; Claessen, F; Willems, J. eds. *Agricultural effects on ground and surface waters: research at the edge of science and society*. Oxfordshire, UK, International Association of Hydrological Sciences. 379-384.
 19. Canter, L. 2000. *Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto*. Universidad de Oklahoma. Mc Graw Hill. Inc. US. 835 p.
 20. Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. 1991. *Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo*. Segunda edición. Proyecto del Río. New Mexico, USA. 200p.
 21. Huber, A, 1992, *Redistribución de las Precipitaciones y Balance Hídrico de un Rodal de Pinus radiata y un Bosque Nativo en el Sur de Chile*. En: Otero L., A. Contreras y L. Barrales. 1994. *Efectos Ambientales del Reemplazo de Bosque Nativo por Plantaciones (estudio en cuatro microcuencas en la provincia de Valdivia)*. *Revista Ciencia e Investigación Forestal* 8 (2). Valdivia, Chile. 24
 22. TAUTSCHER, Carl. «8.4». *Contamination Effects on Electronic*

- Products: Water*. Nueva York: M. Dekker. ISBN 0824784235.
23. Gleick, Peter H. (10 de noviembre de 2006). *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press. ISBN 978-1-59726-105
 24. Vandana Shiva (2002). *Water Wars: Privatization, Pollution, and Profit*. London: Pluto Press [u.a.]. ISBN 0-7453-1837-1. OCLC 231955339.
 25. TAMAYO, Mario. (1997). EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Tercera edición. Editorial Limusa, S.A. p. 56
 26. TCHOBANOGLOBUS, George, THEYSEN, Hilary, VIGIL, Samuel. (1994). Contaminación del agua. En: TCHOBANOGLOBUS, George et. Al. *Gestión Integral de Recursos Naturales, Volumen I*. Cap. 1. McGRAW – HILL, p. 11, 47, 67
 27. Alberto Crespo, en "La crisis del agua refleja otras crisis". BBC.com, 14 de marzo de 2006.
 28. Lara R, A. (2002). "Política del agua en América Latina y el Caribe". Mundi-Prensa Libros, Madrid, España.
 29. Sáenz, F. 1999 Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del río, Costa Rica Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145p.
 30. Wagner, T. 1996. Contaminación: causas y efectos. Primera edición. Mexico, D.F. Ediciones Garnika. 424 p.
 31. A.P.H.A.-A.W.W.A.-W.P.C.F. 1989 "Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater" 17th. Edition. Part 2540, "Solids".
 32. ABERT LENNINGER. 1998. "Curso Breve de Bioquímica" ediciones Omega. Barcelona pág. 17
 33. CEPAR. 1998. Investigación sobre la salud en Cotacachi-Ecuador.
 34. CHANG, Raymond. 1993. Geología. Cuarta Edición. Mc Graw. México.
 35. Índice biológico de calidad. 1996. Calidad de las aguas del río Xallas. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
 36. Gallego, M 2000. El agua, vehículo de contaminación. Página electrónica en línea, Turrialba, Costa Rica 20 p.
 37. INEN, 2009. Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108.

38. ISO 9308-1:2000. Calidad del agua. Detección y recuento de *Escherichia coli* y bacterias coliformes. Parte 1: Método de filtración por membrana.
39. J. M. Antelo, F. Arce, D. Cores, J. Crugeiras, M. C. Fernández pg 75, 25-32, 1990. Índice biológico de calidad Tecnología del Agua.
40. J. M. Antelo, F. Arce, D. Cores, J. Crugeiras, M. C. Fernández Tecnología del Agua, 75, 25-32, 1990
41. J. M. Antelo, F. Fernández, M. R. Solorzano, D. Prada *Tecnología del Agua*, 69, 57-61, 1990. Calidad de las aguas del río Anllons. III.-Índice biológico de calidad.
42. Método 2130 B. "Método nefelométrico" Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, American Public Health Association, USA, 17a. Edición 1989, 2-12 - 2-17.
43. Método 1889 - 88a "Standard Test Methods for Turbidity of Water", American Society Testing Materials (ASTM), USA, ASTM Committee D-19 on Water.
44. OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1987. Guías para la calidad del agua potable: criterios relativos a la salud y otra información de base. Volumen 2. OPS, Washington, D.C. 1987. 350 p.
45. OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Segunda edición. Volumen 3. OMS, Ginebra, 1998. 255 p.
46. Rojas, M, 1987. La Cuenca como abastecedora de agua. Santiago, Republica Dominicana 30 p.
47. NMX-AA-089/1-1986. Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.
48. American Water Works Association, Calidad y tratamiento del agua - Manual de suministros de agua comunitaria, Edición 5 en inglés, Impreso en España- Printed in Spain, 1196 páginas [s.a]
49. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de

calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". (**) Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF.

50. Ministerio de Salud 1995. Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable en Honduras. Acuerdo N° 84. Tegucigalpa, HN. P1-41.
51. Deutsch, W., Duncan, b., y Ruiz. S. 2003. Manual de Certificación Básica, Monitoreo Físico y químico del Agua, Quito-Ecuador
52. Catalán J. 1969, *Química del Agua*. Editorial Blumer, España. **Fuente: Compilado y adaptado de:** Lenntech. 2006. Agua residual & purificación del aire. Holding B.V. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft, Holanda) Potablewater 2006. España.
53. BLUME (Perú) en el curso sobre "Diseño de Plantas Modernas de Tratamiento de Agua", llevado a cabo en la U.N.S., Bahía Blanca en 1983.
54. Organización Panamericana de la Salud Agua y Saneamiento; Evidencias para políticas publicas Washington, D.C.: OPS,2011 ISBN 978-92-75-31631-3

LINCOGRAFIA

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

Consultado 15/08/2013

[✚ http://www.space.com/scienceastronomy/070410_water_exoplanet.html](http://www.space.com/scienceastronomy/070410_water_exoplanet.html)

Consultado 28/07/2013

[✚ http://www.madsci.org/posts/archives/2000-05/958588306.An.r.html](http://www.madsci.org/posts/archives/2000-05/958588306.An.r.html)

Consultado 28/07/2013

[✚ https://scholar.google.com.ec/scholar?q=U.S.+Geological+Survey.+2007&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ei=fIFbVcKzFoejgWsnhIHw&ved=0CCAQgQMwAA](https://scholar.google.com.ec/scholar?q=U.S.+Geological+Survey.+2007&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ei=fIFbVcKzFoejgWsnhIHw&ved=0CCAQgQMwAA)

Consultado 28/07/2013

[✚ www.oxfamintermon.org/](http://www.oxfamintermon.org/)

Consultado 28/07/2013

[✚ http://books.google.com/books?id=G3r7Ku07vioC&pg=PA2&dq=water%2Bis%2Bone%2Bof%2Bthe%2Bvery%2Bfew%2Bsubstanc](http://books.google.com/books?id=G3r7Ku07vioC&pg=PA2&dq=water%2Bis%2Bone%2Bof%2Bthe%2Bvery%2Bfew%2Bsubstanc)

Consultado 10/08/2013

[✚ https://maps.google.com.ec/maps?hl=es&tab=wl.html](https://maps.google.com.ec/maps?hl=es&tab=wl.html)

Consultado 11/09/2013

[✚ http://www.ambiente.gov.ec/paginas_espanol/3normativa/leyes.html](http://www.ambiente.gov.ec/paginas_espanol/3normativa/leyes.html)

Consultado 11/12/2013

[✚ http://www.paho.org/.../aguaysaneamientohtml](http://www.paho.org/.../aguaysaneamientohtml)

Consultado 02/01/2014

[✚ http://www.tudiscovery.com/water/.](http://www.tudiscovery.com/water/)

Consultado 21/04/2014

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltextdesinfeccion/desinfeccion.html>(CEPIS)

Consultado 21/04/2014

[✚ http://www.who.int/water/sanitation.html](http://www.who.int/water/sanitation.html)

