



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTÓN LATACUNGA”**

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

**Autor:**

Sánchez Alvarado Edison Christian

**Tutor:**

M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero-2019**

## ÍNDICE

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                                | iv                                   |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....  | viii                                 |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....                 | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| AGRADECIMIENTO .....  | xiii                                 |
| DEDICATORIA.....  | xiv                                  |
| 1. INTRODUCCIÓN:.....                                       | 1                                    |
| 2. JUSTIFICACIÓN:.....                                      | 2                                    |
| 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO: .....                        | 3                                    |
| 4. PROBLEMÁTICA: .....                                      | 4                                    |
| 5. OBJETIVOS .....  | 5                                    |
| OBJETIVO GENERAL: .....                                     | 5                                    |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....                                | 5                                    |
| 7. EL AGUA .....  | 6                                    |
| 6.1 CALIDAD DEL AGUA .....                                  | 6                                    |
| 6.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....                            | 6                                    |
| 6.3 MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: ..... | 7                                    |
| 6.4 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA .....                        | 7                                    |
| 6.5 PARÁMETROS A ANALIZAR: .....                            | 8                                    |
| 6.5.1 FÍSICOS: .....  | 8                                    |
| 6.5.2 QUÍMICOS: .....                                       | 9                                    |
| 6.5.3 MICROBIOLÓGICOS: .....                                | 12                                   |
| 6.6 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA.....                         | 13                                   |
| 6.6.1 ICA .....   | 13                                   |
| 6.6.1.1 I. NFS (National Sanitation Foundation): .....      | 13                                   |
| 6.7 PLANTA DE TRATAMIENTO.....                              | 14                                   |
| 7 HIPÓTESIS O PREGUNTA CIENTÍFICA .....                     | 15                                   |
| 8. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS, MÉTODOS, INSTRUMENTOS): .....    | 15                                   |
| 8.1. Ubicación del área de estudio: .....                   | 15                                   |
| 8.2. Fase de campo .....                                    | 16                                   |
| 8.2.1 Área de estudio .....                                 | 16                                   |
| 8.3. Métodos .....  | 17                                   |
| 8.3.1. Método Inductivo: .....                              | 17                                   |
| 8.3.2. Método Deductivo: .....                              | 18                                   |
| 8.3.3. Método de inducción científica: .....                | 18                                   |
| 8.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN: .....                          | 18                                   |
| 8.4.1 Investigación descriptiva: .....                      | 18                                   |
| 8.4.2 Investigación explicativa: .....                      | 19                                   |
| 8.4.3 Investigación Bibliográfica: .....                    | 19                                   |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 8.4.4     | Investigación de Campo:.....  | 19 |
| 8.5       | TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN: .....  | 19 |
| 8.5.1     | OBSERVACIÓN: .....  | 19 |
| 8.5.2     | MUESTREO DE AGUA (ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS):.....  | 20 |
| 8.5.2.1   | Protocolo para la toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico .....                | 20 |
| 8.5.2.1.1 | Fase de campo: .....  | 20 |
| 8.5.2.1.2 | FASE DE LABORATORIO .....   | 22 |
| 8.5.      | INSTRUMENTOS Y MATERIALES .....   | 23 |
| 9.        | CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR .....  | 24 |
| 9.1.      | LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO .....   | 24 |
| 9.2.      | LEY ORGÁNICA DE SALUD .....   | 25 |
| 10.       | DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS. .... | 26 |
| 10.1.     | SISTEMA DE ABASTECIMIENTO .....   | 26 |
| 10.1.1    | CAPTACIÓN .....   | 26 |
| 10.1.2.   | CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA .....  | 27 |
| 10.2.     | PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....  | 28 |
| 10.4.     | SEDIMENTADORES .....  | 31 |
| 10.5.     | CAJÓN REPARTIDOR DE CUADAL.....   | 32 |
| 10.6.     | FILTRACION.....   | 33 |
| 10.7.     | DESINFECCIÓN.....   | 34 |
| 10.8.     | CONDUCCIÓN DE AGUA TRATADA .....  | 35 |
| 10.9.     | TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....   | 35 |
| 11.       | EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA.....   | 36 |
| 7.1.      | RESULTADOS EXPERIMENTALES. ....   | 37 |
| 12.       | PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PTAP COLATOA-SAN MARCOS .....   | 44 |
| 12.1.     | INTRODUCCIÓN.....   | 44 |
| 12.2.     | OBJETIVO DE LA PROPUESTA .....  | 45 |
| 12.3.     | JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA .....   | 45 |
| 12.4.     | DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....   | 45 |
| 12.4.1.   | Tratamientos para el rediseño de la PTAP “Colatoa-San Marcos” .....   | 46 |
| 12.4.1.1. | Aireador de bandejas múltiples. ....  | 46 |
| 13.       | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....  | 58 |
| 13.1.     | Conclusiones: .....   | 58 |
| 13.2.     | Recomendaciones:.....   | 59 |
| 14.       | BIBLIOGRAFÍA: .....   | 60 |
| 15.       | ANEXOS:.....  | 63 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Beneficiarios del proyecto.....  | 3  |
| Tabla 2 Parámetros para ICA – Dinius .....   | 13 |
| Tabla 3 Parámetros para ICA – Dinius .....   | 14 |
| Tabla 4 Coordenadas del área de estudio .....  | 17 |
| Tabla 5 Parámetros a analizarse en el análisis físico-químico.....                         | 23 |
| Tabla 6 Instrumentos y materiales a utilizar en el proyecto de investigación. ....         | 23 |
| Tabla 7 Componentes de la PTAP “Colatoa-San Marcos.....                                    | 30 |
| Tabla 8 Unidades de sedimentación existentes .....   | 31 |
| Tabla 9 Unidades repartidoras de caudal (Q).....   | 32 |
| Tabla 10 Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 1 (ENTRADA)..... | 37 |
| Tabla 11 Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 2 (SALIDA) ..... | 38 |
| Tabla 12 Grado de eficiencia en parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos .....          | 39 |
| Tabla 13 Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 3 (ENTRADA)..... | 40 |
| Tabla 14 Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 4 (SALIDA) ..... | 41 |
| Tabla 15 Grado de eficiencia en parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.....           | 43 |

## ÍNDICE DE IMÁGENES

|   |    |
|---|----|
| Imagen( 1).- Ubicación del área de estudio .....                  | 16 |
| Imagen( 2) Imagen de la zona de estudio y punto de muestreo ..... | 17 |
| Imagen (3).- Captación tipo rejilla lateral .....                 | 27 |
| Imagen (4).- Captación tipo Rejilla Lateral .....                 | 27 |
| Imagen 5 Tanque repartidor .....                                  | 31 |
| Imagen 6 Sedimentadores .....                                     | 31 |
| Imagen 7 Cajón repartidor.....                                    | 32 |
| Imagen 8 Filtros lentos Biológicos.....                           | 33 |
| Imagen 9 Filtros lentos Biológicos.....                           | 34 |
| Imagen 10 Aireador múltiple de bandeja .....                      | 47 |

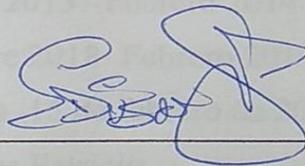
## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Fig (1). Diagrama PTAP “Colatoa-San Marcos”</i> .....              | 29 |
| <i>Fig. (2).- Tanque repartidor</i> .....                             | 31 |
| <i>Fig. (3).- Sedimentadores</i> .....                                | 32 |
| <i>Fig. (4).- Cajón Repartido</i> .....                               | 33 |
| <i>Fig. (5).- Filtros lentos biológicos</i> .....                     | 34 |
| <i>Fig. (6).- Filtros lentos biológicos</i> .....                     | 35 |
| <i>Fig. (7).- Tubería de conducción</i> .....                         | 35 |
| <i>Fig. (8).- Tanque de almacenamiento</i> .....                      | 36 |
| <i>Fig (9). Diagrama Rediseño de la PTAP “Colatoa-San Marco</i> ..... | 59 |

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo, Sánchez Alvarado Edison Christian, declaro ser el autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTON LATACUNGA”**, siendo el M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Sánchez Alvarado Edison Christian

180444912-0

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte, Sánchez Alvarado Edison Christian, identificado con C.C. N° 180444912-0, de estado civil soltero y con domicilio en San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Septiembre 2013 –Febrero 2014

Fecha de finalización: Octubre 2018- Febrero 2019

Aprobación HCA.- Latacunga, 15 de febrero de 2019

Tutor.- M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

**Tema: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTÓN LATACUNGA”**

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

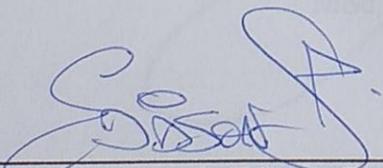
FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

Investigativo cumple con los requisitos académicos y técnicos establecidos para ser sometidos a la evaluación

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de agosto del 2018.

