



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para el sistema de riego
Cayambe-Olmedo”**

Realizado por:

MICHAEL RODRIGO HERRERA CEVALLOS

Director del proyecto:

ING. ESTEBAN OVIEDO

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AMBIENTAL

2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Michael Rodrigo Herrera Cevallos, con cédula de identidad 1717917429, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



Michael Rodrigo Herrera Cevallos

C.C: 1717917429

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Diseño de la planta de tratamiento de agua potable para el sistema de riego
Cayambe-Olmedo”**

Realizado por:

MICHAEL RODRIGO HERRERA CEVALLOS

Como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

ha sido dirigido por el/la Profesor (a)

ING. ESTEBAN OVIEDO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



ING. ESTEBAN OVIEDO

DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los profesores informantes:

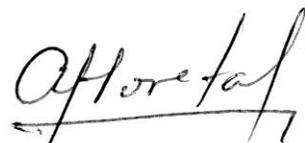
ING. KATTY CORAL

ING. ALONSO MORETA

Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno MICHAEL RODRIGO HERRERA CEVALLOS lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



ING. KATTY CORAL



ING. ALONSO MORETA

Quito 12 de Enero del 2015

DEDICATORIA

A mis padres, Madysson Herrera y Nancy Cevallos, por ser ese apoyo fundamental en cada una de mis metas propuestas. Gracias por ser esa guía y la base fundamental no solo de mi educación sino también de mi vida. Gracias por inculcarme valores y enseñarme a ser una mejor persona cada día. A mi hijo Danielito, por ser esa inspiración para superarme y por darme esa fuerza para cumplir mis objetivos con tan solo una sonrisa. Este será el comienzo de otra etapa de mi vida, y que sé que siempre estarán junto a mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Comunidad de Olmedo y a la Constructora Hidalgo e Hidalgo por su colaboración y apertura a trabajar en conjunto. En especial al Ing. Madysson Herrera por su apoyo, colaboración y continuo interés en el proyecto.

A Esteban Oviedo, Alonso Moreta y Katty Coral por sus enseñanzas, guía, apoyo, profesionalismo en la realización de este proyecto y por cada uno de los consejos de vida que me han brindado.

A mis hermanos por darme esa seguridad y apoyo en cada decisión que tomo.

A mis amigos de la universidad y del fútbol que han formado parte de este proceso y que seguirán siendo parte fundamental de mi vida

A todo el personal de la universidad, en especial al de la Facultad de Ciencias Ambientales que con su trabajo han aportado para cumplir esta meta.

ÍNDICE

RESÚMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCION.....	14
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	15
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.1.1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	16
1.1.1.2. PRONÓSTICO	17
1.1.1.3. CONTROL DE PRONOSTICO	17
1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	17
1.1.3. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA	17
1.1.4. OBJETIVO GENERAL	17
1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
1.1.6. JUSTIFICACIONES	18
1.2. MARCO TEÓRICO	19
1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA	20
1.2.2. ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEORICA	20
1.2.3. MARCO CONCEPTUAL	21
1.2.3.1. Calidad de agua	22
1.2.3.2. Abastecimiento de agua	23
1.2.3.3. Microbiología del agua	23
1.2.4. HIPÓTESIS	24
1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES	24
MÉTODO	28
2.1. NIVEL DE ESTUDIO	28
2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	28
2.3. MÉTODO.....	28

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	29
2.4.1. Metodología de muestreo.....	29
2.4.1.1. Cronograma de muestreo	29
2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	30
2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....	30
2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
ANEXOS.....	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cronograma de muestreo	30
Tabla 2 Standard methods	30
Tabla 3 INEN	33
Tabla 4 TULAS agua tratamiento convencional.....	33
Tabla 5 TULAS agua que requiera desinfección	34
Tabla 6 OMS parámetros	34
Tabla 7 Coliformes.....	35
Tabla 8 Color.....	36
Tabla 9 DBO5.....	37
Tabla 10 Nitritos.....	38
Tabla 11 pH.....	40
Tabla 12 Turbidez	41
Tabla 13 Habitantes Olmedo INEC.....	68
Tabla 14 Cloro residual	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Laguna de San Marcos	43
Gráfico 2 Entrada Túnel Traslase	45
Gráfico 3 Salida Túnel Traslase.....	47
Gráfico 4 Contadero (Pesillo)	49
Gráfico 5 La Chimba	51
Gráfico 6 El Chaupi.....	53
Gráfico 7 Santa Ana	55
Gráfico 8 Ingreso Laguna de regulación	57
Gráfico 9 Salida Laguna de regulación.....	59
Gráfico 10 San Pablo Urco	61
Gráfico 11 Moyurco	63
Gráfico 12 Puliza	65

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Diseño planta de potabilización de agua.....	91
ANEXO B: Ubicación de la Comunidad Olmedo	92
ANEXO C: Ubicación y abastecimiento Laguna de San Marcos	93
ANEXO D: Memoria fotográfica	94

RESÚMEN

La parroquia Olmedo es una de las cinco parroquias rurales del cantón Cayambe, provincia de Pichincha, obtiene el agua de las vertientes ubicadas alrededor del volcán Cayambe, principalmente de la laguna de San Marcos, en la cual se están realizando trabajos para poder abastecer de agua de riego para los cultivos de toda la comunidad. Como en ciertas épocas del año el agua es escasa, los habitantes utilizan el agua de riego para consumo, por lo que esto les ha traído graves problemas de salud por la condición y calidad del recurso, por lo tanto con la ayuda de la Universidad Internacional SEK se inició el proceso de caracterización del agua. En el estudio se determinó que el agua no es de buena calidad para el consumo humano y que se deben tomar ciertas medidas de control para solucionar el problema. Por lo tanto se obtuvo como conclusión que: es necesario una planta de potabilización de agua para mejorar la calidad del recurso, y así, sea apta para el consumo de la población. Se sugiere métodos convencionales y de bajo costo y un protocolo de limpieza y mantenimiento de la planta. Con esta medida se pretende conseguir una solución al momento de que se produzca una escasez de agua y una mejora en el uso y consumo del mismo.

Palabras clave: calidad de agua, planta de potabilización.

ABSTRACT

The Olmedo parish is one of five rural parishes of the canton Cayambe, Pichincha province, obtains water from springs located around the Cayambe volcano, primarily of Lake San Marcos, where work is underway to provide water irrigation for crops throughout the community. As at certain times of year the water is scarce, people used irrigation water for consumption, so this has brought serious health problems for the condition and quality of the resource, so with the help of the SEK International University characterization process water started. The study found that water is not of good quality for human consumption and that should take certain control measures to solve the problem. Thus was obtained as a conclusion: A water treatment plant is needed to improve the quality of the resource, and thus is suitable for consumption by the population. Conventional and inexpensive methods and protocol for cleaning and maintenance of the plant is suggested. This measure is intended to achieve a solution when a shortage of water and an improvement in the use and consumption of it occurs.

Keywords: water quality, water treatment plant.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Cayambe es una ciudad que se ubica al noroeste de la provincia de Pichincha, tiene una población de 69744 habitantes, siendo el 57% población urbana y el 42% población rural, lo cual es un aspecto muy importante a considerar debido a que la mayoría de la población rural vive de la crianza de ganado, por lo que el aprovechamiento en el riego de sus terrenos debe ser óptimo.

La parroquia Olmedo es una de las cinco parroquias rurales del cantón Cayambe, está conformada de 9 comunidades que son Moyurco, La Chimba, Pesillo, San Pablo Urco, Turucucho, Chaupi, Cariacu, Santa Ana, y Puliza, y 5 barrios los cuales son: Barrio Norte, Barrio Centro, Barrio Sur, Carabotija 1 y 2. La mayoría de estas comunidades no poseen agua potable, ni la suficiente para regar sus terrenos, por lo que el Gobierno de la Provincia de Pichincha, con el objetivo de dotar de un sistema de riego adecuado en el norte de la Provincia, y para permitir el aprovechamiento de alrededor de 13.500 hectáreas de cultivos que incrementará la producción de alimentos a 45.000 Ton/año; la producción de leche a 14 millones de litros al año. El beneficio que obtendrá la producción agrícola y ganadera en esta región, generará alrededor de 15.000 plazas de trabajo y durante la ejecución del proyecto se crearán 500 plazas de trabajo directas y 3.500 plazas de trabajo indirectas.

El tratamiento de aguas tiene como finalidad la eliminación o reducción de la contaminación de características no deseables de las aguas, bien sean naturales o de abastecimiento, en este tipo de comunidades es un factor fundamental, debido a que muchas son captadas de fuentes naturales y pueden arrastrar todo tipo de

material el cual pueda afectar la calidad de la misma. Otro factor a considerar es que cuando se dio la construcción del sistema de riego Cayambe-Olmedo hubo un mal manejo de los materiales de construcción que fue dispuesto junto a las fuentes naturales, lo que genera cierto tipo de contaminantes que no solo afectaban a la población, sino también a la vida acuática y fauna del sector.

Actualmente la Comunidad de Olmedo no posee una planta de tratamiento, lo cual sería indispensable debido a las condiciones en las que se encuentra el canal de riego que es a cielo abierto, ya que muchas de las personas arrojan escombros y materia orgánica del ganado que poseen, afectando a la calidad del agua y causando posibles enfermedades a los habitantes, ya que esta es usada no solamente para regar los cultivos sino también para consumo humano.

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo influencia a la calidad del agua la implementación de una planta de tratamiento de aguas en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos para la comunidad de Olmedo?

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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

La comunidad de Olmedo se abastece del líquido vital del sistema de riego Cayambe-Olmedo, dichas aguas no poseen ningún tipo de tratamiento ni químico, físico y biológico que permita alcanzar los niveles de calidad establecidas por la

ley, por tal razón es menester la ejecución de este proyecto con el fin de mejorar la calidad del agua para los diferentes usos que pueda darle la comunidad de Olmedo.

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

1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Años atrás la comunidad de Olmedo sufría de escasas de agua, por lo que muchos de sus habitantes se veían afectados económicamente ya que no podían regar sus terrenos para alimentar a su ganado, además, el agua era usada para el consumo humano sin considerar aspectos de calidad y salud, la cual se ha visto muy afectada sobre todo en los menores y en los ancianos. Por lo que se implementó el sistema de riego Cayambe-Olmedo, el cual fue construido con el fin de satisfacer las necesidades de la comunidad.

En la etapa de construcción del proyecto se originó cierto tipo de contaminantes, debido al manejo inadecuado del material de construcción, los mismos que afectaban la calidad del agua. Otro aspecto a considerar eran los contaminantes de tipo natural que se daban por el arrastre de sedimentos y maleza desde los ríos hasta su captación. Por lo que es de suma importancia analizar el tipo de agua que los habitantes están usando para la optimización del manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos del sector.

1.1.1.2. PRONÓSTICO

Si no se implementa la planta de tratamiento puede causar problemas de salud en la comunidad y no se podría optimizar el recurso para el desarrollo agrícola del sector, lo cual generará pérdidas económicas y pobreza.

1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO

Mediante el diseño y la implementación de la planta de tratamiento de aguas para el sistema de riego Cayambe-Olmedo se evitarán potenciales afecciones a la salud y se optimizará el desarrollo agrícola del sector debido a que mejorará la cantidad y la calidad del agua.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño y la implantación de la planta de tratamiento de aguas del sistema de riego Cayambe-Olmedo mejorarán la cantidad y la calidad del agua a ser recibida por la comunidad de Olmedo?

1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué calidad tiene el agua que está siendo entregada a la comunidad de Olmedo?