Consultado 21/06/2014

[✚ http://www.who.int/topics/drinking/wat/es/.html](http://www.who.int/topics/drinking/wat/es/.html)

Consultado 25/07/2014

[✚ http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-de-Aguas-Ecuador.html](http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-de-Aguas-Ecuador.html)

Consultado 03/08/2014

[✚ http://www.eccentrix.com/members/hidrogeologie](http://www.eccentrix.com/members/hidrogeologie)

Consultado 16/11/2014

[✚ http://www.iica.int/esp/regione.html](http://www.iica.int/esp/regione.html)

Consultado 19/12/2014

 <http://www.un.org/es.html>
Consultado 20/12/2014

 <http://www.wolframalpha.com/distribucion/agua54/esp/.html>
Consultado 21/12/2014

 <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-conductividad>.
Consultado 21/12/2014

 <Http://www.potablewater.iespana.es>
Consultado 25/12/2014

4.3 ANEXOS Y GRÁFICOS

TABLA 1.

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

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional

Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200

Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Nota:

Productos para la desinfección: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano y Bromoformo.

TABLA 2.

Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05

Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Nota:

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

TABLA 3

Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego.

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad(1) CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0

SDT(3)	Mg/l	450	450	2000	>2000
--------	------	-----	-----	------	-------

TABLA 4

AGUA POTABLE

NORMA ECUATORIANA NTE INEN 1108

ESPECIFICACIONES DEL AGUA POTABLE REQUISITOS	UNIDAD	LIMITE DESEABLE	LIMITE PERMISIBLE
COLOR	Unidades Escala Pt-Co	5	30
TURBIEDAD	FTU. Turbiedad formazina	5	20
OLOR	-----	Ausencia	Ausencia
SABOR	-----	Inobjetable	Inobjetable
pH	-----	7 – 8.5	6.5 – 9
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	500	1000
MANGANESO, Mn	mg/L	0.05	0.3
HIERRO, Fe	mg/L	0.2	0.8
CALCIO, Ca	mg/L	30	70
MAGNESIO, Mg	mg/L	12	30
SULFATOS, SO ₄	mg/L	50	200
CLORUROS, Cl-	mg/L	50	250
NITRATOS, NO ₃	mg/L	10	40
NITRITOS, NO ₂	mg/L	0	0
DUREZA, CaCO ₃	mg/L	120	300
ARSENICO, As	mg/L	0	0.05
CADMIO, Cd	mg/L	0	0.01
CROMO, Cr, CROMO HEXAVALENTE	mg/L	0	0.05
COBRE, Cu	mg/L	0.05	1.5
CIANUROS, CN-	mg/L	0	0
PLOMO, Pb	mg/L	0	0.05
MERCURIO, Hg	mg/L	0	0
SELENIO, Se	mg/L	0	0.01
ABS (MBAS)	mg/L	0	0.3
FENOLES	mg/L	0	0.001
CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/L	0.5	0.3 – 1
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	AUSENCIA	AUSENCIA
BACTERIAS AEROBIAS TOTALES	Colonias/ml	AUSENCIA	30
ESTRONCIO 90	Pc/l	AUSENCIA	8
RADIO 226	Pc/l	AUSENCIA	3
RADIACIÓN TOTAL	Pc/l	AUSENCIA	1000
CUANDO SE UTILIZA CLORO COMO DESINFECTANTE			

 MBAS: SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO
 ABS: ALQUIL BENCENO SULFONATO

TABLA 5

**Límites máximo permisibles (LMP) referenciales de los parámetros de calidad del agua parámetro LMP

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

Nota:

(3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas. Se ha tomado los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF.

Tabla. 6

Parámetros Unidad Valor recomendado Valor máximo admisible

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/l (Pt-Co)	1	15
Turbidez	UNT	1	5
Temperatura	°C	18-30	30
PH	Valor	6,5 - 8,5	8,5
Conductividad	ps/cm	400	500
Sulfatos	mg/l	25	250
Nitratos (NOS)	mg/l	25	50
Cloruros	mg/l	25	250
Sólidos totales disueltos	mg/l	NA	1.000

Fuente: Norma Técnica Nacional. Decreto No.84.Honduras

Documento 1.