  
Sánchez Alvarado Edison Christian  
180444912-0  
**EL CEDENTE**

  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTÓN LATACUNGA”** de Sánchez Alvarado Edison Christian, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 22 de febrero de 2019

El Tutor,



MSc. Clavijo Cevallos Patricio

0501444582

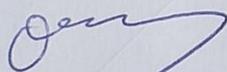
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Sánchez Alvarado Edison Christian con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTÓN LATACUNGA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2019

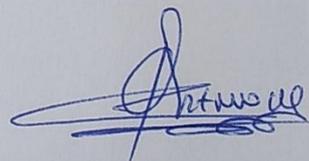
Para constancia firman:



**Lector 1**

**Nombre:** Ing. Cristian Lozano

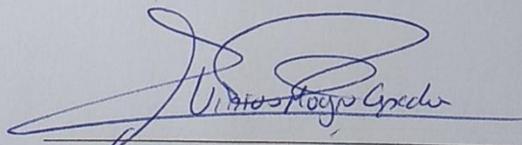
**CC:** 060360931-4



**Lector 2**

**Nombre:** Dr. Polivio Moreno

**CC:** 050104764-1



**Lector 3**

**Nombre:** Ing. Vinicio Mogro

**CC:** 050165751-4

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente agradezco a Dios y a la Virgen por haberme permitido culminar unas de mis principales metas, a mis padres y a mi hermana que me han sabido guiar a lo largo de mi existencia y con valores forjados de una persona de bien, por ese apoyo y fortaleza que me han sabido brindar en aquellos momentos de dificultad y de debilidad, a mis docentes, familia y amigos que de una u otra forma me han sabido apoyar en esta etapa universitaria.*

**EDISON.**

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto investigativo se lo quiero dedicar principalmente a Dios por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mis padres Jeovanny y Mariela, por ser las personas más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar las circunstancias, por enseñarme siempre buenos valores que me permitan ser una persona diferente. A mi hermana Valeria que es mi ejemplo de superación, constancia y pilar fundamental para poder culminar una etapa muy importante de mi vida.*

**EDISON.**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TITULO: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTÓN LATACUNGA”**

**Autor:** Sánchez Alvarado Edison Christian

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en la planta de tratamiento de agua potable regional Colatoa-San Marcos ubicada en la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, con el objetivo de determinar el nivel de eficiencia de los procesos de potabilización del agua mediante análisis físico-químicos y microbiológicos. Para la evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento se tomó como punto de partida la toma de muestras en dos etapas (temporada verano e invierno), donde se recogió dos muestras por cada etapa (entrada y salida) los cuales se sometieron a análisis de laboratorio físico-químicos y microbiológico. El documento recopila la información de los aspectos analizados durante el desarrollo del trabajo sobre el funcionamiento y operación de la planta con el fin de establecer la eficiencia de los procesos de potabilización a partir de los parámetros establecidos para la evaluación de cada una de las etapas: Sedimentación, Filtración y Desinfección; fueron comparados con la Legislación Ecuatoriana Vigente – NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano). Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los análisis de laboratorio determinaron que las condiciones del agua tratada son medianamente buenas, se toma esta conclusión por existir excesos en los parámetros de turbidez, pH y hierro según la normativa ecuatoriana vigente. En base a estos resultados se planteó un rediseño de la PTAP donde se implementara un sistema de aireación por bandejas múltiples, un aumento del tiempo de retención en el proceso de sedimentación, una réplica de un tanque de filtración y la implementación de dosificadores con sensores para el control de ingreso de los químicos utilizados (sulfato de aluminio e hipoclorito).

**PALABRAS CLAVE:** PTAP, rediseño, dosificadores, microbiológico, replica, normativa, desinfección, sulfato de aluminio, grado de eficiencia.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI  
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TOPIC: “EVALUATION OF THE EFFICIENCY IN THE OPERATION OF THE  
TREATMENT PLANT OF THE REGIONAL DRINKING WATER SYSTEM  
COLATOA-SAN MARCOS OF THE ALAQUEZ PARISH, LATACUNGA CANTON”**

**AUTHOR: Sánchez Alvarado Edison Christian**

**ABSTRACT**

The present investigation was carried out in the Colatoa-San Marcos regional drinking water treatment plant located in the Aláquez parish, Latacunga canton, Cotopaxi province, with the objective of determining the level of efficiency of water purification processes through physical-chemical and microbiological analyzes.

For the evaluation of the efficiency of the treatment plant was taking as a starting point the sampling in two stages (summer and winter season), where two samples will be collected for each stage (entry and exit), which were subjected to physical-chemical and microbiological laboratory analyzes. The document collects the information of the aspects analyzed during the development of the work on the operation of the plant in order to establish the efficiency of purification processes based on the parameters established for the evaluation of each of the stages: Sedimentation, Filtration and Disinfection; were compared with the Ecuadorian Legislation in Force - NTE INEN 1108: 2014 Fifth revision (Maximum permissible limits for water for human consumption. The results obtained through the application of laboratory analysis determined that the conditions of the treated water are moderately good. This conclusion is taken because there are excesses in the parameters of turbidity, pH and iron in accordance with current Ecuadorian regulations. Based on these results, a redesign of the PTAP was proposed, where an aeration system with multiple trays was implemented, an increase of the retention time in the sedimentation process, a replica of a filtration tank and the implementation of dispensers with sensors for the entry control of the chemicals used (aluminum sulfate and hypochlorite).

**KEYWORDS:** PTAP, redesign, dispensers, microbiological, replica, regulation, disinfection, aluminum sulfate, degree of efficiency.

## **1. INTRODUCCIÓN:**

El concepto “agua tratada” abarca tres dimensiones de la seguridad del agua: calidad, proximidad y cantidad, es por eso que el compromiso de suministrar un adecuado servicio de agua a la comunidad es prioritario, pues las enfermedades provocadas por el consumo de agua contaminada incrementan los casos de consulta externa y hospitalización a nivel mundial.

La investigación adelantada permite establecer si el sistema de abastecimiento de agua (a partir de la fuente hasta el sitio de consumo), consigue proveer agua de calidad que cumpla con los objetivos en salud de acuerdo a la evaluación del peligro, caracterización del riesgo y determinación de las medidas de control que se emplean para los sistemas de distribución de agua para el consumo humano, teniendo en cuenta que el solo hecho de que un sistema de abastecimiento de agua se encuentre bien concebido sus elementos estén claramente definidos, no es garantía de la efectividad de su funcionamiento.

Con el desarrollo social y económico que se viene presentando es importante contar con un conjunto de estructuras que permitan el abastecimiento de agua potable a los ciudadanos, razón por la que se implementan en los planes de estrategia municipales programas y proyectos para el sector de agua potable.

Las PTAP son construcciones conformadas por unidades en las que se transforma el agua en su estado natural, se localizan entre el punto de captación del agua cruda y los tanques de almacenamiento. Su principal objetivo es remover las sustancias que alteran la calidad del agua y así poder emplearla para consumo humano. Dentro de las sustancias indeseables están: Materiales orgánicos, Contaminantes biológicos, Material mineral

Este documento comprende una breve descripción de la normativa aplicable a la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano, la descripción estructural de la PTAP, el análisis de muestras tomadas para establecer la calidad del agua en relación al cumplimiento de la normativa, detallando los parámetros que con mayor frecuencia se incumplen y así generar las recomendaciones adecuados para que de ser necesario se adopten medidas de fortalecimiento y encaminadas al cumplimiento de la normatividad.