¿Qué cantidad de agua está llegando a la comunidad de Olmedo?

¿Qué parámetros y que valores se deben obtener para que el agua que se entrega a la comunidad de Olmedo tenga las características aptas para consumo humano?

¿Cuántas muestras son las óptimas para determinar la calidad previa y post planta de tratamiento de agua?

1.1.4. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la planta de tratamiento de agua potable para el sistema de riego Cayambe-Olmedo

1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la calidad físico-química del agua del sistema de riego Cayambe-Olmedo.
- Determinar el volúmen de agua que está entregando el sistema de riego Cayambe-Olmedo.
- Determinar un número de muestras representativo para comprobar la calidad previa y post planta de tratamiento.
- Determinar los parámetros y valores/rangos para que el agua que se entrega a la comunidad de Olmedo tenga las características de potable.

1.1.6. JUSTIFICACIONES

Mediante la implementación de la planta de tratamiento se mejorará la calidad de agua en el sistema de riego Cayambe-Coca, lo cual beneficiará a la comunidad de Olmedo para optimizar su desarrollo agrícola y reducir problemas de salud. Con la planta de tratamiento de aguas se obtendrá un mejoramiento de la calidad y la cantidad de agua que llega hacia la comunidad de Olmedo, además se cumplirá con los parámetros y valores para que el agua que se entrega a la comunidad tenga características de potable. Todas las plantas de potabilización requieren conocer las características del agua a tratar para hacer que el proceso sea eficiente tanto técnica como económicamente. Para plantas de potabilización los parámetros principales que deben ser reducidos son los que afectan al consumo humano por ejemplo turbidez, materias orgánicas, nitritos, amonio, entre otros (Marín, 2003).

Antes de diseñar la planta de tratamiento se debieron tomar 10 muestras en puntos específicos para analizar en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Ambientales de la UISEK las características físico-químicas y microbiológicas del agua que se está entregando a las comunidades y realizar una comparación de calidad del agua que era usada antes y después de la implementación de la planta.

1.2. MARCO TEÓRICO

La contaminación es un daño que se le hace al ambiente lo que provoca diversas deterioraciones y que conlleva a una modificación, generalmente inducida por el hombre, de la calidad del agua, alterando su composición o estado, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Orozco et al, 2004).

Según Romero (2001), un producto inevitable de la actividad humana es la generación de aguas residuales y su adecuado tratamiento y disposición, dependerán de sus características físicas, químicas y biológicas, así como la interpretación de sus efectos sobre la fuente receptora.

Los profesionales que trabajan con el agua potable tienen que tener un conocimiento claro y completo de los ciclos natural y antrópico del agua, así como también considerar dos aspectos principales (cantidad y calidad, los factores C y C): proporcionando una calidad potable al suministro de agua, un suministro limpio, saludable y seguro para beber; y encontrar un suministro de agua capaz de proporcionar las cantidades adecuadas para satisfacer la demanda anticipadamente.

Los datos centrales de importancia para nuestra exposición sobre el suministro de agua casi siempre dulce son: el agua es casi siempre un recurso local y regional, y

los problemas de escases de agua o de contaminación son problemas locales. Las actividades humanas afectan a la cantidad de agua disponible, a escala local y en cualquier tiempo, cambiando, o bien el volumen total que existe allí, o bien aspectos de calidad que restringen o devalúan un uso particular. Por tanto, el impacto humano global en los suministros de agua es la suma de los impactos humanos en las cuencas hidrológicas y en los acuíferos subterráneos. En el sistema global, el dato central y crítico acerca del agua es la variación natural y su disponibilidad. (Spellman & Drinan, 2000).

1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

La comunidad de Olmedo se ha visto afectada debido a que por escases de agua se han visto obligados a consumir agua de su sistema de riego la cual no es de buena calidad ya que no cumple con los parámetros establecidos por la ley para que pueda ser consumida.

Al no cumplir con los valores y rangos establecidos por la ley muchos de los habitantes se vieron afectados debido a que se generaron enfermedades donde los más vulnerables eran los niños y ancianos.

Al agua que baja directamente del canal no se la ha dado ningún tipo de tratamiento físico-químico ni biológico, tan solo es entubada y distribuida a ciertos sectores de la comunidad para su consumo.

1.2.2. ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEÓRICA

Con plantas de tratamiento de aguas de procesos físicos, químicos y biológicos se puede alcanzar volúmenes de agua constantes para que la comunidad de Olmedo no tenga problemas de escases, además se mejorará la calidad de agua cumpliendo

con los valores establecidos por la ley y así sea apta para el consumo de los habitantes.

1.2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Planta de potabilización** (Spellman & Drinan, 2000)

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

El tratamiento de potabilización de agua es un requisito indispensable para garantizar la salud de la población. Un sistema adecuado de potabilización debe cumplir con 3 puntos claves:

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

Los procesos más comunes dentro de una planta de potabilización son: desbaste, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, ablandamiento, desinfección y fluorización.

- **DBO₅**: es la cantidad de oxígeno requerida para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia en un período de 5 días. Se expresa en mg/L, y corresponde a la diferencia entre el oxígeno inicial y el oxígeno restante al final de la prueba.

- **Agua potable** o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud.
- **Sólidos totales:** es la materia que queda como residuo de evaporación de un litro de agua a una temperatura comprendida entre los 103 y 105 grados centígrados. Los sólidos totales están compuestos por materia flotante, en suspensión, material coloidal y minerales disueltos. Puesto que la naturaleza de cualquiera de estos sólidos puede ser orgánica o inorgánica y la fracción orgánica se oxida y expulsa como gas a los 600 grados, restando la materia inorgánica como ceniza, se habla de sólidos suspendidos volátiles y sólidos suspendidos fijos. (Coral, 2013).

1.2.3.1. Calidad de agua

Se denomina calidad de agua a la característica que se le atribuye al líquido en el momento de su uso. La misma se ve afectada por distintos factores debido al tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua.

Con el fin de evaluar, determinar la calidad o grado de contaminación del agua se han diseñado diversos métodos, los cuales muestran los índices de contaminación en el agua. Las principales metodologías utilizadas para el análisis están establecidos en el Standard Methods for Water and Wastewater Examination.

No existe en una totalidad el agua químicamente pura, ya que al estar en contacto con cualquier tipo de elemento alteran su composición y por ende su calidad. Estos métodos tienen distintos parámetros tanto físicos, químicos como microbiológicos. Una vez analizados se debe comparar con la normativa correspondiente para determinar si el uso directo del agua es seguro o si es necesario algún tratamiento previo (Sierra, 2011).

1.2.3.2. Abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua consiste en satisfacer, en el tiempo apropiado y de la forma adecuada, las necesidades referente al consumo del mismo para su aprovechamiento principalmente en alimentación, riego y servicios básicos.

De la misma manera que en la calidad de agua, en el abastecimiento también se toma en cuenta diferentes parámetros que permiten analizar un sistema de abastecimiento de agua. De acuerdo a Prieto estas medidas son el lugar de obtención, conducción, calidad, sanidad y la capacidad de la fuente (Prieto, 2004).

Dependiendo de lo que se desee analizar se debe diferenciar los dos tipos de abastecimiento de agua que existe, el de las aguas superficiales, y el de las aguas subterráneas.

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

1.2.3.3. Microbiología del agua

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

Por motivos de costos y de dificultad de análisis se utilizan microorganismos indicadores de la contaminación fecal. Los más comunes son los coliformes totales, que incluye coliformes fecales y ambientales. Estos indicadores también son utilizados para determinar la validez de un proceso de desinfección, ya que tras un proceso efectivo deben estar ausentes de la muestra, asegurando así la ausencia de patógenos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

1.2.4. HIPÓTESIS

Al diseñar e implementar una planta de tratamiento en el sistema de riego Cayambe-Olmedo se alcanzará la cantidad y la calidad de agua potable adecuadas para las necesidades de los habitantes del sector.

1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Caudal, número de habitantes

Variable dependiente: Parámetros físico-químicos: Aceites y grasas, arsénico, bario, cadmio, cloruros, DBO, DQO, dureza, ph, plomo, sólidos totales, tensoactivos, turbidez, zinc.

Parámetros microbiológicos: coliformes fecales y totales.

Parámetros Físicoquímicos

Se analizan conjuntamente a los parámetros físicos y a los químicos, sin embargo son diferentes. Los físicos son aquellos que afectan a la estética del agua, mientras que los químicos hacen referencia a las sustancias presentes en la misma. A su vez los parámetros químicos se subdividen en indicadores y sustancias químicas. Los indicadores son los parámetros que se presentan gracias a la interacción de varias sustancias, por ejemplo el pH o la dureza. La segunda categoría hace referencia a

las sustancias que se encuentran disueltas en el agua y su concentración (Sierra, 2011).

Color:

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

Nitritos (NO₂):

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

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):

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

Demanda Química de Oxígeno (DQO):

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

pH:

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

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

Turbidez:

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

Las 3 fuentes principales de partículas que aumentan la turbidez:

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

Coliformes:

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

CAPÍTULO II

MÉTODO

2.1.NIVEL DE ESTUDIO

Exploratorio

Se buscará determinar la calidad del agua para determinar si esta es o no apta para el consumo humano de acuerdo a los parámetros legales, de no serlo se planteará una solución, en este caso una planta de potabilización.

Correlacional

Se determinó la calidad y cantidad del agua antes del diseño e implantación de la planta de tratamiento y luego se midió los valores post planta de tratamiento para verificar si cumple con los objetivos trazados y así satisfacer las necesidades de los habitantes del sector.

2.2.MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

De campo

Se realizó toma de muestras hasta obtener los datos suficientes para determinar la calidad del agua y que parámetros debemos tener en cuenta.

2.3.MÉTODO

Método Inductivo-Deductivo

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

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Aguas que bajan desde el volcán Cayambe, río San Pedro, río Boquerón, río Arturo y laguna de San Marcos, hasta la comunidad de Olmedo.

Muestra

Se realizarán 3 muestreos periódicos en 12 puntos del canal de acuerdo al cronograma establecido y tomando en cuenta las condiciones climatológicas.

2.4.1. Metodología de muestreo

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

Para la primera muestra se usó botellas de 2 litros, las cuales fueron previamente lavadas con agua destilada y etiquetadas para una mejor identificación. Se recogió un volumen de 2 litros para la realización de los análisis correspondientes.

Para el análisis microbiológico se utilizó frascos estériles de 100 ml y al momento de tomar la muestra se usó equipo de seguridad para evitar una posible contaminación del agua, la cual podría causar una alteración de los datos.

2.4.1.1. Cronograma de muestreo

Se realizó la toma de 1 muestra en 12 puntos diferentes del canal de riego.

Posteriormente se tomó 1 muestra en cada uno de los 12 puntos para el análisis de ciertos parámetros, en los cuales el agua no debía pasar las 24 horas desde el momento en que se la recolectó. Además, las muestras fueron conservadas en refrigeración en los laboratorios de la UISEK.

Tabla 1 Cronograma de muestreo

# de muestra	Fecha
1	07/04/2014
2	05/05/2014
3	26/05/2014

Elaborado por Michael Herrera, 2014

2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

- Análisis físico-químicos
- Análisis microbiológicos
- Diseño de planta de potabilización

2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

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

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

Tabla 2 Standard methods

Parámetro	Método de análisis
Coliformes totales	SM 9222
Color	HACH 8025

DBO5	SM 5210 D
DQO	SM 5220 B
Nitritos	HACH 8507
pH	SM 4500
Solidos sedimentables	SM 2510 B
Turbidez	SM 2130 B

Elaborado por Michael Herrera, 2014

2.7.PROCESAMIENTO DE DATOS

Se procesarán los datos y tabularán en hojas de cálculo de Microsoft Office Excel.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de las muestras se han considerado 8 parámetros específicos los cuales son: coliformes totales, color, DBO5, DQO, nitritos, pH, sólidos sedimentables y turbidez; los mismos que se encuentran detallados de acuerdo a su concepto y características en el primer capítulo.