Resolución De La Concesión De Agua Para La Universidad



CONSEJO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARIA GENERAL

CONSEJO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.- AGENCIA DE AGUAS DE

LATACUNGA.- Latacunga, febrero 16 del 2004.- Las nueve horas.- VISTOS:

Comparece el Arq. Francisco Ramiro Ulloa Enriquez, en calidad de Rector de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Carpeta No. 197-2001), conforme al nombramiento que acompaña, solicitando el derecho de aprovechamiento de las aguas provenientes de la acequia denominada "Salache Bajo", del punto denominado con el mismo nombre, de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, en el caudal de 25 l/s para destinarlos a riego de la propiedad de su representada, cuya copia del título escriturario adjunta, indicando que se hallan construidas las obras de canales de riego y bocatoma. Por aceptada la solicitud de concesión a trámite, se ha dispuesto dar cumplimiento con lo establecido en el Art. 85 de la Ley de Aguas y 113 de su Reglamento, procediéndose a las publicaciones de un extracto de la solicitud por la prensa, fijación de carteles, Estudio Técnico por parte de un Funcionario de esta Agencia y, de oficio, la citación al Presidente del Directorio de Aguas "Río Salache", diligencias que se han cumplido plenamente conforme se desprende de autos. A fs. 79, comparecen Luis Aníbal Santana y otros (Carpeta No. 273/2001), también solicitando el derecho de aprovechamiento de las aguas de la acequia Salache Bajo, para riego, mencionando como usuarios conocidos a: Universidad Técnica de Cotopaxi, Hernán Cepeda Estupiñán y Francisca Estupiñán Vda. de Alarcón, petición que aceptada a trámite, también ha dado cumplimiento con lo determinado en el Art. 85 de la ya invocada Ley. A fs. 89 y 93 del proceso, comparecen adhiriéndose al pedido precedente, a fin de que también se les conceda el derecho de aprovechamiento de las mismas aguas para el mismo propósito la señora Francisca Estupiñán Vda. de Alarcón y Hernán Cepeda Estupiñán respectivamente, pedidos que han sido adjuntados al proceso en forma legal. Con providencia de fs. 103, por tratarse de las mismas aguas, de acuerdo al Art. 112 numerales 1, 2 y 4 del Código de Procedimiento Civil, se ha dispuesto la acumulación de estas peticiones. Encontrándose las solicitudes en estado de resolver, previamente se hacen las siguientes consideraciones: PRIMERA - Se han dado a las solicitudes y adhesiones el trámite de Ley, sin omisión de solemnidad sustancial alguna que incida en su resolución, por cuya razón se declara la validez de este proceso. SEGUNDA - No se ha presentado oposición a las mismas, ni dentro ni fuera del término legal, por lo que no existen excepciones que entrar a resolver. TERCERA - Del Informe Integral del Estudio Técnico emitido por el Ing. Bolívar Paredes M., Funcionario de esta Agencia, constante en memorando A.G.L.12-064-2003-BP, de junio 30 del 2003, que se halla agregado y no ha sido objetado, entre otros, se desprenden los siguientes aspectos técnicos: a) Que la acequia Salache Bajo, de cuyas aguas se solicita concesión, constituye un antiguo conducto que capta una parte del recurso del río Salache, por su margen derecha, mediante una bocatoma ubicada en el sector "Salache Bajo", de la parroquia Eloy Alfaro, en las inmediaciones de los terrenos de los señores Hernán Cepeda Estupiñán y Fabián Vásconez; b) Que según aforos efectuados con flotador, la acequia Salache Bajo capta un caudal que varía alrededor de los 40 l/s, variabilidad que se debe a que la bocatoma de la misma está formada de manera rudimentaria a base de una aglomeración de piedras y otros materiales; c) Que con las aguas de esta acequia se riegan en calidad de usuarios antiguos y mediante calendario y horario de aprovechamiento, unos lotes de terreno que suman 26,50 hectáreas, distribuidas de acuerdo al cuadro que se presenta. Informe que concluye recomendando atender favorablemente lo solicitado, el mismo que se le acoge y pasa a formar parte integrante de la presente resolución. CUARTA - El H. Consejo Consultivo de Aguas, con resolución CCA-001-96, de enero 15 de 1996, dispone que los aprovechamientos de agua para riego deben concederse por plazo indeterminado, esto es, mientras dure la vida económicamente útil de la Empresa. Por las consideraciones expuestas, esta Autoridad, **ADMINISTRANDO JUSTICIA, EN NOMBRE DE LA REPUBLICA Y POR AUTORIDAD DE LA LEY**, resuelve aceptar la solicitud de concesión propuesta en