## **2. JUSTIFICACIÓN:**

El proyecto de investigación se llevará a cabo por los problemas de contaminación causados por la presencia de sedimentos que son arrastrados hasta la planta de tratamiento los cuales producen un nivel de contaminación que afectan directamente a los usuarios beneficiados por este sistema de tratamiento de agua potable.

Al no existir un estudio antecesor del sistema de agua potable regional Colatoa- San marcos, se pretende aportar con datos actualizados los cuales beneficiaran para que la presente investigación aporte al mejoramiento del funcionamiento del proceso de potabilización desarrollada en la planta de tratamiento.

En el desarrollo de la investigación se identificará los beneficiarios de forma directa e indirecta del sistema de agua potable regional Colatoa-San Marcos, siendo de vital importancia establecer bien los parámetros para cada uno de los procesos a realizarse en dicha planta.

Siendo así que la presente investigación tiene una gran importancia para generar un conocimiento de las condiciones que se encuentra el agua receptada hacia el sistema de agua potable regional Colatoa-San Marcos, para promover la conservación en calidad y cantidad del agua y su aprovechamiento en cuanto a la utilización en diversas actividades humanas tales como “agua para consumo humano”

Por tal razón es importante promover el estudio y la evaluación técnica a las plantas de tratamiento en funcionamiento para determinar el nivel de eficiencia que estas tienen en base a un diagnostico general de todas las unidades en desempeño, el análisis de agua mediante laboratorios certificados los cuales definirán el grado de efectividad que tiene la planta, de esta manera implementar una propuesta de rediseño para el mejoramiento del nivel de eficiencia en el funcionamiento de las mismas, para asegurar la calidad de agua más óptima para las personas beneficiarias.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:

*Tabla 1 Beneficiarios del proyecto*

| BENEFICIARIOS | PARROQUIAS        | SEXO |      | TOTAL |
|---------------|-------------------|------|------|-------|
|               |                   | M    | F    |       |
| DIRECTOS      | ALAQUEZ           | 1380 | 1180 | 2560  |
|               | JUAN MONTALVO     | 1966 | 1474 | 3440  |
| INDIRECTOS    | INSTITUCIONES     |      |      |       |
|               | SENAGUA-LATACUNGA |      |      |       |
|               | UTC               |      |      |       |
| <b>TOTAL</b>  |                   | 3346 | 2654 | 6000  |

*Fuente: (INEC Censo de Población y Vivienda 2010)*

*Elaborado por: Edison Sánchez*

#### **4. PROBLEMÁTICA:**

Uno de los problemas de hoy en día es la creciente necesidad de lograr un equilibrio hidrológico que asegure la calidad y cantidad suficiente de agua a la población, se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

A nivel mundial más de 300 millones de habitantes entre ciudades y países Latinoamericanos producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, el porcentaje de eficiencia de las plantas de tratamiento para agua potable no tiene una tecnificación que asegure el 100% de pureza del recurso hídrico destinado hacia las poblaciones, como un ejemplo claro de la desigualdad de sistemas de tratamiento para aguas dulces se puede citar el país de Uruguay donde más del 96 % de la población cuenta con acceso a instalaciones de tratamiento mejoradas, frente a menos de la mitad de la población en Bolivia con un 46% y casi con la cuarta parte 24 % en Haití.

Aproximadamente 37 millones de personas carecen de acceso a agua potable, y casi 110 millones no tienen acceso a saneamiento. Los países con el menor acceso al agua potable de América Latina son: Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, Perú y Bolivia.

En el Ecuador, la principal problemática que se ha detectado para el bajo nivel de calidad de agua potable es que se han centrado en la provisión de agua para las diferentes actividades, concentradas en la cantidad de agua que se puede suministrar a una determinada población o para una determinada actividad. Sin embargo, Ecuador tiene una deuda muy alta en cuanto a los esfuerzos que se realizan para mejorar la calidad del agua, especialmente, del agua que se vierte producto de actividades industriales, domésticas y agropecuarias.

La ciudad de Latacunga es un claro ejemplo del enfoque que se realiza hacia el abastecimiento del agua potable el cual lo remite un documento de la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), donde se indica que los latacungueños tienen una cobertura del 99% de agua potable las 24 horas del día, y del 97% del servicio de alcantarillado. No obstante se puede resaltar el mal funcionamiento y mantenimiento de las plantas de tratamiento, el cual provoca un nivel de deficiencia en el tratado de las aguas

## **5. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- ✓ Evaluar la eficiencia en el funcionamiento de la planta de tratamiento del sistema de agua potable regional “Colatoa-San Marcos” de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga durante el periodo 2018.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Diagnosticar la situación actual de la planta de tratamiento del sistema de agua potable “Colatoa-San Marcos”
- ✓ Verificar mediante análisis de laboratorio el estado del agua en entradas y salidas comparando con la normativa de agua potable vigente en el Ecuador
- ✓ Elaborar la propuesta de repotenciación de la planta de tratamiento ubicada en la parroquia Aláquez, Cantón Latacunga.

## **6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA**

### **7. EL AGUA**

Consideramos que el agua es una sustancia que la podemos encontrar a varias temperaturas siendo así en la naturaleza la podemos encontrar en tres estados diferentes como: líquido sólido y gaseoso. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. **Brenes, R., Rojas, LF. (2015).**

#### **6.1 CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. El criterio de calidad del agua depende directamente de la utilización que se le vaya a dar a dicha agua. Muchas de las características físico-químicas y bacteriológicas requeridas para determinado uso son características adoptadas para propósitos generales. Así, por ejemplo, es condición generalmente aceptada que un suministro de agua público, para uso doméstico e industrial, debe ser claro, libre de minerales que produzcan efectos biológicos o fisiológicos indeseables y carente de organismos patógenos. **(Romero, 2002)**

#### **6.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.**

El agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición natural por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para el uso previo.

La calidad del agua está directamente relacionada con sus usos. La presencia de ciertos elementos, en suspensión o disolución, puede ser perjudicial para la salud humana en la medida en que sobrepase ciertos límites.

Uno de los problemas ambientales serios en el Ecuador es precisamente la utilización de causes, estuarios y lagos como receptores de las descargas de alcantarillado municipal, efluentes domésticos e industriales y desperdicios agrícolas sin tratamiento previo alguno. Por otra parte, existen casos de contaminación accidental por derrame de petróleo crudo o su derivado, frecuentes en la región amazónica y costera del país.

La calidad del agua en el Ecuador ha venido paulatinamente deteriorándose, especialmente en los últimos veinte años **(Da Ros, 1995)**.

En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos han tenido una fuerte presión humana, debido a las actividades agrícolas, deforestación, fragmentación del hábitat, cambios del sustrato por la remoción y extracción de materiales, ingreso de aguas servidas, actividad petrolera, etc., todo esto afectando la calidad del agua **(Domínguez y Fernández, 2009)**.

### **6.3 MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS:**

Proceso que permite obtener la medición de la calidad de los cuerpos naturales del agua con el objetivo de realizar el seguimiento y control de la exposición de los contaminantes y su afectación a los diferentes usos de agua y a los ecosistemas acuáticos **(ANA, 2016)**.

### **6.4 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.**

El término calidad, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario, es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. De modo que, y a título de ejemplo, las aguas fecales en ningún caso se podrían considerar de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo, por su alto contenido en materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente se asociarían con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed, por su bajo contenido en sales y por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental **(Alba-Tercedor, 1996)**. No obstante, algunos autores definen la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, es decir, como medio de sustento

para el ser humano y los animales, para el riego de la tierra y la recreación entre otras cosas (Correa, 2000).