En base a estos parámetros se escogieron 12 puntos de muestreo a lo largo del canal debido a que en ciertos tramos se observó que las personas de la comunidad realizaban diferentes actividades para subsistir, entre estas podemos mencionar la crianza de ganado vacuno, en la cercanía de algunos ríos se daba el lavado de prendas de vestir, aseo personal y por último cosechaban ciertos productos que creían necesarios para el consumo en la comunidad. Este análisis se lo realizó para obtener los datos en donde se puntualice en qué tramos el agua empieza a cambiar su carácter físico-químico y microbiológico, de tal manera que se identifique el comportamiento de la calidad del agua y recomendar medidas de seguridad para la optimización y el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

Una vez recolectados los datos se realizó una comparación con diferentes tablas, las cuales nos otorgan niveles de máximos permisibles según el parámetro que se necesite. Cabe recalcar que se utilizó 4 diferentes, debido a que no todas cuentan con los mismos parámetros y en ciertos casos los rangos pueden variar.

Las tablas que se escogieron son las siguientes:

1. Tabla Comparativa agua potable Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Tabla 3 INEN

Parámetro	Unidades	Máximo
Coliformes	UFC	<1
Color	PtCo	15
DQO	mg/L	-
DBO	mg/L	-
Nitritos	mg/L	0,2
pH		-
Sólidos sedimentables	ml	-
Turbidez	NTU	5

Elaborado por Michael Herrera

2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional. Tabla I Libro VI Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

Tabla 4 TULAS agua tratamiento convencional

Parámetro	Unidades	Máximo
Coliformes	UFC	<1
Color	PtCo	100
DQO	mg/L	-
DBO	mg/L	2
Nitritos	mg/L	1
pH		6 a 9
Sólidos sedimentables	ml	-
Turbidez	NTU	100

Elaborado por Michael Herrera

3. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección. Tabla II Libro VI Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

Tabla 5 TULAS agua que requiera desinfección

Parámetro	Unidades	Máximo
Coliformes	UFC	<1
Color	PtCo	20
DQO	mg/L	-
DBO	mg/L	2
Nitritos	mg/L	1
pH		6 a 9
Sólidos sedimentables	ml	-
Turbidez	NTU	10

Elaborado por Michael Herrera

4. Tabla Comparativa Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 6 OMS parámetros

Parámetro	Unidades	Máximo
Coliformes	UFC	<1
Color	PtCo	15
DQO	mg/L	-
DBO	mg/L	<1
Nitritos	mg/L	0,2
pH		<8
Sólidos sedimentables	ml	-
Turbidez	NTU	<5

Elaborado por Michael Herrera

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se realizó una comparación de las mediciones realizadas en campo con las tablas antes mencionadas, para determinar qué calidad de agua se tenía en el sistema de

riego y verificar que parámetros se cumplen o no y en qué sector sufren una contaminación o alteración de sus características.

Coliformes

Tabla 7 Coliformes

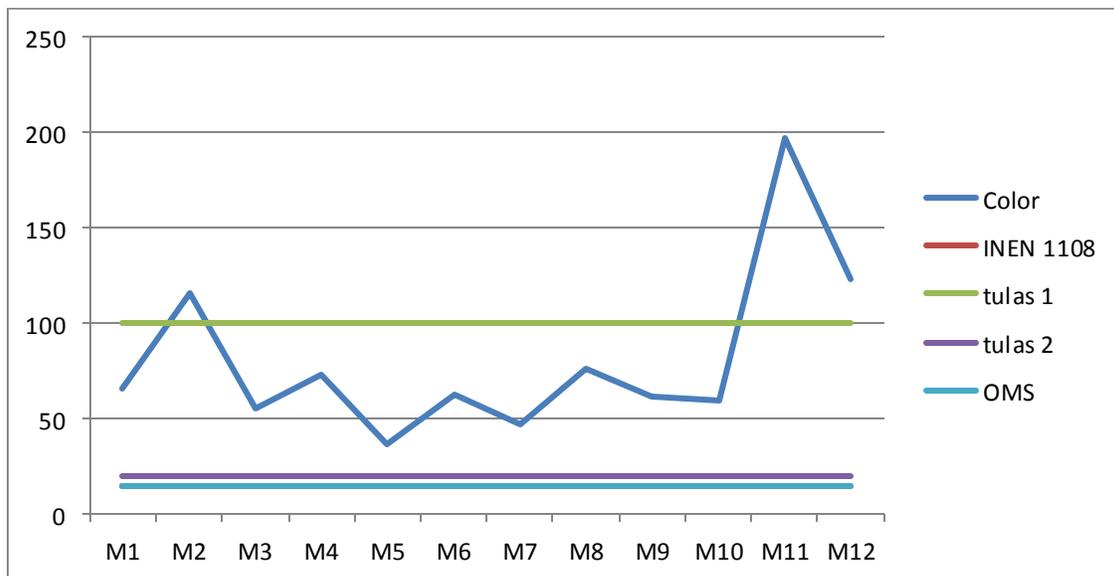
Punto	Valor obtenido (UFC)
M1	INCONTABLE
M2	
M3	
M4	
M5	
M6	
M7	
M8	
M9	
M10	
M11	
M12	

Se comprobó la presencia de coliformes en todos los puntos de muestreo.

Color

Tabla 8 Color

Punto	Valor obtenido (PtCo)
M1	66
M2	116
M3	55
M4	73
M5	37
M6	63
M7	47
M8	76
M9	62
M10	60
M11	197
M12	123



Los valores se encuentran dentro del rango permitido por las leyes que aplican a este parámetro, excepto en los últimos puntos de muestreo donde se encuentra ubicada una minera la cual explota recursos del suelo y de montaña para materiales de construcción. Por lo que se considera la causa principal de contaminación del agua en el sector.

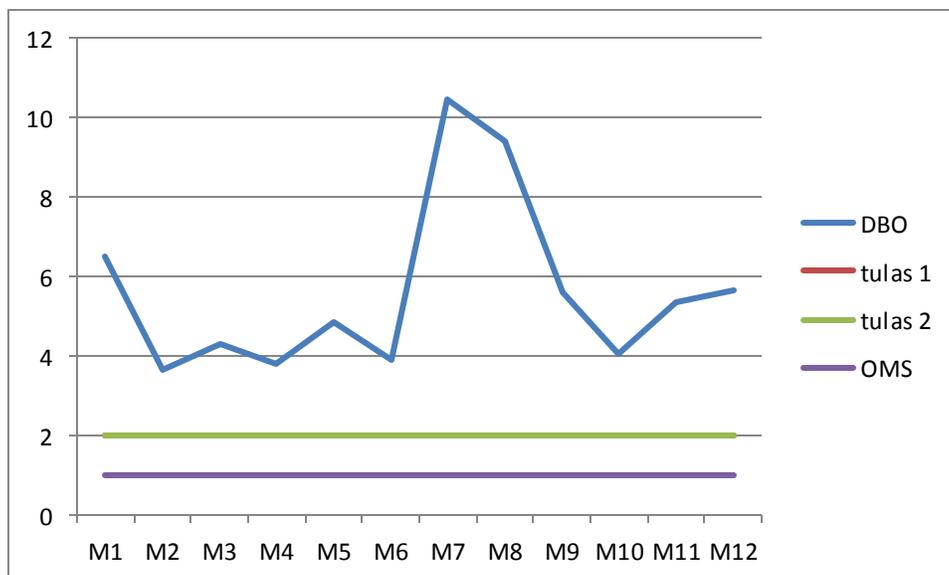
DQO

Lastimosamente ninguna de las normativas que rigen el agua de consumo contenía este parámetro, por lo que no se pudo realizar la comparación de calidad.

DBO5

Tabla 9 DBO5

Punto	Valor obtenido (mg/L)
M1	6,52
M2	3,64
M3	4,3
M4	3,8
M5	4,88
M6	3,9
M7	10,48
M8	9,4
M9	5,6
M10	4,08
M11	5,36
M12	5,64



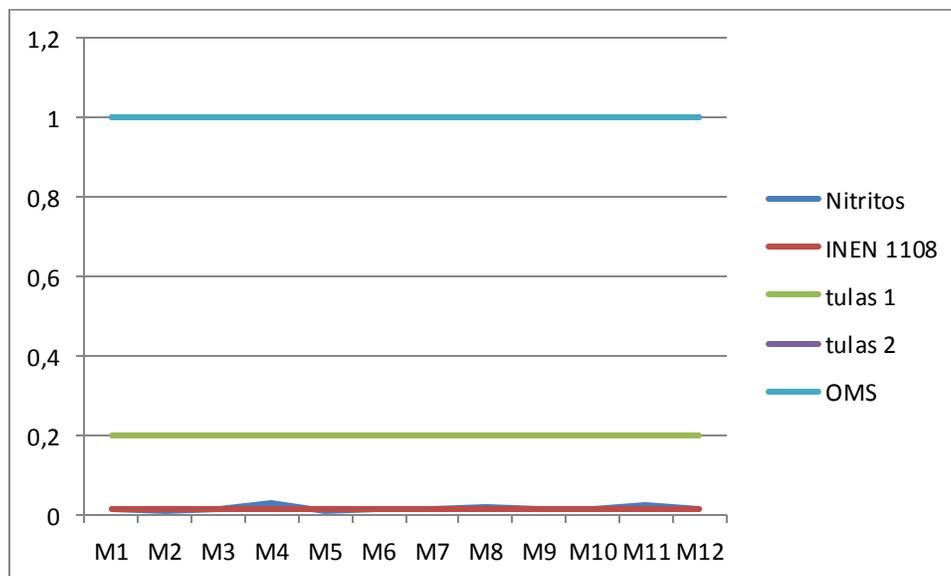
En todos los puntos se puede observar un nivel alto de DBO₅, esto se debe a que existen fuentes de contaminación orgánica, una de las principales es la crianza de ganado, ya que el canal se encuentra a cielo abierto en ciertos tramos y los desechos llegan al mismo. Por lo que se debe tener muy en cuenta al momento de diseñar la planta de potabilización para reducir los niveles a los límites establecidos.