Resolución De La Concesión De Agua Para La Universidad



este proceso acumulado No. 197-273/2001, así como las adhesiones y, consecuentemente, se dispone: 1. Conceder a la Universidad Técnica de Cotopaxi, representada por su Rector Arq. Francisco Ulloa Enríquez, así como a: Luis Aníbal Santana, Mario Herrera, Pedro Herrera, Angel Acurio, Mariana Acurio, Teresa Acurio, Francisca Estupiñán Vda. de Alarcón y Hernán Cepeda Estupiñán, el derecho de aprovechamiento de las aguas del río Salache, que se conducen por la acequia "Salache Bajo", de la parroquia Eloy Alfaro, en el caudal de 15,90 l/s para riego de sus predios y de acuerdo a los turnos y horarios organizados por los mismos. 2. Los beneficiarios de esta concesión, una vez ejecutoriada esta sentencia, de acuerdo al Art. 76 de la Ley de Aguas, deben conformarse en Directorio de Aguas, haciendo aprobar sus estatutos y horario de riego en esta Agencia. 3. El Directorio a constituirse, por concepto de tarifa anual debe abonar al Consejo Nacional de Recursos Hídricos, por intermedio de esta Agencia, los siguientes valores por tratarse un uso antiguo: desde el año 1973 hasta octubre del 2001 con la tarifa vigente a esta época, y desde septiembre del 2001 \$ 29,42 dólares. 4. La presente concesión se la hace por plazo indeterminado, esto es, mientras dure la vida económicamente útil de la vocación agrícola de los predios. 5. En el plazo de 30 días contados a partir de la ejecutoria de esta Resolución, el Directorio a constituirse debe presentar a esta Agencia el diseño hidráulico de la obra de captación y medición para derivar el caudal concedido, para que una vez aprobado se disponga la construcción de la misma, bajo la supervisión de un Funcionario de esta Agencia. 6. Del río Salache aguas abajo se precautela la concesión dada a otros usuarios. 7. Las aguas objeto de esta sentencia se captan a la cota 2700 msnm, C. de Mercator 9°8'06"00N-76°4'70"E, división política codificada 05 Cotopaxi, 01 Latacunga, 01 Eloy Alfaro, que en la división hidrográfica del Ecuador, pertenecen al sistema A26 Pastaza, cuenca 76 río Pastaza, subcuenca 01 río Cutuchi, microcuenca 07 río Isinche. 7. Ejecutoriada que sea esta sentencia, por Secretaría confíerese copia debidamente certificada para su registro e inscripción en el Libro correspondiente de esta Agencia, agregándose otra al proceso No. 486, registro No. 084-CNRH.- NOTIFIQUESE.

Ing. Abg. Carlos Gutiérrez A.
JEFE DE LA AGENCIA DE AGUAS
DE LATACUNGA DEL CNRH

CERTIFICO.