## 6.5 PARÁMETROS A ANALIZAR:

### 6.5.1 FÍSICOS:

- ✓ **Color verdadero.** – Para la obtención de este parámetro del color verdadero, se debe considerar que la muestra varía de acuerdo a las sustancias que se encuentran en el cuerpo hídrico de forma disuelta, siendo así que se lo puede medir en la muestra filtrada o centrifugada. (Giraldo, 1995)
  
- ✓ **Conductividad eléctrica.** – Debemos considerar que la conductividad eléctrica es la cantidad de electricidad que un agua puede conducir. Por lo tanto, está expresada en magnitudes químicas. (Lenntech, 2007).
  
- ✓ **pH.** -Según Prieto (2004) el pH no mide el valor de la acidez o alcalinidad, sino que la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad. Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino puede indicar contaminación industrial (ABS, 1994).
  
- ✓ **Sólidos en suspensión:** Los sólidos en suspensión, es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro. Pueden causar depósitos en conducciones, calderas, equipos y las bacterias tienen un soporte donde puedan quedar adheridas y hacer su función en las aguas residuales. (Lenntech, 2007).
  
- ✓ **Temperatura.** -La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros

indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (**IDEAM, 2001**).

- ✓ **Turbidez.** -Según Crites y Tchobanoglous (2000) la turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales, tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

### 6.5.2 QUÍMICOS:

- ✓ **Alcalinidad Total.** – A la alcalinidad total la consideramos como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y/o aceptar protones y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en el muestreo del cuerpo hídrico. Por otra parte, la alcalinidad de aguas superficiales está determinada por la presencia y contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

Considerando que la alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, siendo esta de mucha utilizada para que se pueda realizar la fotosíntesis. Sin embargo, la alcalinidad ha jugado un papel muy importante para el estudio de lagos, donde los niveles de alcalinidad altos indicarán una productividad alta y viceversa. (**Giraldo, 1995**)

- ✓ **Cloruros.** – El ión cloruro se lo considera como uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, y residuales tratadas, su presencia es necesaria en el agua para que se pueda dar un sistema potabilización. El sabor salado de la agua destinada para consumo humano en su composición es variable con respecto a la concentración del ión cloruro. Hay que considerar que en altas concentraciones puede ser causante del daño de estructuras metálicas y en su utilidad para riego, el deterioro de la calidad del suelo. (**ASTM, 1989**)

- ✓ **DBO.** -La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno, que usan los microorganismos para descomponer la materia orgánica que contiene el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho, elevando la DBO. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. Generalmente, cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del OD en el agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla, por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto (**SIT, 2006**). La DBO, en su medida individual puede indicar la calidad de agua en un cuerpo de agua.
  
- ✓ **DQO.** - Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. (**León., C. 2009**).
  
- ✓ **Dureza.** – La dureza total se la considera como la suma de calcio y el magnesio y por lo general constituye un aspecto muy importante a considerar para la determinación de la calidad del agua. (**Valenzuela, 2004**).
  
- ✓ **Fósforo (P):** El fósforo es un macro-elemento esencial para el crecimiento de las plantas. El fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. (**Lenntech, 2007**).
  
- ✓ **Nitrógeno (N):** En la calidad del **agua**, **Nitrógeno**, en sus formas de nitrato o amonio, es un químico "nutriente" necesario para el crecimiento de las plantas. Aunque el **nitrógeno** en su forma natural es abundante en el ambiente, también puede ser introducido a través del drenaje y los fertilizantes. (**Lenntech, 2007**).
  
- ✓ **Nitrato (NO<sub>3</sub>):** El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO<sub>2</sub>). Es la forma termodinámica estable del nitrógeno

combinado en los sistemas acuáticos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Niveles de nitrato de entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 puede ser tóxico. **Shuval, I. H. et al., (1977).**

- ✓ **Nitrito (NO<sub>2</sub>):** Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos. La presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal reciente. En aguas superficiales, bien oxigenadas, el nivel del nitrito no suele superar 0,1 mg/l. Niveles de nitrito superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos. **Shuval, I. H. et al., (1977).**
  
- ✓ **Oxígeno disuelto.** -El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6ppm para soportar una diversidad de vida acuática (**Lenntech, 2007**).

Por otro lado, numerosos estudios científicos sugieren que 4-5ppm de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportará una gran y diversa población acuática. (**Stevens Institute of Technology, 2006**).

Por tal razón tenemos la siguiente clasificación por la concentración de oxígeno en el agua:

- **Aguas Hipoanóxicas:** Aguas con una concentración de oxígeno disuelto menor que 2mg/L, el nivel generalmente aceptado como mínimo requerido para la vida y la reproducción de organismos acuáticos.

- **Aguas Aceptables:** Se considera al agua que contiene mayor a 5mg/l, lo cual permite la presencia de vida acuática, como presencia de peces, etc. (Arocena, R. & D. Conde, 1999).
- ✓ **Potasio (K):** El potasio es un elemento esencial para el ser humano y está presente en todos tejidos animales y vegetales. En el agua de consumo humano las concentraciones habituales de potasio son generalmente bajas. El *potasio* puede ablandar el *agua* potable. (Lenntech, 2007).
- ✓ **Sales disueltas.** -Es una medida de la concentración total de sales inorgánicas en el agua e indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso del agua. (Albert Lenninger, 1998).

### 6.5.3 MICROBIOLÓGICOS:

- ✓ **Coliformes totales:** Constituye el grupo de las coliformes que contiene las bacterias Gram negativas en la forma bacilar que es la encargada de fermentar la lactosa a una temperatura de 35° - 37°C, siendo así que puede producir ácido y dióxido de carbono, en un periodo de tiempo de 24 horas, siendo estas bacterias aerobias o anaerobias, las cuales son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B-galactosidasa, (Ministerio de Salud, 1998), entre las que se encuentran en este grupo esta *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *enterobacter* y *Klebsiella*. (Organización Panamericana de la Salud, 1987)
- ✓ **Coliformes Fecales:** Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45 °C. Estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son *E. coli*. (Carrillo y Lozano, 2008).

## 6.6 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA

### 6.6.1 ICA

El ICA es considerado un índice ambiental, que generalmente se lo puede utilizar como un marco de referencia único para comunicar información sobre las condiciones de la calidad del ambiente afectado y sirve para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación. (Canter, 1996)

Los constituyentes empleados por el ICA son determinados considerando para que se vaya a realizar la investigación y la utilización del agua. (Canter, 1996)

Los parámetros que se analizarán son:

Tabla 2 Parámetros para ICA – Dinius

| FÍSICOS                   | QUÍMICOS            | MICROBIOLÓGICOS      |
|---------------------------|---------------------|----------------------|
| ✓ Color                   | ✓ Alcalinidad total | ✓ Coliformes fecales |
| ✓ Conductividad eléctrica | ✓ Cloruros          | ✓ Coliformes totales |
| ✓ pH                      | ✓ DBO5              |                      |
| ✓ Temperatura             | ✓ Dureza            |                      |
|                           | ✓ Oxígeno disuelto  |                      |

*Fuente: Ruiz, 2007*  
*Elaborado por: Edison Sánchez*

#### 6.6.1.1 I. NFS (National Sanitation Foundation):

El índice de calidad del agua NSF (Fundación Nacional de Saneamiento), nos propone para su interpretación y aplicación en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua que se consideren ocho variables físico químicas y un elemento biótico: coliformes fecales.

Considerando que los resultados obtenidos pueden ser utilizados para determinar si un tramo de un cuerpo de agua es saludable o no, siendo así conocer las condiciones que se encuentra el agua. (SNET, 2012).

Tabla 3 Parámetros para ICA – Dinius

| FÍSICOS       | QUÍMICOS           | MICROBIOLÓGICOS      |
|---------------|--------------------|----------------------|
| ✓ pH          | ✓ Fosfatos totales | ✓ Coliformes fecales |
| ✓ Temperatura | ✓ Nitratos         |                      |
| ✓ Turbiedad   | ✓ Oxígeno disuelto |                      |
|               | ✓ Solidos totales  |                      |

Elaborado por: Edison Sánchez

## 6.7 PLANTA DE TRATAMIENTO

Una planta o estación de **tratamiento de agua potable (ETAP)** es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. (Carrillo y Lozano, 2008).

Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios:

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).

Si no se cuenta con un volumen de almacenamiento de agua potabilizada, la capacidad de la planta debe ser mayor que la demanda máxima diaria en el periodo de diseño. **(Carrillo y Lozano, 2008)**.

Además, una planta de tratamiento debe operar continuamente, aún con alguno de sus componentes en mantenimiento; por eso es necesario como mínimo dos unidades para cada proceso de la planta. **(SNET, 2012)**

## **7 HIPÓTESIS O PREGUNTA CIENTÍFICA.**

### **PREGUNTA CIENTÍFICA**

- ✓ El mal funcionamiento de los procesos de tratamiento primarios y secundarios de agua potable determina una disminución en la eficiencia de la planta de tratamiento del sistema de agua potable regional Colatoa-San Marcos?

## **8. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS, MÉTODOS, INSTRUMENTOS):**

### **8.1. Ubicación del área de estudio:**

La planta de tratamiento de agua potable “Colatoa-San Marcos” se encuentra a una altura de 3342 msnm en las coordenadas (9907765N; 775492E), ubicada en el sector de Patococha vía al paramo Pansache perteneciente a la parroquia Aláquez del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

La PTAP cuenta con una superficie aproximada de 2680 m<sup>2</sup> perteneciente al rango de la zona de estudio, está entre los 9<sup>0</sup>C y 12<sup>0</sup>C de temperatura, y los extremos absolutos entre los 0<sup>0</sup>C y 20<sup>0</sup>C, teniendo como precipitaciones anuales de 1.000 a 2.000 mm.

### *Imagen ( 1).- Ubicación del área de estudio*



## **8.2. Fase de campo**

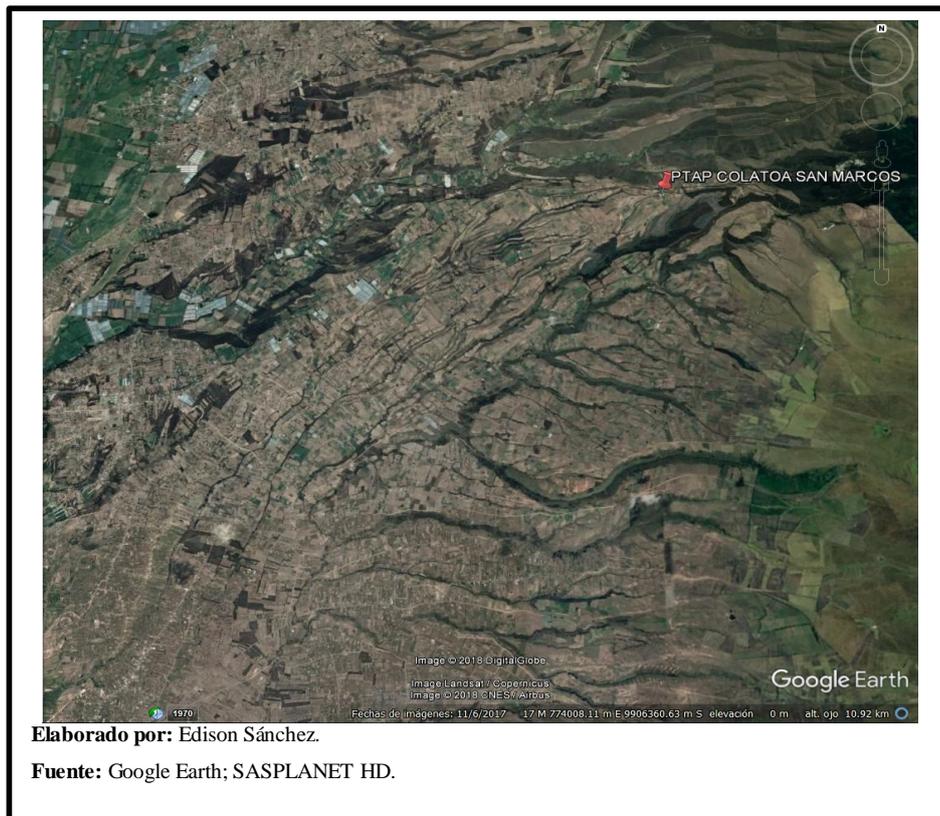
### **8.2.1 Área de estudio**

Para poder establecer los puntos de muestreo se realizó la Georeferenciación de la planta de tratamiento, posteriormente se ubicó los puntos estratégicos para la toma de muestras. Los cuales permitieron realizar la presente investigación.

Por lo tanto en la PTAP se procedió a la toma de muestras en la primera etapa (época de verano) al final del mes de noviembre, en los puntos estratégicos (entrada y salida).

Hay que considerar que en la fecha establecida se procedió a realizar la toma de muestras de la PTAP para su posterior análisis físico-químico y microbiológico en un laboratorio certificado.

Imagen( 2) Imagen de la zona de estudio y punto de muestreo



Elaborado por: Edison Sánchez.

Fuente: Google Earth; SASPLANET HD.

Tabla 4 Coordenadas del área de estudio

| COORDENADAS |         |        |      |
|-------------|---------|--------|------|
| PUNTO       | X       | Y      | MSNM |
| 1           | 9907765 | 775492 | 3342 |

### 8.3. Métodos

#### 8.3.1. Método Inductivo:

Se planifico la observación tratando de extraer conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares tomados en el muestreo, en el área de estudio. (Planta de tratamiento de agua potable regional Colatoa-San Marcos).

### **8.3.2. Método Deductivo:**

Con este método se dio paso al análisis de los datos obtenidos de los resultados de los análisis adquiridos de las muestras de agua tomados en el trabajo de campo, para llegar a una deducción a partir de un razonamiento de forma lógica o suposiciones y proponer conclusiones.

### **8.3.3. Método de inducción científica:**

Se realizó el estudio de la Planta de tratamiento de agua potable Regional Colatoa-San Marcos, mediante esta inducción científica la cual facilitó el apoyo en métodos empíricos como la observación de materiales contaminantes arrastrados durante la trayectoria hacia el área de estudio.

## **8.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN:**

Servicios de asesoría metodológica. (2011). Explica los tipos de investigación a utilizar:

### **8.4.1 Investigación descriptiva:**

Se interpretó correctamente las muestras de agua a obtener en los meses determinados para la evaluación de la planta de tratamiento, incluyendo los siguientes tipos de estudios: investigativos y análisis de laboratorio. Se clasifico los indicadores cuantitativos y cualitativos obtenidos a través de recolección de muestras. La organización de la información se realizó en tablas de distribución.

Es decir, comprendió la descripción, registro, análisis e interpretación de la calidad del agua actual, los aspectos relevantes, característicos, específicos y distintivos de cada una de problemas que se encontraran mediante el proceso de análisis de laboratorio.

#### **8.4.2 Investigación explicativa:**

Mediante este tipo de investigación, se centró en la comprobación a partir de los análisis de laboratorio aplicados e identificados según las fechas de muestreo establecidas, se identificó el objetivo el cual era conocer la calidad de agua de la planta de tratamiento de agua potable. Este proyecto de investigación está basado en una investigación explicativa ya que se examinará un tema de investigación que ha sido poco estudiado y carece de ideas relacionadas con el tema.

Metodología de la Investigación Científica (2013): explica la investigación bibliográfica:

#### **8.4.3 Investigación Bibliográfica:**

Este tipo de investigación permitió obtener información necesaria sobre la calidad del agua, puesto que ésta proporcionó el conocimiento para el desarrollo del proyecto, al desarrollar hipótesis y comparación de resultados obtenidos. Se indagó información acerca de la calidad de agua recurriendo a diversos medios como revisión de libros, citas bibliográficas, internet, etc.

#### **8.4.4 Investigación de Campo:**

Se realizó directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio en el cual se realizó la toma de muestras de agua.

De acuerdo a los objetivos de la investigación, se ejecutó la determinación de puntos de muestreo en el área de trabajo, utilizando programas como GPS y ArcGis lo cual permitió la identificación del área de estudio específico.