Nitritos

Tabla 10 Nitritos

Punto	Valor obtenido (mg/L)
M1	0,015
M2	0,012
M3	0,014
M4	0,029

M5	0,013
M6	0,018
M7	0,017
M8	0,02
M9	0,017
M10	0,016
M11	0,024
M12	0,015

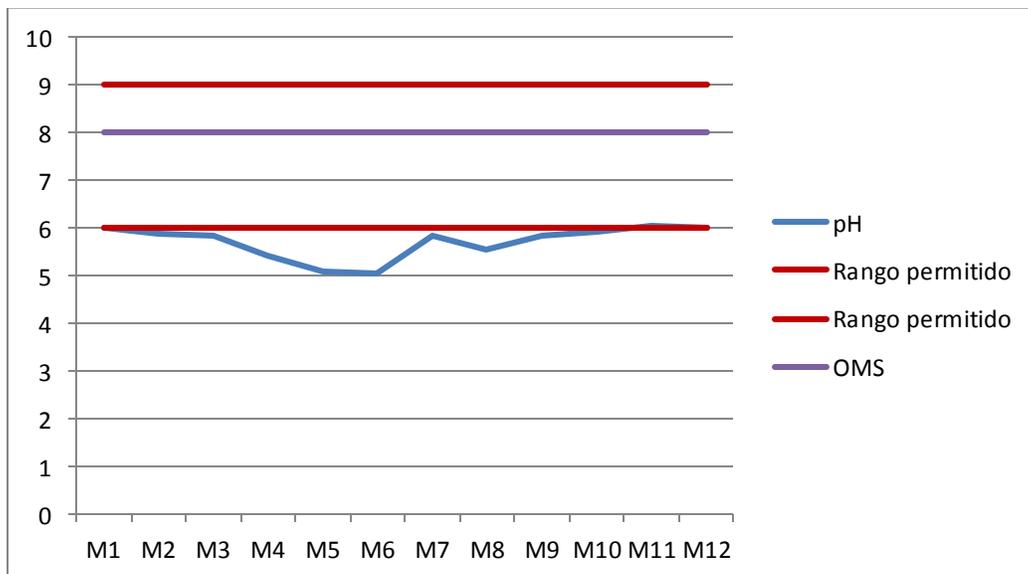


En lo que respecta a nitritos, no se tiene ningún problema o alteración en el agua, por lo que se encuentran, muy por debajo de los límites máximos de las normativas vigentes.

pH

Tabla 11 pH

Punto	Valor obtenido
M1	6,01
M2	5,88
M3	5,85
M4	5,44
M5	5,09
M6	5,04
M7	5,86
M8	5,53
M9	5,86
M10	5,93
M11	6,06
M12	6,02



Los niveles de pH se encuentran por debajo de los máximos permisibles, por lo que este parámetro no va a afectar el diseño de la planta de potabilización ni la calidad del agua.

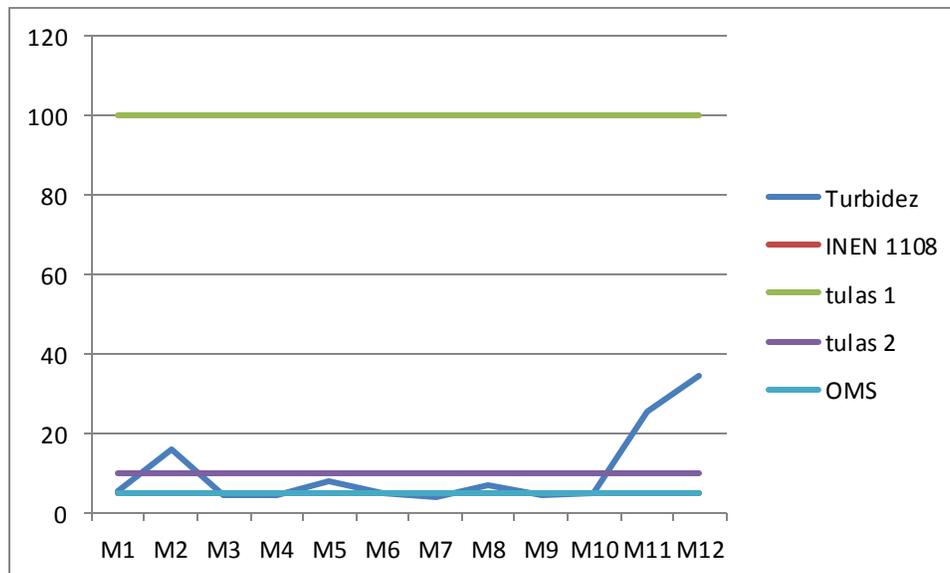
Sólidos sedimentables

Lastimosamente ninguna de las normativas que rigen el agua de consumo contenía este parámetro, pero se lo va a tomar muy en cuenta al momento de diseñar nuestra planta de potabilización de agua ya que es un factor que afecta la calidad del recurso.

Turbidez

Tabla 12 Turbidez

Punto	Valor obtenido (NTU)
M1	5,63
M2	16,3
M3	4,33
M4	4,54
M5	8,03
M6	5,07
M7	4,09
M8	6,99
M9	4,72
M10	4,88
M11	25,44
M12	34,34



Este parámetro cumple con las normativas del libro TULAS para tratamientos convencionales, debido a que se encuentra muy por debajo de los límites permisibles. Para las tablas de la OMS y TULAS de agua que requiera desinfección cumple en la mayoría de los puntos excepto los 2 últimos debido a la mina ubicada en el sector, ya que esta explota los recursos sin un debido control para el manejo de desechos y mantenimiento de maquinaria. Por lo que se debe tener muy en cuenta ya que este factor está alterando la mayoría de parámetros medidos.

A continuación se va a describir cada punto en el que se tomó la muestra y que parámetros superan los máximos permisibles de acuerdo a lo establecido con la ley para que el agua pueda ser apta para su consumo:

- Punto 1

Gráfico 1 Laguna de San Marcos



Esta muestra fue tomada en la Laguna de San Marcos, a los pies del volcán Cayambe y es la principal fuente de captación del agua. Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fue un cielo nublado y con vientos fuertes.

Las coordenadas son 18 N 016956, UTM 0012367 con una altura de 3423m.

Hay que considerar que al momento se siguen realizando trabajos en la Laguna de San Marcos, por lo que los niveles contaminantes pueden aumentar y variar. Se realizan trabajos de perforación de montañas, mantenimiento de maquinaria, colocación de tubería para encausar el agua, colocación de baños ecológicos entre otros.

De acuerdo con la norma de agua potable del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN), el agua de la laguna de San Marcos no cumple en

coliformes, color y turbidez, los cuales se pudieron generar debido a los trabajos antes mencionados.

Asimismo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), igualmente el agua en ese punto no cumple en parámetros de coliformes y DBO5.

De acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico que únicamente requieran desinfección según la tabla II del libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), el agua en esa zona no cumple en parámetros de coliformes, color y DBO5. De igual manera con la tabla comparativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua no cumple con los mismos parámetros.

Por otro lado, según la norma de agua potable INEN, el agua cumple con el parámetro de nitritos, al igual que la tabla I del libro VI del TULAS en donde de acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, el agua cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez.

Según la tabla comparativa de la OMS, el agua en ese punto si cumple con los parámetros de nitritos y pH.

- Punto 2

Gráfico 2 Entrada Túnel Trasvase



Esta muestra fue tomada a la entrada del túnel de trasvase, el cual se encuentra junto a la Laguna de San Marcos y a los pies del volcán Cayambe. Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron cielo nublado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 18 N 016949, UTM 0012367 con una altura de 3439m.

Este túnel sigue en proceso de construcción por lo que niveles de materia orgánica y sólidos sedimentables podrían variar a lo largo del tiempo, ya que una vez finalizados los trabajos el agua no va a ser manipulada ni encausada por los canales que se encuentran en el mismo.

De ahí que según la norma de agua potable INEN, el agua en ese punto no cumple en parámetros de coliformes, color y turbidez, de igual manera de acuerdo a la tabla I del libro VI del TULAS y la OMS con respecto a los límites máximos

permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, este punto no cumple con los parámetros de coliformes, color y DB05. De igual manera con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico que únicamente requieran desinfección no cumple en parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

Por otro lado según la norma de agua potable INEN, el agua en esa zona cumple con los parámetros de nitritos.

De acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua en ese punto cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez. En cuanto a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico que únicamente requieran desinfección, según el TULAS y la OMS, este punto cumple con los parámetros de nitritos y pH al igual que la turbidez.

- Punto 3

Gráfico 3 Salida Túnel Trasvase



Esta muestra fue tomada a la salida del túnel de trasvase, el cual se encuentra a 3 Km de la Laguna de San Marcos. Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 083275, UTM 0012452 con una altura de 3401m.

Debido a que el túnel sigue en construcción pueden generarse ciertos contaminantes los cuales afectan la calidad del agua y ponen en riesgo la salud de la comunidad.

De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua en ese punto no cumple con los parámetros de coliformes y color. De la misma manera en base a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del

TULAS el agua de la salida del túnel de trasvase no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5.

Según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5; al igual que la tabla comparativa de la OMS que estipula que no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Por otro lado también encontramos ciertos parámetros que cumplen con los requisitos de los máximos permisibles que de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua de la salida del túnel de trasvase cumple con los parámetros de nitritos y turbidez.

Mientras que los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua en esa zona cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez.

Así como los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua de la salida del túnel de trasvase cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez y la tabla comparativa de la OMS, el agua de la salida del túnel de trasvase cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

- Punto 4

Grafico 4 Contadero (Pesillo)



Esta muestra fue tomada en la comunidad de Contadero (Pesillo). Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 083267, UTM 0012423 con una altura de 3399m.

Un factor importante a considerar es que en este tramo el canal estaba fuera del alcance de la comunidad por lo que es difícil manipular el recurso. También el canal de riego se encuentra revestido por lo que el nivel de contaminación es mínimo.

Según la norma de agua potable INEN, el agua en ese punto no cumple con los parámetros de coliformes y color.

De acuerdo a los diferentes a los máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, según la tabla I del libro VI del TULAS el agua en esa zona no cumple con los

parámetros de coliformes y DBO5. En cuanto a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua del Contadero no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Mientras que según la tabla comparativa de la OMS, el agua del Contadero no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Por otro lado, también se encontraron ciertos parámetros que cumplen con los requisitos de los máximos permisibles, en el que según la norma de agua potable INEN, el agua de ese punto cumple con el parámetro de nitritos.

De la misma manera según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez. Mientras que los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

De acuerdo la tabla comparativa de la OMS, el agua del Contadero cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

- Punto 5

Gráfico 5 La Chimba



Esta muestra fue tomada en la comunidad de la Chimba. Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 083170, UTM 0013115 con una altura de 3347m.

Un aspecto fundamental a mencionar es que en este tramo el canal se corta y el agua vuelve a ser parte del Río la Chimba hasta encausar de nuevo el agua hacia el canal. Existen ciertas viviendas las cuales pueden manipular el recurso y también se realizaban actividades como lavado de ropa y de aseo personal en el río.

En base a la norma de agua potable INEN, el agua de la Chimba no cumple con los parámetros de coliformes, color y turbidez. Lo mismo que en los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, en el cual la tabla I del libro VI del TULAS, el agua de la Chimba no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5.

De acuerdo la tabla comparativa de la OMS, el agua de la Chimba no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

Por otro lado, se encontraron ciertos parámetros que cumplen con los requisitos de los máximos permisibles como lo son los nitritos que según la norma de agua potable INEN, cumple en el agua de la Chimba.

Mientras que con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua de la Chimba cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez.

De acuerdo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua de la Chimba cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez, de igual manera en la tabla comparativa de la OMS, cumple con los parámetros de nitritos y pH.

- Punto 6

Gráfico 6 El Chaupi



Esta muestra fue tomada en la comunidad del Chaupi, en donde las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 083165, UTM 0013103 con una altura de 3339m.

Una vez que el agua vuelve a encausarse hay que considerar que en este tramo el canal de riego no se encuentra revestido y es susceptible a una mayor contaminación y manipulación por parte de la comunidad.

De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua del Chaupi no cumple con los parámetros de coliformes, color y turbidez. Por otro lado con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS. el agua del Chaupi no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5.

Respecto a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua del Chaupi no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

En el mismo sentido, según la tabla comparativa de la OMS, el agua del Chaupi no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

En cuanto a los parámetros que se encuentran dentro de los requisitos de los máximos permisibles, de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua del Chaupi cumple con el parámetro de nitritos. Entretanto los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua del Chaupi cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua del Chaupi cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

De acuerdo la tabla comparativa de la OMS, el agua del Chaupi cumple con los parámetros de nitritos y pH.