Lic. César Vicuña A.
SECRETARIO

En la ciudad de Latacunga, a los dieciseis días del mes de febrero del dos mil cuatro, a las once horas, con la Sentencia que antecede, notifiqué por boleta a: Arq. Francisco Ulloa E., Rector - UTE, Est. Dr. William Espinosa, Casillero No. 112; Luis A. Santana y otros, Est. Abg. Hernán Rivas A., casillero No. 123; Francisca Estupiñán y Agr. Hernán Cepeda, Est. Abg. Fernando Alarcón, Casillero No. 73. CERTIFICO.-

Lic. César Vicuña A.
SECRETARIO

RAZÓN: Signto por tal, que la Sentencia que antecede se halla ejecutoriada por el Ministerio de la Ley; e, inscrita en el Libro de Sentencias y Resoluciones de esta Agencia, con registro No. 747-CNRH. CERTIFICO.- Latacunga, 4 de marzo del 2004.

Lic. César Vicuña A.
SECRETARIO

INFORMES DE RESULTADOS CONCESIÓN:



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE C 11-010

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	Sr. Juan Carlos Álvarez
REPRESENTANTE:	
DIRECCION:	Latacunga
TELEFONO:	
CELULAR:	09 98227320
e - mail:	juank-alvarez-tcg@hotmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 4 - 7 4 3

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 55	TEM. AMBIENTE(°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda, Salache Bajo (Consección)	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 04 de agosto de 2014
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 04 al 14 de agosto de 2014	
FECHA EMISION DE INFORME:	14 de agosto de 2014	

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX*	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
pH	UpH	7,01	5 a 9	PRO TEC 011 / APHA 4500 H+ B	± 0,95 %
Sólidos Totales	mg/l	670	1600	PRO TEC 017 / APHA 2540 B	± 2,29 %
Conductividad	µs/cm	1120,00	-----	PRO TEC 013 / APHA 2519 B	± 1,93 %
Dureza Total	mg/l	365,00	-----	PRO TEC 015 / APHA 2340 C	± 5 %

INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	Ausencia	PRO TEC 036 / AOAC 991.14	-----

* Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 11

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera del alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Andrea Tirado
ANALISTA



Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TECNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



INFORME DE RESULTADOS



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE C 11-010

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	Sr. Juan Carlos Álvarez
REPRESENTANTE:	
DIRECCION:	Latacunga
TELEFONO:	
CELULAR:	09 98227320
e - mail:	juank-alvarez-tcg@hotmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 4 - 7 4 2

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%): 55	TEM. AMBIENTE(°C): 18
TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda, Salache Bajo (Tanque)	
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA: 04 de agosto de 2014
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual	
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 04 al 14 de agosto de 2014	
FECHA EMISION DE INFORME:	14 de agosto de 2014	

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX ¹	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
pH	UpH	6,78	5 a 9	PRO TEC 011 / APHA 4500 H+ B	± 0,95 %
Sólidos Totales	mg/l	541	1600	PRO TEC 017 / APHA 2540 B	± 2,29 %
Conductividad	µs/cm	944,00	----	PRO TEC 013 / APHA 2519 B	± 1,93 %
Dureza Total	mg/l	307,00	----	PRO TEC 015 / APHA 2340 C	± 5 %

INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	5x10 ²	PRO TEC 036 / AOAC 991.14	----

¹ Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 11
 Parámetro acreditado
 * Parámetro acreditado fuera del alcance
 ** Parámetro No acreditado
 *** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Andrea Tirado
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TECNICO

NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE	
CLIENTE:	Sr. Juan Carlos Álvarez
REPRESENTANTE:	
DIRECCION:	Latacunga
TELEFONO:	
CELULAR:	09 98227320
e - mail:	juank-alvarez-tcg@hotmail.com

Versión:	7
Pág.	1 de 1
Código:	REG TEC 018
Fecha formato:	26/03/2014
NUMERO DE INFORME:	
LACQUA	1 4 - 7 4 1

CONDICIONES AMBIENTALES	HUMEDAD (%):	55	TEM. AMBIENTE(°C):	18
TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda, Salache Bajo (grifo)			
RESPONSABLE MUESTREO:	Cliente	FECHA TOMA DE MUESTRA:	04 de agosto de 2014	
TIPO DE TOMA DE MUESTRA:	Puntual			
FECHA DE ANALISIS:	Desde el 04 al 14 de agosto de 2014			
FECHA EMISION DE INFORME:	14 de agosto de 2014			

INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	LIM. MAX ¹	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
pH	UpH	7,09	5 a 9	PRO TEC 011 / APHA 4500 H+ B	± 0,95 %
Sólidos Totales	mg/l	496	1600	PRO TEC 017 / APHA 2540 B	± 2,29 %
Conductividad	µs/cm	924,00	-----	PRO TEC 013 / APHA 2519 B	± 1,93 %
Dureza Total	mg/l	288,00	-----	PRO TEC 015 / APHA 2340 C	± 5 %

INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO	INCERTIDUMBRE DEL METODO
Coliformes totales**	NMP/100ml	4x10 ²	PRO TEC 036 / AOAC 991.14	-----

¹ Norma de Referencia: TULAS LIBRO VI ANEXO 1 Tabla 11

Parámetro acreditado

* Parámetro acreditado fuera de alcance

** Parámetro No acreditado

*** Parámetro lab. Subcontratado Acreditado: N/A

PERSONAL RESPONSABLE:


Ing. Andrea Tirado
ANALISTA




Dr. Harold Jiménez
DIRECTOR TECNICO

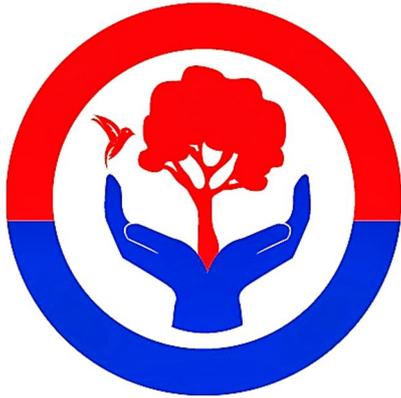
NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edif. Plaza Ficoa, local 202, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo
Teléfono: 09-5363620 / 03-2420106 www.lacquanalisis.com - info@lacquanalisis.com
Ambato, Ecuador - Sud América

GALERÍA FOTOGRÁFICA



Ingeniería Medio Ambiente

Reconocimiento de los puntos de muestreo



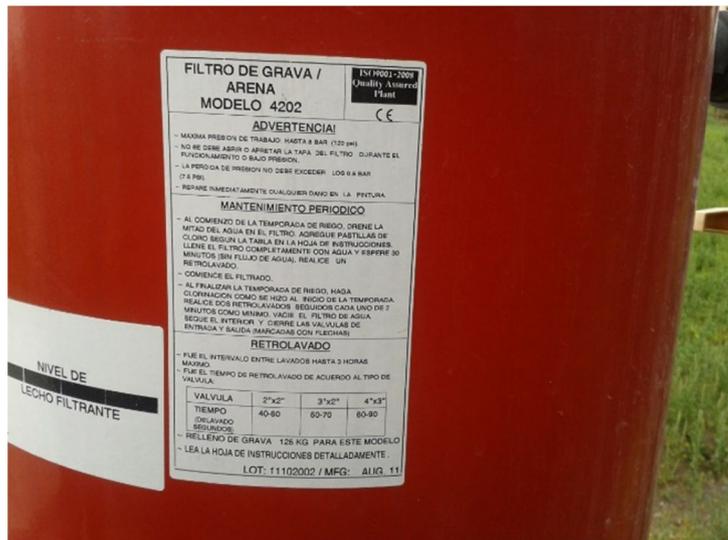
Reconocimiento de los puntos de muestreo



Reconocimiento de los puntos de muestreo



Filtro de grava en el tanque cisterna (modelo 4202)



Toma de muestras en la concesión



Toma de muestras en la concesión



Toma de muestras en el tanque cisterna de la Universidad



Toma de muestras en el tanque cisterna de la Universidad



Toma de muestras en el uno de los grifos de la Universidad



Toma de muestras en el uno de los grifos de la Universidad



LA NATURALEZA TE HABLA. ESCÚCHALA...!
LA NATURALEZA TE HABLA. ESCÚCHALA...!

Juank89