### **8.5 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN:**

Conceptos básicos de metodología de la investigación. (2010): explica las siguientes técnicas de investigación:

#### **8.5.1 OBSERVACIÓN:**

Se observó directamente el área de estudio (Planta de tratamiento de agua potable regional Colatoa-San Marcos), se procedió a la recolección de información y se obtuvo el mayor número de datos necesarios para la investigación.

- **Observación estructurada:** se realizó con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas, cuadros y tablas.
- **Observación de campo:** se aplicó en la etapa de recolección de toma de muestras de agua.

### **8.5.2 MUESTREO DE AGUA (ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICOS):**

Se procedió a extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características. Norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2014 quinta revisión específica que los recipientes de muestras para análisis físico – químicos deberán ser recipientes, jarras o botellas de boca ancha ya sean de plástico o vidrio.

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

#### **8.5.2.1 Protocolo para la toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico**

##### **8.5.2.1.1 Fase de campo:**

Con los puntos de muestreo identificados para la toma de muestras de agua en la entrada principal y la salida del caudal de Planta de tratamiento de agua potable “Colatoa-San Marcos”, a los días 23 de noviembre, se aplicó el siguiente protocolo

- **Llenado del recipiente.**

Se realizó la toma de muestras de aguas, dando cumplimiento a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98. Para ello se procedió a esterilizar los frascos con el agua procedente de la toma de entrada y la salida de la planta, por tres veces, y posteriormente al llenado de los frascos completamente y cerrado dentro del agua de tal forma que no exista aire para evitar la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte hacia el laboratorio.

- **Identificación de las muestras.**

Las muestras de agua fueron identificadas y etiquetadas con su respectiva fecha, hora, punto y lugar de muestreo del cual fue tomada, permitiendo que en el laboratorio no exista margen de error.

- **Técnica de conservación.**

Las muestras obtenidas en las diferentes fechas de muestreo, se mantuvieron a una temperatura alrededor de 2 °C y 5 °C, conservándolas en un cooler con una cierta cantidad de hielo que permitió alcanzar dicha temperatura, mientras se transportó las muestras al laboratorio.

- **Transporte de las muestras.**

Los recipientes con las muestras de agua, fueron protegidos y sellados para evitar que se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte desde la PTAP hasta la ciudad de Ambato donde se encuentra el laboratorio. Durante la transportación, las muestras fueron guardadas en un ambiente fresco y protegidas de la luz; cada muestra fue colocada en un recipiente individual e impermeable.

- **Recepción de Muestras**

Para evitar contratiempos en la recepción de muestras, entregamos las mismas debidamente etiquetadas con la siguiente información:

- ✓ Identificación de la muestra
- ✓ Número de submuestras,
- ✓ Fecha de recolección,
- ✓ Hora de recolección,
- ✓ Responsable y
- ✓ Observaciones.

Entregar las muestras de aguas herméticamente cerradas y completamente llenas.

Refrigerar las muestras en un cooler con hielos, no congelarlas

- **Plazo de Entrega de Resultados**

10 días laborables para análisis de agua.

**PROCOLO ESTABLECIDO POR LA NORMA NTE INEN 1108:2014:08 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.**

#### **8.5.2.1.2 FASE DE LABORATORIO**

- **Recepción de las muestras al laboratorio.**

Las muestras fueron trasportadas al laboratorio, en la ciudad de Ambato, las muestras obtenidas de los monitoreos realizados en el área de estudio en el mes de noviembre de 2018 fueron conservadas y depositadas en refrigeradoras bajo condiciones establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 20169:98 previniendo cualquier tipo de contaminación externa y cambio en su contenido.

Tabla 5 Parámetros a analizarse en el análisis físico-químico

| FÍSICOS               | QUÍMICOS                    | MICROBIOLÓGICOS    |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Color                 | Cloruros                    | Coliformes Fecales |
| pH                    | Fluoruros                   | Coliformes totales |
| Sólidos en suspensión | Nitritos (NO <sub>2</sub> ) |                    |
| Temperatura           | Nitrato (NO <sub>3</sub> )  |                    |
| Turbidez              | Hierro                      |                    |
|                       | Sulfatos                    |                    |

Elaborado por: Edison Sánchez.

## 8.5. INSTRUMENTOS Y MATERIALES

Tabla 6 Instrumentos y materiales a utilizar en el proyecto de investigación.

| INSTRUMENTOS                                 | MATERIALES                            |
|--|---------------------------------------|
| ✓ Libretas de campo                          | ✓ Envases esterilizados para muestras |
| ✓ Ficha de datos                             | ✓ Lupas                               |
| ✓ Ficha de muestreo                          | ✓ Sellos y etiquetas                  |
| ✓ Cámara fotográfica                         | ✓ Pinzas                              |
| ✓ Análisis de laboratorio                    | ✓ Alcohol industrial                  |
| ✓ GPS (Sistema de Posicionamiento Terrestre) | ✓ Guantes                             |
|  | ✓ Marcadores permanentes              |
|  | ✓ Maskin                              |
|  | ✓ Tarrinas                            |
|  | ✓ Botas de caucho                     |
|  | ✓ Cooler                              |
|  | ✓ Cámara                              |
|  | ✓ Guantes                             |
|  | ✓ Libreta de campo                    |
|  | ✓ Cinta métrica                       |

Elaborado por: Edison Sánchez.

## 9. CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

### TITULO II.- DERECHOS.

- **Sección Segundo.- Ambiente sano**

*Art 12.-* el derecho humano es fundamental irrenunciable. El agua constituye patrimonio estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida

*Art 14.-* se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y buen vivir, Sumak Kawsay.

- **Sección Séptima.- salud**

*Art 32.-* la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

## 9.1. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO

### CAPÍTULO I. De la conservación.

- ✓ **Art. 21.-** Deberes de conservación.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.

## **CAPÍTULO II. De la contaminación.**

- ✓ **Art. 22.-** Prevención de la contaminación.- Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna

### **TITULO III.- DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES**

- **Art 64.- (Conservación del agua).** La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas y sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.

#### ***En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:***

- ✓ La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales, humedales y manglares;
- ✓ El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- ✓ La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o del ciclo hidrológico;
- ✓ La protección de la cuencas hidrográficas los ecosistemas de toda contaminación; y,
- ✓ La restauración y recuperación de los ecosistemas por efectos de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión del suelo.

## **9.2. LEY ORGÁNICA DE SALUD**

La Ley Orgánica de la Salud tiene como objetivo principal regular las acciones que permitan efectivizar el derecho universal a la salud, establecido en la Constitución de la República del Ecuador. Se rige por los principios de equidad, integralidad, solidaridad, universalidad, irrenunciable, indivisibilidad, participación, pluralidad, calidad y eficiencia; con enfoque de derechos, intercultural, de género, generacional y bioético.

- ✓ **Art. 96.-** declara “de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano

## **10. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS.**

### **10.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO**

El suministro de agua para el consumo humano en el sector rural de la zona de estudio cuenta con 6000 usuarios de los cuales se dividen en 1200 usuarios pertenecientes a la parroquia Aláquez sub dividido en 7 barrios, y 1440 usuarios pertenecientes a la parroquia Juan Montalvo subdividido en 5 barrios. La cobertura del servicio es de 99.34% con un servicio las 24 horas.

De tal manera se ha proporcionado el servicio de agua potable casi en un su totalidad, dicho el porcentaje de área cubierta por el sistema, se puede citar que el nivel de potabilización no es óptima en situaciones críticas (lluviosa), ya que el área de sedimentación no cubre el caudal ingresado en tal etapa.

#### **10.1.1 CAPTACIÓN**

El agua que abastece y da vida a la PTAP es receptada por medio de la acequia “san marcos” la cual limita al noreste de la misma, y permite la captación de dichas aguas hacia su interior.

Existe actualmente una captación tipo rejilla lateral a través de una desviación de la fuente principal, se regula la entrada del agua con una compuerta en lámina de acero con dimensiones de 1.6 m de alto x 0.6m de largo, esta se comunica con un cajón recolector de caudal con dimensiones de 4.30m de largo x 2.40m de ancho x 2.10m de altura que tiene la capacidad de almacenamiento máximo de 21.168m<sup>3</sup>, de la cual parte a la caja de válvulas para ser trasladado al cajón repartidor de caudales situado en la PTAP.