- Punto 7

Gráfico 7 Santa Ana



Esta muestra fue tomada en la comunidad de Santa Ana y las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082856, UTM 0015537 con una altura de 3191m.

En este tramo el canal se encuentra a cielo abierto y sin revestimiento por lo que los niveles de contaminación son altos, además por el paso del ganado que hay en el sector la carga de materia fecal es de consideración.

De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua de Santa Ana no cumple con los parámetros de coliformes y color. En cuanto a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua de Santa Ana no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5; mientras que con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que

únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua de Santa Ana no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Según la tabla comparativa de la OMS, el agua de Santa Ana no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

De igual manera, se encontraron diferentes parámetros que cumplen con los requisitos de los máximos permisibles, en los cuales de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua de Santa Ana cumple con los parámetros de nitritos y turbidez.

Por otro lado, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua de Santa Ana cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez.

En cuanto a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua de Santa Ana cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez, mientras que en la tabla comparativa de la OMS, el agua de Santa Ana cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

- Punto 8

Gráfico 8 Ingreso Laguna de regulación



Esta muestra fue tomada en el ingreso a la laguna de regulación y las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082856, UTM 0015537 con una altura de 3180m.

En esta obra el agua del canal se acumula, esto se debe a que en ciertos sectores se dificulta la obtención directa del agua desde el canal de riego hacia los terrenos aledaños. Además esta regulará el paso del agua y almacenará para tiempos de escasez en el caso de que no se tenga el caudal deseado.

Según la norma de agua potable INEN, el agua en el ingreso a la laguna de regulación no cumple con los parámetros de coliformes, color y turbidez.

De acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, se contempló según la tabla I del libro VI del TULAS, que el agua en el ingreso a la laguna de

regulación, no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5, mientras que según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua en el ingreso a la laguna de regulación no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

De igual manera cuando se realizó el análisis con la tabla comparativa de la OMS, el agua en el ingreso a la laguna de regulación no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

En cuanto a los parámetros que cumplen con los requisitos de los máximos permisibles, se identificó que de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua en el ingreso a la laguna de regulación cumple con el parámetro de nitritos.

Asimismo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua en el ingreso a la laguna de regulación cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez. De igual manera con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua en el ingreso a la laguna de regulación cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

De acuerdo la tabla comparativa de la OMS, el agua en el ingreso a la laguna de regulación cumple con los parámetros de nitritos y pH.

- Punto 9

Gráfico 9 Salida Laguna de regulación



Esta muestra fue tomada a la salida de la laguna de regulación y las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082510, UTM 0013915 con una altura de 3066m.

En cuanto a la norma de agua potable INEN, el agua en la salida de laguna de regulación no cumple con los parámetros de coliformes y color.

Tomando en cuenta los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua en ese punto de regulación no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5, mientras que según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Según la tabla comparativa de la OMS, el agua a la salida de la laguna de regulación no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

De igual manera se identificaron otros parámetros que si cumplen con los requisitos de los máximos permisibles. De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua a la salida de la laguna de regulación cumple con los parámetros de nitritos y turbidez.

Entretanto los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS, el agua a la salida de la laguna de regulación cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez, mientras que de acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS, el agua a la salida de la laguna de regulación cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

Según la tabla comparativa de la OMS, el agua a la salida de la laguna de regulación cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

- Punto 10

Gráfico 10 San Pablo Urco



Esta muestra fue tomada en San Pablo Urco y las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron soleado y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082501, UTM 0014090 con una altura de 3082m

Cabe recalcar que en este tramo el canal de riego no se encuentra revestido, está cercano a la carretera y es de fácil manipulación por los habitantes de su alrededor.

De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua en esa zona no cumple con los parámetros de coliformes y color.

De igual manera según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS el agua en ese punto no cumple con los parámetros de coliformes y DBO5, al igual que con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente

requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Según el análisis comparativo con la tabla de la OMS, el agua en San Pablo Urco no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

Acerca de los parámetros que si cumplen con los requisitos de los máximos permisibles, se obtuvo que de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua si cumple con los parámetros de nitritos y turbidez. Así mismo, los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS el agua en esa zona si cumple con los parámetros de color, nitritos, pH y turbidez.

De acuerdo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua en San Pablo Urco si cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

De igual manera la tabla comparativa de la OMS, el agua si cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez.

- Punto 11

Gráfico 11 Moyurco



Esta muestra fue tomada en Moyurco. Las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron cielo nublado, lluvia ligera y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082253, UTM 0011004 con una altura de 2974m.

Hay que tomar en cuenta que el agua del canal vuelve al río de la Chimba, por lo que ciertos factores de contaminación pueden aumentar debido a las actividades humanas que se realizan cerca del mismo.

De acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua en esa zona no cumple con los parámetros de coliformes, color y turbidez.

En base a los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional, según la tabla I del libro VI del TULAS el agua no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5.

De la misma manera con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección, según la tabla II del libro VI del TULAS el agua en no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez, mientras que de acuerdo a la tabla comparativa de la OMS, el agua no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

En cuanto a los parámetros con los que sí cumple de acuerdo a la norma de agua potable INEN, el agua en si cumple con el parámetro de nitritos.

De acuerdo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS el agua en ese punto si cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez, mientras que con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua en Moyurco si cumple con los parámetros de nitritos y pH.

Según la tabla comparativa de la OMS, el agua en esa zona si cumple con los parámetros de nitritos y pH.

- Punto 12

Gráfico 12 Puliza



Esta muestra fue tomada en Puliza y las condiciones climatológicas en las cuales se tomó la muestra fueron cielo nublado, lluvia ligera y vientos fuertes.

Las coordenadas son 17 N 082251, UTM 0011005 con una altura de 2972m.

Al momento de tomar las muestras en este punto cabe mencionar que metros antes existe una mina de material de construcción la cual puede estar afectando la calidad del agua, además el canal se encuentra a cielo abierto y sin revestimiento.

Según la norma de agua potable INEN, el agua en ese punto no cumple con los parámetros de coliformes, color y turbidez, mientras que de acuerdo, con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS el agua en esa zona no cumple con los parámetros de coliformes, color y DBO5 y según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y

uso doméstico que únicamente requieren desinfección, en base a la tabla II del libro VI del TULAS el agua en ese punto no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

En tanto, en la tabla comparativa de la OMS, el agua en Puliza no cumple con los parámetros de coliformes, color, DBO5 y turbidez.

Por otro lado se encontró ciertos parámetros que si cumplen con los requisitos de los máximos permisibles, en la cual según la norma de agua potable INEN, el agua en esa zona si cumple con el parámetro de nitritos.

De la misma manera según los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional según la tabla I del libro VI del TULAS el agua si cumple con los parámetros de nitritos, pH y turbidez, mientras que de acuerdo con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección según la tabla II del libro VI del TULAS el agua si cumple con los parámetros de nitritos y pH.

De acuerdo la tabla comparativa de la OMS, el agua en Puliza si cumple con los parámetros de nitritos y pH.

3.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Antes de realizar el diseño de la planta de potabilización de agua se debe tener en cuenta ciertos aspectos técnicos que faciliten la ejecución del proyecto en caso de ser requerido, los mismos que se detallarán a continuación.

Primero se debe realizar un retiro de la cubierta vegetal del terreno donde se va a ubicar la planta de potabilización de agua, esta debe estar fuera del alcance de la comunidad para así evitar manipulación o contaminación por parte de los

habitantes, luego se realiza la excavación y los peinados del talud según la altura de los tanques, se hace un replantillo de 5 cm para tener un terreno estable y nivelado, en el caso de los taludes se utiliza un hormigón $F_c = 180 \text{ kg/cm}^2$ para cubrir las imperfecciones o espacios que se generan al momento del peinado y para que no se contamine el hierro con minerales del suelo. Una vez finalizado este trabajo se procede a amarrar el hierro el cual consta de varillas de 12mm, se encofra y se funde con un hormigón armado de $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. A partir de los 2 días se retira el encofrado y cogemos posibles fallas que se generan al momento de fundir.

Según especificaciones técnicas de hormigón y acero se está usando la resistencia adecuada para una vida útil de aproximadamente 20 años según el número de habitantes que se beneficiarán con el proyecto.

Se debe tener en consideración que el agua que habilitará el reservorio de Olmedo por tratarse de una fuente superficial está expuesta a contaminación por el largo recorrido que hace antes de llegar al almacenamiento, a las actividades humanas en ese trayecto, al uso del canal de riego en este recorrido, de las características del suelo, debido a que en ciertos tramos el canal no se encuentra revestido.

En lo que respecta a la cantidad de agua, la fuente que abastecerá el reservorio fue evaluada durante la ejecución del presente estudio, habiéndose aforado un caudal de 16 L/s del cual, una vez entrado todo el caudal al almacenamiento se tomaran para la planta de tratamiento 5 L/s para un periodo de diseño de 20 años.

Para realizar el cálculo de proyección de la planta se va a usar el método aritmético, el cual supone que el crecimiento poblacional es constante y por lo cual se debe obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlo para obtener la población futura. Los datos fueron tomados por el Instituto Nacional de Estadística

y Censos (INEC), los cuales se encuentran disponibles desde el año 1950 hasta el 2010.

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{Pa - Pp}{n}$$

n

Ecuación 1

Pf: Población futura

Pp: Población pasada

Pa: Población actual

n: Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

N: Diferencia de tiempo en años entre Pf y Pp

I: Incremento medio anual

Tabla 13 Habitantes Olmedo INEC

Año del censo	No. De habitantes
1950	3258
1962	4011
1974	5254
1982	5691
1990	6074

2001	6439
2010	6772

Elaborado por Michael Herrera

Datos obtenidos INEC

$$I = \frac{6772 - 3258}{60} = 58.57 \text{ Hab/año}$$

$$P_f = 6772 + (58.57)(10) = 7358 \text{ Habitantes}$$

La planta de tratamiento consta de 4 partes fundamentales que son las siguientes:

- **Desarenador**

Es el primer componente de la planta de tratamiento, el cual tiene como función la remoción de arenas y sólidos que se encuentran en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación. Esta estructura persigue principalmente los objetivos de reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que traen consigo las aguas desde la Laguna de San Marcos o que se pueden caer en el agua a lo largo de la trayectoria del canal,

Mediante la realización de este proceso se evitará la acumulación de depósitos en los canales, evitará las sobrecargas en los procesos posteriores y no permitirá que se acumulen escombros en los procesos de desinfección en los cuales se usan bombas para esparcir el químico.

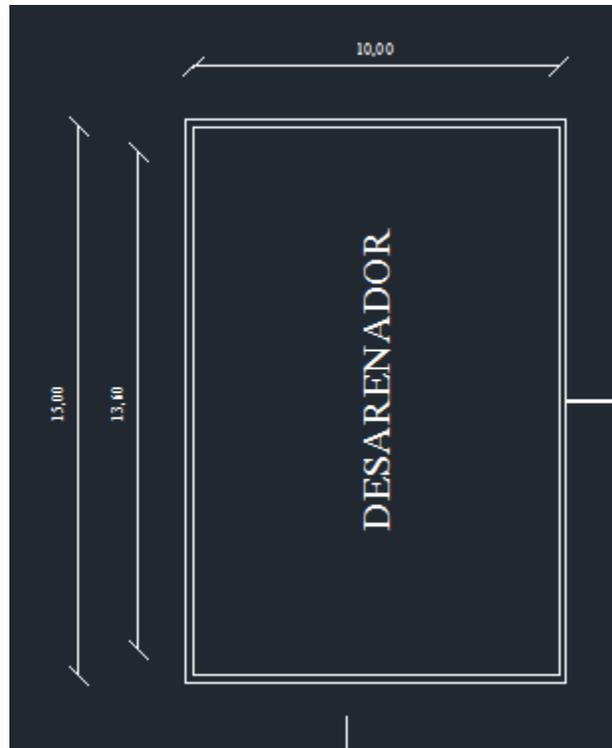
Un dato importante a tener en cuenta es el dimensionamiento del desarenador, tanto en altura como en largo ya que los vientos fuertes producidos en esta zona podrían variar la velocidad del caudal y los escombros pasarían al siguiente proceso causando una ineficiencia en el sistema.

Esta unidad se puede dividir en 4 zonas:

- 1.- Zona de entrada: esta se encarga de mantener un flujo constante al momento de ingresar el agua y evita el paso de sólidos grandes.
- 2.- Zona de desarenación: en la cual se depositan las partículas y sólidos de menor tamaño en el fondo del tanque
- 3.- Zona de salida: al igual que la entrada debe mantener un flujo constante para que no altere el reposo de la arena que se encuentra en el tanque.
- 4.- Zona de depósito: debe tener una pendiente mínima para que la arena se deslice hacia el canal de limpieza

Es necesario que se dé un mantenimiento mensual al desarenador, ya que se deben retirar los sólidos que se depositan en el fondo. De igual manera se debe realizar un retro lavado para la limpieza de las tuberías evitando taponamientos y previniendo que se altere el proceso en la siguiente fase de potabilización.

Debido al dimensionamiento y según guías para tratamientos de agua, el tiempo en que el agua se quedará en el desarenador es de 45 minutos aproximadamente para garantizar el funcionamiento óptimo de esta fase, cabe recalcar que en cada proceso se encuentra un regulador de caudal, el cual mantendrá esta velocidad de paso del agua en cada proceso.



Realizado por Michael Herrera

- **Filtración**

La filtración es un procedimiento físico destinado a clarificar líquidos que contengan materia en suspensión, mediante el paso de aquellos a través de un medio poroso constituido básicamente por material granular (Calvo, 2005).

En procesos anteriores se eliminó sólidos grandes como hojas, ramas, piedras o escombros los cuales bajan desde las montañas y los ríos hasta el canal y que se acumularon y eliminaron en las rejillas y en el sedimentador para así tener una mayor efectividad en la zona de filtros.

Las partículas de las aguas residuales son retenidas en la superficie de los granos que constituyen el filtro gracias a un conjunto de fuerzas físicas. La mayor o menor facilidad de fijación depende fundamentalmente del tipo de filtro que se utilice y de las condiciones de explotación del sistema.

La capacidad de retención de un filtro la define su espacio intergranular. Como es natural, a medida que se usa un filtro la pérdida de carga aumenta mucho al irse colmatando los poros con el material que va reteniendo, hasta que llega un momento en que se hace necesario lavarlo y limpiarlo, bien moviendo el material que lo constituye, o bien, como es más habitual, con un retro lavado. Por otra parte, y como en los lechos bacterianos, se desarrolla una biomasa sobre los granos del filtro, lo que provoca acciones de nitrificación que reducen la tasa de amoníaco (Calvo, 2005).

La filtración se emplea en el tratamiento del agua, con o sin pretratamiento de coagulación y sedimentación. En el tratamiento del agua residual, la filtración se utiliza para eliminar el floculo biológico del efluente secundario decantado y los sólidos que permaneces después de coagulación química de las aguas residuales en los procesos de tratamiento físico-químicos o tratamiento posterior de éstas (Weber, 2003).

El tamaño del material cumple un aspecto fundamental, debido a que este define el paso y retención de las partículas que quedan en suspensión en el agua, por lo que mientras menos poroso sea el material se logrará una mayor efectividad al momento de purificar el agua.

Así, un filtro operado correctamente puede eliminar de un agua residual gran parte de la materia de suspensión, la turbidez, el color, ciertos olores y gran parte de su carga bacteriana (Calvo, 2005).

El medio filtrante ideal posee las siguientes características: suficientemente grueso como para que los poros grandes puedan retener grandes cantidades de floculos, suficientemente fino para evitar el paso de los sólidos en suspensión, profundidad adecuada para permitir un flujo suficiente a través del filtro y una

graduación bien hecha para permitir que el lavado del filtro sea efectivo (lavado a contracorriente) (Spellman & Drinan, 2000).

Existen 3 clasificaciones generales para los filtros de arena: filtros rápidos de arena, filtros lentos de arena, y filtros a presión de arena. Los tres se construyen siguiendo la misma configuración general, la diferencia principal entre los tres es el caudal. Los diferentes caudales y caídas de presión afectan a la eliminación de los sólidos y a la configuración física del filtro, incluyendo el tipo de depósito y los accesorios para el retrolavado del filtro (Russell, 2006).

Los más comunes en plantas de tratamiento son los de flujo descendente, a saber:

- 1.- Filtros rápidos de arena sola o antracita sola (normales o profundos).
- 2.- Filtros de lecho mixto: de arena y antracita o arena, antracita y granate o ilmenita que son los que predominan en las Américas.
- 3.- Filtros lentos biológicos convencionales

Los filtros convencionales esencialmente constan de un tanque rectangular de concreto de 3.5 a 5 m, en la cual se coloca un lecho de arena y grava sobre un sistema adecuado de drenaje. El flujo pasa de la parte superior del tanque, cuya profundidad se suele hacer de 0.50 a 2m, a los drenes del fondo atravesando el medio filtrante. Como al cabo de cierto número de horas de servicio el filtro se obstruye, se hace necesario lavarlo invirtiendo el sentido del flujo, por medio de agua que se inyecta a presión en los drenes y se recoge en las canaletas del lavado colocadas sobre la superficie de la arena. Esta operación dura de 5 a 15 minutos después de la cual el filtro vuelve a su operación normal (Valencia, 2000).

Para una mayor efectividad en el proceso de potabilización del agua se elaboró 3 etapas en la fase de filtración las cuales son:

Arena

La arena debe tener menos de 2mm de diámetro, estar compuesta por material silíceo y un peso específico no menor de 2. Debe estar limpia, es decir, sin barro ni materia orgánica. Este material filtrante retiene las partículas finas y agentes microbianos.

Las partículas que se filtran van a formar una capa porosa fina lo que facilita la adsorción. Esta capa puede estar constituida por algas, protozoarios y bacterias, haciendo el conjunto de la capa orgánica y de la arena el doble efecto de filtro biológico y filtro físico – mecánico.

Grava

La grava debe ser de 25mm y una vez colocada en el sistema de drenaje tiene un doble propósito.

- a. Servir de soporte al lecho de arena durante la operación de filtrado para evitar que esta se escape por los drenes.
- b. Distribuir el agua de lavado y eliminar factores como turbidez, olor y color.

El agua a tratar, de la que se ha eliminado la mayor parte de impurezas en suspensión mediante un tratamiento previo de desbaste y prefiltración, entra en unos grandes depósitos cuya forma puede ser cualquiera cuando no están provistos de dispositivos de limpieza y que son rectangulares cuando los poseen. Contienen arena fina calibrada formando una capa de 0.80m a 1.20m q descansa directamente sobre unas losas de hormigón poroso, o bien sobre capas superpuestas de arenas muy gruesas y gravas (Janer, 1977).

Carbón activado

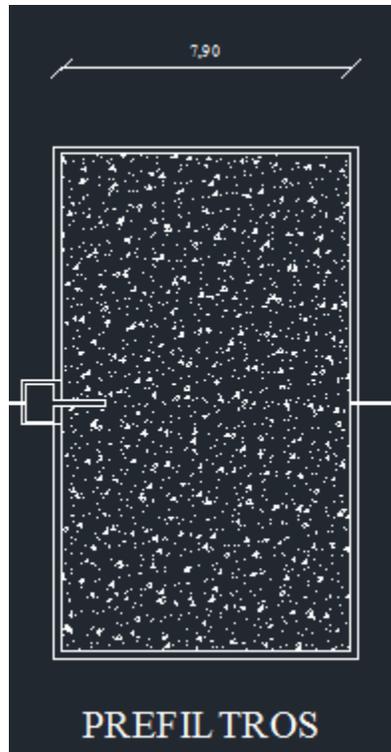
Debe ser de forma granular y en este se da un proceso de adsorción en el cual las moléculas del fluido quedan retenidas eliminando cresoles, fenoles, detergentes, olores, sabores desagradables y sustancias húmicas. Esta es una fase fundamental en el tratamiento de aguas debido a las diferentes actividades humanas que se realizan cerca del canal.

Para mantenimiento y lavado de filtros se realiza un retro lavado cerrando, el cual consiste en cerrar la válvula de salida y mandar agua a presión desde el final de la piscina hasta el comienzo.

Los carbones activos, bien granulares, bien en forma de polvo, se han empleado profusamente como adsorbentes en las plantas de tratamiento de agua para eliminar los olores y sabores que producen los contaminantes.

Los carbones activos se preparan a través de materias primas carbonosas tales como madera, lignito, carbón y cáscaras de nuez mediante procesos térmicos que implican la deshidratación y carbonización, seguidos por la aplicación de vapor caliente (Russell, 2006).

Reactivación de los carbones activos. La gran ventaja del carbón activo como adsorbente descansa en la posibilidad de reactivación (hasta 30 veces o más) sin pérdida apreciable de poder de adsorción. Usualmente la reactivación se lleva a cabo calentando el carbón agotado hasta 930 grados centígrados. Los productos adsorbidos se queman y el carbón activo se restaura básicamente hasta su capacidad inicial de adsorción (Ramalho R. S., 2003).



Realizado por Michael Herrera

- **Piscina de golpeteo y aireación**

Los procesos de aireación pueden ser empleados indistintamente en tratamiento de aguas, habida cuenta de que tanto el aire como el oxígeno puro pueden ser oxidantes moderados frente algunas sustancias fácilmente oxidables y en depuración de aguas residuales urbanas en que actúan como suministro vital para los procesos microbiológicos aerobios.

Los aireadores de tipo estático usan aire atmosférico como única fase gaseosa para eliminar los otros gases contenidos en agua (o posibilitar reacciones de oxidación) y así mismo, enriquecer en aire el fluido. La aireación de este tipo se puede conseguir mediante: cascada o chorreo descendente del caudal de agua, bien sobre bandejas, bien sobre un lecho o bien sobre una masa de contacto (Galvín, 2003).

En esta fase del proceso cuando el agua pasa por la tubería, llega a unas gradas donde se produce un golpeteo, el cual ayuda a reducir parámetros de DBO5 y DQO.

Se entiende por aireación al proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto con el aire con el fin de modificar ciertos parámetros contenidos en ella.

Entre las más importantes podemos mencionar:

- ✓ Transferir oxígeno (O) al agua
- ✓ Disminuye la concentración de dióxido de carbono (CO₂)
- ✓ Oxida hierro (Fe) y manganeso (Mn)
- ✓ Elimina compuestos orgánicos volátiles
- ✓ Elimina sustancias productoras de olores y sabores
- ✓ Reduce niveles altos de cloro

El proceso de aireación prolongada ha sido aplicado principalmente en el tratamiento de las aguas residuales cuando el volumen diario es menor de 8m³/d. Estos caudales corresponden al tratamiento de las aguas negras de pequeñas comunidades, urbanizaciones, áreas de recreo y algunos residuos industriales. Se dispone comercialmente de unidades prefabricadas de aireación prolongada. Si se diseñan y manejan adecuadamente reducen parámetros de DBO, DQO y olores, y de esa forma pueden instalarse dentro de zonas pobladas (Ramalho R. S., 2003).