Imagen (3).- Captación tipo rejilla lateral



Imagen (4).- Captación tipo Rejilla Lateral

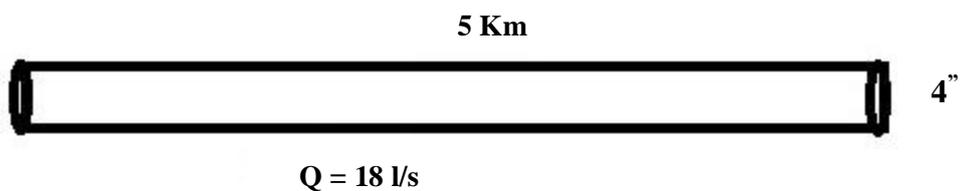


*Registro fotográfico*  
*Autor: Edison Sánchez*

### 10.1.2. CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA

El transporte del agua se hace mediante una línea de conducción por gravedad (sistema por gravedad directamente del punto de captación hacia el cajón distribuidor de caudales.

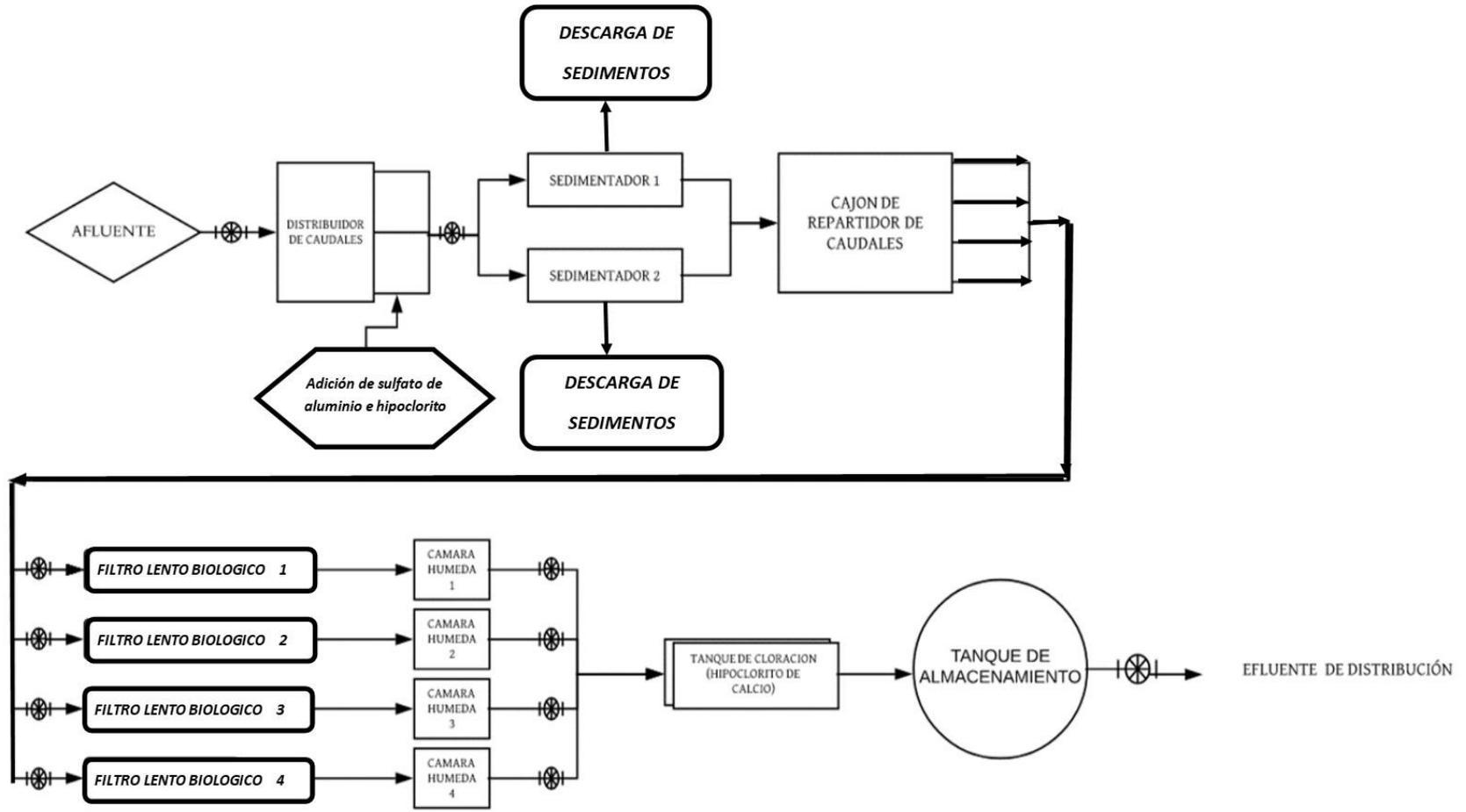
- ✓ CONDUCCIÓN.- Está compuesta por una tubería de 110mm ( 4" ) material de (PVC) con una longitud aproximada 5 Km de distancia del punto de captación hacia la PTAP, transportando un caudal máximo de 18 l/s, en todo su trayectoria se complementa con válvulas de purga y ventosas.



## **10.2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

La PTAP Colatoa-San Marcos fue construida por IEOS en el año 1989, para tratamiento convencional parcial, la cual presenta un sistema de ingreso, cajón repartidor (2 canales), dos (2) sedimentadores, cajón de repartidores (4 canales), cuatro (4) filtros biológicos implementado, mantenimiento por vía de retro-lavado, cuatro (4) cámaras húmedas, Cámara de cloración, tanque de reserva con capacidad de 100 m

Fig (1). Diagrama PTAP "Colatoa-San Marcos"



Elaborado por: Edison Sánchez

Los componentes de la Planta de Tratamiento se definen a continuación:

*Tabla 7.- Componentes de la PTAP “Colatua-San Marcos*

| <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE COLATUA- SAN MARCOS</b> |   |
|--|---|
| <b>CANTIDAD</b>  | <b>COMPONENTE</b>   |
| 1  | Bocatoma Lateral  |
| 1  | Línea de conducción 110 mm (4")                           |
| 2  | Sedimentadores  |
| 2  | Cajón Repartidores de caudal (Q)                          |
| 4  | Filtros Biológicos  |
| 4  | Cámara Húmeda   |
| 2  | Tanque de cloración – sulfato de aluminio                 |
| 1  | Tanque de almacenamiento en concreto (100m <sup>3</sup> ) |

*Elaborado por: Edison Sánchez.*

### **10.3. CAJÓN RECEPTOR Y REPARTIDOR DE CAUDALES**

Recibe el agua cruda proveniente de la línea de conducción de PVC con un diámetro de 4", y su doble funcionalidad es estabilizar el flujo de agua de tal manera que permita una entrada moderada de la misma al sistema de tratamiento, y la repartición en caudales iguales a los dos sedimentadores mediante la división del cajón y un sistema de regulador de caudales conformada por una lámina de acero de 0.50m de ancho por 1.10 m de altura.

Fig. (2).- Tanque repartidor

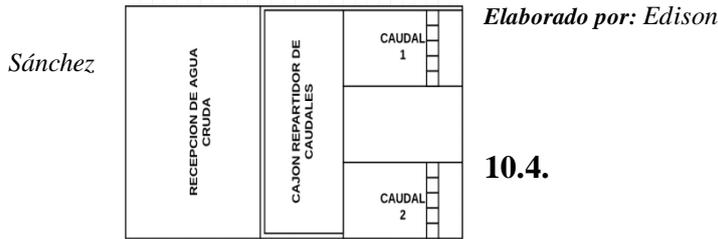


Imagen (5).- Tanque repartidor



10.4.