AL final del tratamiento se debe colocar una pequeña piscina con carbón activado, el cual mejora la calidad del agua de tal manera que continua reduciendo parámetros de contaminación.



Realizado por Michael Herrera

- **Cloración**

La cloración de aguas es considerada el método más efectivo y económicamente factible para la desinfección de las aguas residuales. Tiene por objeto eliminar microorganismos patógenos, bacterias, parásitos y virus.

Se deben tener en cuenta ciertos factores que influyen en el proceso de cloración.

- ✓ Turbidez

Es primordial que el tratamiento anterior reduzca niveles de turbiedad, ya que una vez que el agua llega a la fase de cloración esta no debe ser mayor a 5 NTU.

Puesto que la desinfección es una parte integrante del proceso de depuración, es necesario hacer antes una filtración para reducir los niveles de gérmenes patógenos y conseguir que la desinfección sea más efectiva al reducir la turbidez y otros constituyentes que pueden interferir (Spellman & Drinan, 2000).

✓ pH

La acidez o alcalinidad del agua también afectan la desinfección con cloro, por lo que se recomienda no tener un pH mayor a 8.

Manteniendo un pH bajo también se incrementa la efectividad de la desinfección (Spellman & Drinan, 2000).

El cloro en el agua oxida el hierro, manganeso, cromo, arsénico y una amplia variedad de compuestos. En el caso de los últimos compuestos citados, a mayor valencia más tóxico. Es extremadamente efectivo oxidando estos compuestos, especialmente a un pH inferior a 7 (Russell, 2006).

✓ Mezcla inicial

El cloro debe ser mezclado de forma correcta con la masa de agua a desinfectar.

Cualquier forma de cloro que se utilice para desinfectar (cloro elemental, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio) se debe añadir al líquido que entra (precloración) para asistir a la oxidación de la materia inorgánica o con objeto de parar la acción biológica que puede producir gases en el fondo de los clarificadores (Spellman & Drinan, 2000).

✓ Tiempo de contacto

El cloro debe estar en contacto con el agua a tratar un tiempo mínimo de 30 minutos. Este tiempo depende en gran medida de la calidad inicial del agua a tratar.

La efectividad de la cloración está directamente relacionada con el tiempo de contacto y la concentración de cloro libre, A concentraciones más bajas de cloro hay que aumentar el tiempo de contacto. Cuanta más alta es la temperatura más rápida es la velocidad de desinfección. El cloro es efectivo solo si entra en contacto con los organismos que hay que matar (Robles, Rojo, & Bas, 2010).

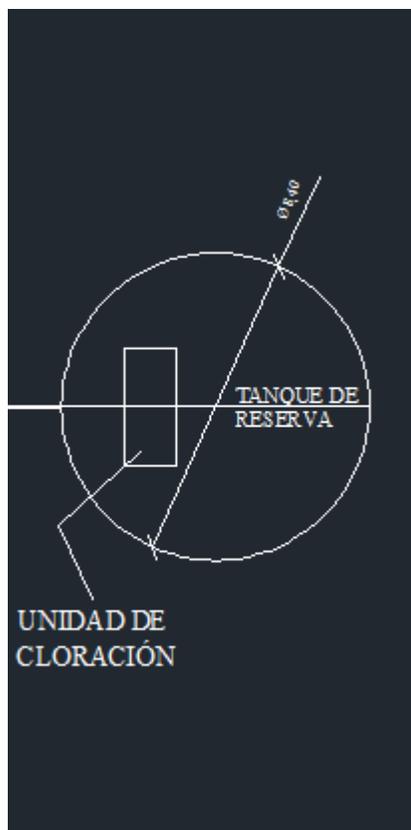
✓ Cloro residual

La cloración al breakpoint es el proceso de cloración de las aguas con la cantidad de cloro suficiente para producir dos efectos importantes: la presencia de cloro residual libre (lo que nos permite la desinfección total con toda seguridad) y la eliminación del nitrógeno de las aguas (Fonfría & Rivas, 1989).

Una vez realizado el tratamiento se debe tener en cuenta que el cloro residual no debe estar en exceso al momento de consumir el agua.

La dosificación se la realiza mediante una bomba con sistema de goteo, la cual puede ser de plástico por su larga duración y no se verá afectada por el químico.

Por lo general el mantenimiento de este tipo de bombas se lo puede realizar anualmente, para evitar taponamientos y se recomienda cambiar la bomba cada 5 años.



Realizado por Michael Herrera

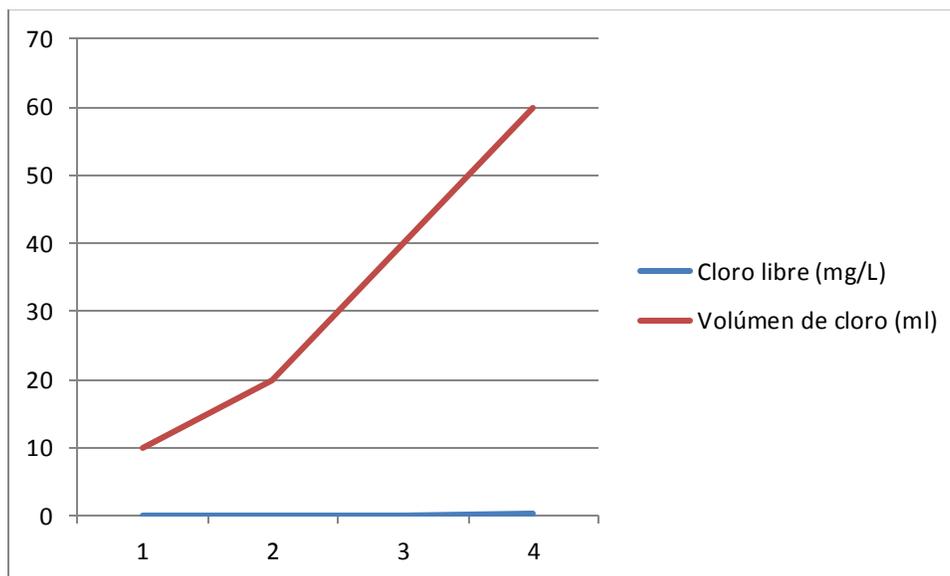
Para la dosificación del cloro se realizó la prueba del cloro residual la cual nos ayudará a determinar el porcentaje de concentración y la cantidad que se debe poner en la última fase de nuestro proceso.

Este proceso consistió en tomar 500 mL de la muestra de agua, agregar 5 mL de cloro, se homogeniza, se coloca el reactivo de cloro residual y el Hach determina el valor.

Tabla 14 Cloro residual

Cloro libre (mg/L)	Volúmen de cloro (mL)
0,15	10

0,16	20
0,17	40
0,21	60



Se determinó usar 150 mL/s a una concentración del 20% de hipoclorito de sodio para nuestro caudal de 5 L/s.

Medidas de seguridad

Para la limpieza del sistema y proceso de cloración es necesario la utilización de equipo de protección personal (EPP) el cual consta de los siguientes implementos:

- Casco
- Gafas de seguridad
- Mascarilla
- Mandil protector
- Botas de caucho

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los análisis de las muestras de agua del canal de riego Cayambe-Olmedo demostraron que la hipótesis planteada es verdadera, y que el agua no es apta para el consumo humano, por lo que es necesario la implementación del sistema de potabilización del agua.
- Los habitantes de la Comunidad de Olmedo utilizan el agua tanto para riego como para consumo, por lo que se recomienda la ejecución de la planta de potabilización de agua que se propone en este proyecto y así evitar afecciones a la salud de la Comunidad.
- Los análisis de laboratorio determinaron que el agua del sistema de riego, no es apta para el consumo humano según la norma Inen, Tulas y OMS, debido a que posee una gran cantidad de contaminantes que no cumplen con los parámetros de las normativas que rigen la calidad de agua de consumo.
- Ciertos tramos del canal de riego se encuentran sin revestimiento y al alcance de la comunidad, por lo que si no se tiene un control y se toma medidas al respecto, los niveles de contaminación de los parámetros seleccionados podrían aumentar a lo largo del tiempo. Esto se debe a que se realizan zanjas para continuar con el cauce del agua, y ésta entra en contacto con agentes del suelo, además las actividades humanas que se realizan junto al canal afectan cada vez más la calidad del agua.
- Un factor importante a considerar son las fuentes que abastecen a la Laguna de San Marcos, ya que el agua está siendo contaminada por los trabajos como el encausamiento del agua, explotación de montañas, mantenimiento

de maquinarias, colocación de baños provisionales y uso de materiales de construcción, lo que provoca que ciertos parámetros se mantengan en el agua hasta finalizar el proyecto.

- Para evitar conflictos sociales es necesaria la implementación de la planta de potabilización de agua, ya que esta reducirá los niveles de contaminación en el agua haciéndola apta para consumo e impidiendo el brote de enfermedades.
- Para reducir los niveles de sólidos sedimentables es necesario realizar el revestimiento de ciertos tramos en el canal de riego y en la fase de sedimentación los sólidos se depositarán en el fondo del tanque y la calidad del agua mejorará en lo que respecta a este parámetro.
- La utilización de filtros como arena, grava y carbón activado redujeron los niveles de contaminación de parámetros como olor, color, turbidez, retención de agentes microbianos, detergentes, cresoles, los cuales mejorarán el agua del canal para que pueda ser consumida por la Comunidad de Olmedo.
- En la piscina de golpeteo y aireación se eliminará niveles altos de DBO5 y DQO, además se le otorga oxígeno al agua para disminuir concentraciones de CO₂, oxidar compuestos de hierro y manganeso y eliminar compuestos orgánicos volátiles.
- Para finalizar la planta de potabilización de agua se ha colocado una unidad de cloración, ya que el método es efectivo y de bajo costo para la desinfección de las aguas residuales. Esta es la última fase para asegurar un agua de calidad y que sea apta para el consumo humano cumpliendo estándares que rigen las normativas vigentes.
- Uno de los factores más importantes que está afectando la calidad del agua es una mina ubicada en el sector de Puliza la cual realiza trabajos para la

distribución de materiales de construcción sin las medidas de precaución correspondientes, por lo que los contaminantes están afectando la calidad del agua no solo para el riego sino también del río, por lo que se deben tomar cartas en el asunto para controlar esta actividad.

- Existen ciertos parámetros que no son considerados en ninguna normativa como DQO y sólidos sedimentables, pero que se las ha tomado en cuenta ya que si se tiene un control de los mismos facilitará los procesos siguientes y así tendremos un agua de mejor calidad y más fácil de tratar.
- Un factor muy importante a considerar es que la planta de potabilización fue diseñada para un periodo de funcionamiento de 20 años, tomando en cuenta consideraciones como resistencia, calidad de material de construcción y población a futuro, para un uso óptimo del recurso y satisfacer las necesidades de los habitantes del sector.
- Con la implementación del sistema de potabilización se garantizará un agua de buena calidad, apta para el consumo humano y que cumpla con las normativas que rigen nuestro país para agua de consumo como son: Inen, Tulas y OMS.
- La implementación de la planta de potabilización de agua en la comunidad de Olmedo es factible, ya que una vez realizados los estudios se comprobó que existe el caudal de agua necesario, el espacio físico recomendable para ubicación exacta, y fondos económicos suficientes para construirla, debido a que los costos no son altos y está diseñada para tratar el recurso con material reusable y natural.
- Debido a las condiciones climatológicas del sector es necesario que el consumo del recurso sea medido en épocas de escases de agua, ya que la planta de potabilización necesita un caudal mínimo para su correcto funcionamiento y así abastecer del recurso a toda la población.

- Los parámetros de caracterización de agua deben medirse periódicamente para tener un control de los desechos o contaminantes que se generan durante y después de los trabajos que se llevan a cabo en la Laguna de San Marcos, para realizar las debidas modificaciones a la planta de potabilización en caso de ser necesario.

Recomendaciones

- Es importante tomar en cuenta las condiciones climáticas como lluvias y sequias del sector, ya que estas podrían alterar la disponibilidad del agua reduciendo el caudal o causando escases del recurso.
- Una vez finalizados los trabajos en la Laguna de San Marcos es necesario realizar nuevamente un análisis de los parámetros considerados para ver si es necesario o no la aplicación de nuevos tratamientos en la planta de potabilización.
- Durante el proceso de investigación se determinó que la planta de potabilización de agua es un proyecto que beneficiará a más de 7000 usuarios del canal de riego, por lo que se recomienda a las autoridades competentes o presidentes de la Comunidad de Olmedo la ejecución del proyecto para mejorar la calidad del agua y por la tanto la vida de los habitantes.
- Es necesario que las autoridades del gobierno provincial y representantes de la comunidad organicen mingas para dar un mantenimiento a la planta de potabilización para garantizar el funcionamiento respectivo y la efectividad de cada uno de los procesos.
- Implementar campañas de concientización a los habitantes de la Comunidad de Olmedo para evitar que las actividades humanas no afecten la calidad del agua.

- Finalizar por completo los trabajos de revestimiento del canal de riego, para que los contaminantes del suelo no afecten la calidad del agua.
- Las autoridades encargadas de la administración del sector deberían tomar medidas de control en la mina ubicada en el sector de Puliza, ya que esta es una de las principales causas de contaminación del agua, debido a la explotación de páramos para la distribución de materiales de construcción.

MATERIALES DE REFERENCIA (BIBLIOGRAFIA)

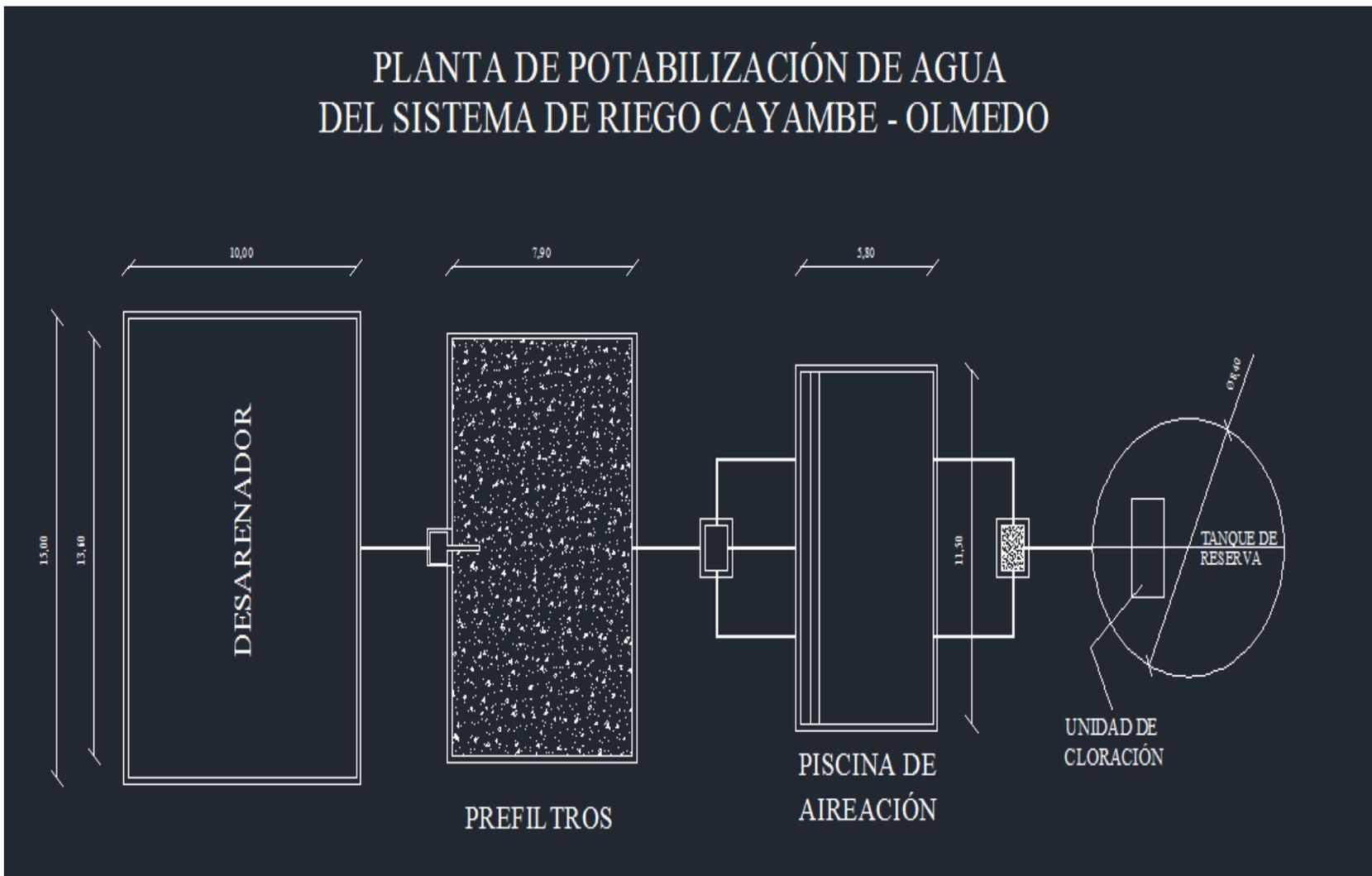
- APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Vigésima ed.).
- Brooks, D. (2004). *Agua: Manejo a nivel local*. Bogotá: Alfaomega Colombiana.
- Calvo, M. S. (2005). *Depuración de las aguas residuales por tecnológicas ecológicas y de bajo costo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Cánepa, L., Maldonado, V., Barrenechea, A., & Aurazo, M. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Coral, K. (2013). *Control de la contaminación de aguas residuales*. Quito: SEK.
- Fonfría, R. S., & Rivas, J. d. (1989). *Ingeniería Ambiental: contaminación y tratamientos*. Barcelona: Marcombo, S.A.

- Galvín, R. M. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. España: Diaz de Santos, S. A.
- Instituto Nacional De estadísticas y censos (INEC).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Janer, J. C. (1977). *Tratamiento de aguas para abastecimiento público*. Paris: Eyrolles.
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología d ellos medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera ed., Vol. 1).
- Prieto, C. (2004). *EL Agua: sus formas, efectos, abastecimiento, usos, daños, control y conservación*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona. España: Reverté S.A.
- Robles, F. O., Rojo, J. c., & Bas, M. S. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminacion de microorganismos y agentes contaminantes*. Madrid: Diaz de Santos.
- Romero, J. (2001). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. (2002). *Calidad del agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Universidad de

- Medellín.
- Spellman, F., & Drinan, J. (2000). *Manual del Agua Potable*. Zaragoza: Editorial ACRIBIA.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario. Libro VI, tablas I y II.
- Valencia, J. A. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Santa Fé de Bogotá: Acodal.
- Weber, W. (2003). *Control de la calidad del agua*. Barcelona: Reverté, S. A.

ANEXOS

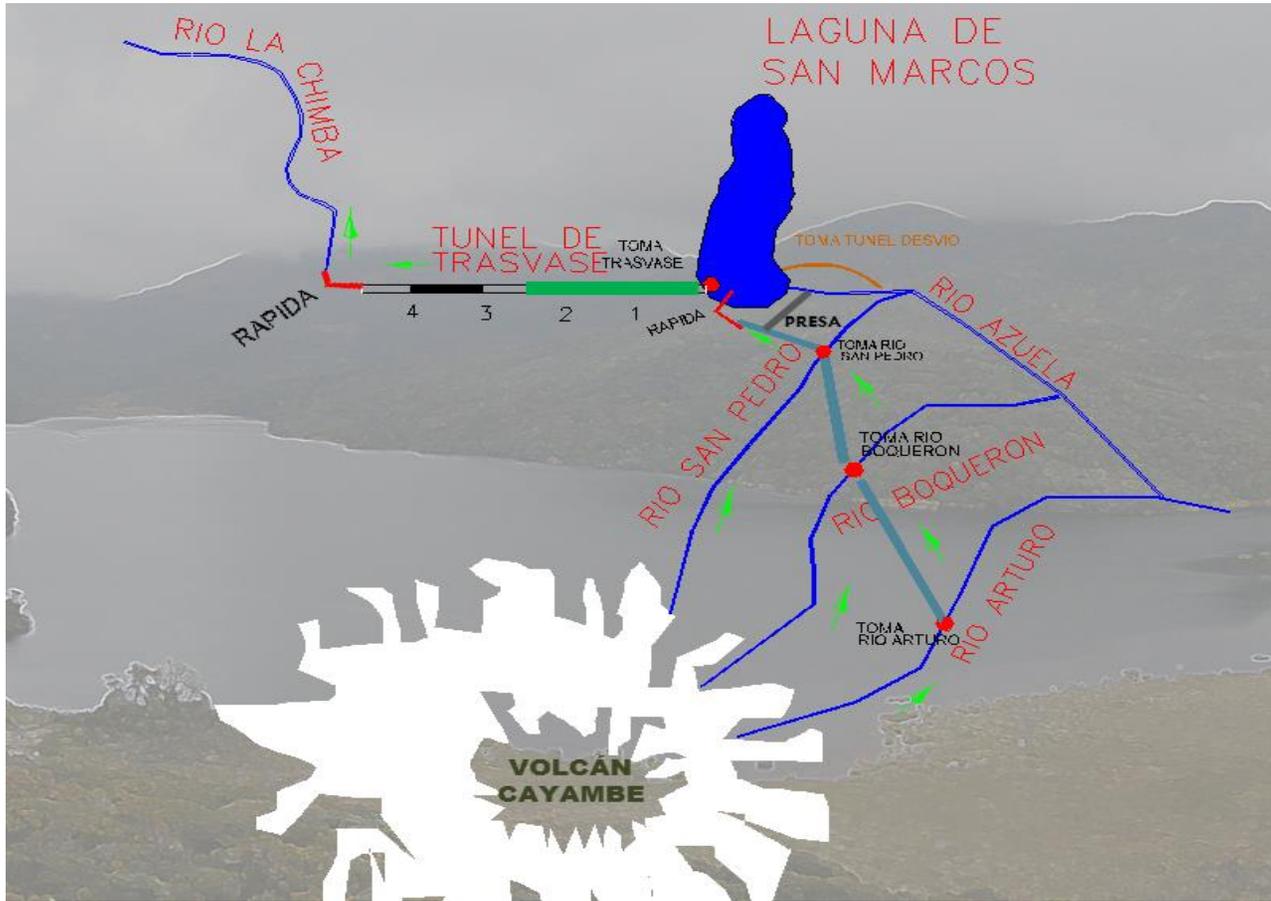
ANEXO A: Diseño planta de potabilización de agua



ANEXO B: Ubicación de la Comunidad Olmedo



ANEXO C: Ubicación y abastecimiento Laguna de San Marcos



ANEXO D: Memoria fotográfica