## SEDIMENTADORES

En este proceso se somete al agua cruda la presencia del sulfato de aluminio el cual permitirá la agrupación de las partículas pequeñas en partículas más pesadas, para el proceso de sedimentación, en las dos unidades implementadas con las dimensiones 5.50 de ancho y 27.50 de largo C/U con una profundidad a desnivel el primer punto tiene una profundidad de 2.15 m y el punto dos 2.70 m, implementado para la recolección de las partículas por gravedad a un canal situado en el punto más profundo de las dos unidades.

Las dimensiones son:

Tabla 8.- Unidades de sedimentación existentes

| MEDIDA (m)                   | UNIDADES DE SEDIMENTACIÓN |       |
|------------------------------|---------------------------|-------|
|                              | 1                         | 2     |
| <b>LARGO</b>                 | 27.50                     | 27.50 |
| <b>ANCHO</b>                 | 5.50                      | 5.50  |
| <b>PROFUNDIDAD (PUNTO 1)</b> | 2.15                      | 2.15  |
| <b>PROFUNDIDAD (PUNTO 2)</b> | 2.70                      | 2.70  |

Elaborado por: Edison Sánchez.

Fig. (3).- Sedimentadores

Imagen (6) Sedimentadores



*Elaborado por: Edison Sánchez.  
Anexo fotográfico: Edison Sánchez*

## 10.5. CAJÓN REPARTIDOR DE CAUDAL

Una vez terminado el proceso de sedimentación, por medio de una línea de conducción de PVC (4”), ingresa a un cajón repartidor con cuatro (4) compartimentos los cuales tiene como objetivo la buena distribución de los caudales que ingresaran a los filtros biológicos.

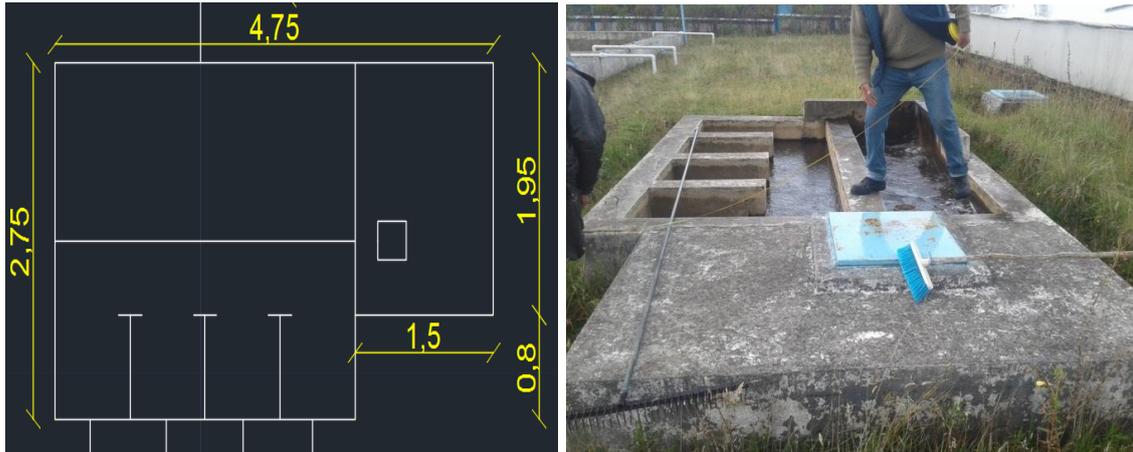
*Tabla 9.- Unidades repartidoras de caudal (Q)*

| MEDIDA (m)  | UNIDADES REPARTIDORAS DE CAUDAL (Q) |      |      |      |
|-------------|-------------------------------------|------|------|------|
|             | 1                                   | 2    | 3    | 4    |
| LARGO       | 1.15                                | 1.15 | 1.15 | 1.15 |
| ANCHO       | 0.57                                | 0.57 | 0.57 | 0.57 |
| PROFUNDIDAD | 1.10                                | 1.10 | 1.10 | 1.10 |

*Elaborado por: Edison Sánchez*

*Fig. (4).- Cajón Repartido*

*Imagen (7) Cajón repartidor*



*Elaborado por: Edison Sánchez.*

*Anexo fotográfico: Edison Sánchez*

## 10.6. FILTRACIÓN

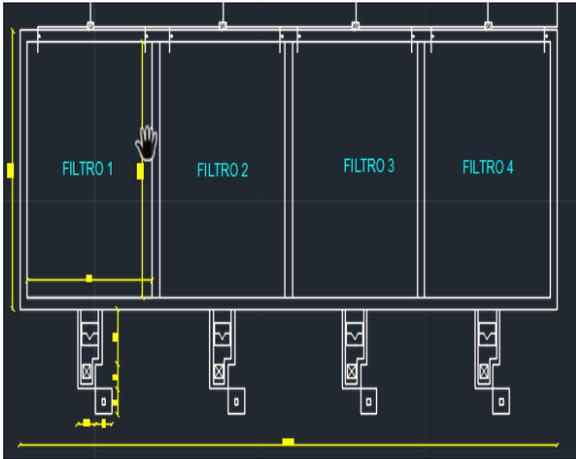
Existen actualmente cuatro unidades de forma rectangular, de filtración lenta de arena compuesta con por dos niveles: grava (0.40 m), arena fina (1m mínimo), cada unidad de filtración esta abastecida por un sistema de retro lavado el cual facilita el mantenimiento de los mismos.

La filtración se realiza en cuatro unidades con capacidad total de 12 l/s, las cuales a lo largo del tiempo de vida han sido acondicionadas, el ingreso se controla a través de válvulas de mano.

El proceso de filtrado se realiza en un lecho mixto de grava y arena y apoyado por un falso fondo compuesto con material rocoso donde el agua de lavado se evacua a través de las canaletas independientes para cada uno y luego pasa al desagüe general de la planta.

*Fig. (5).- Filtros lentos biológicos*

*Imagen (8) Filtros lentos Biológicos*



*Elaborado por: Edison Sánchez.*

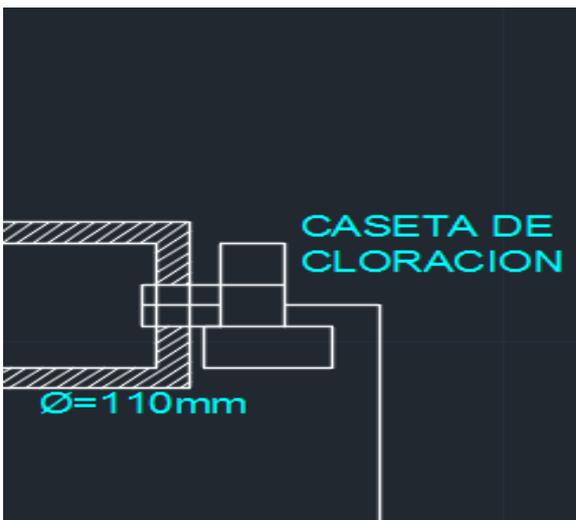
*Anexo fotográfico: Edison Sánchez*

## 10.7. DESINFECCIÓN

Este proceso se realiza en cloro residual, calculado en base al caudal total medio al ingreso a la planta y la dosis de cloro establecida es de (1.5 mg/l), de esta cámara sale el agua potable para el almacenamiento.

*Fig. (6).- Filtros lentos biológicos*

*Imagen (9) Filtros lentos Biológicos*



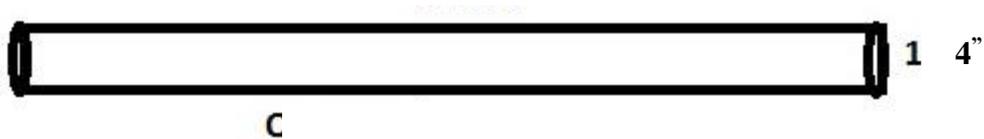
*Elaborado por: Edison Sánchez.*

*Anexo fotográfico: Edison Sánchez*

## 10.8. CONDUCCIÓN DE AGUA TRATADA

La salida de la planta se hace mediante una tubería principal la cual conecta a la planta de tratamiento con el tanque almacenador, la tubería de PVC de 4" conecta directamente de los filtros del tanque N° 1 el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup>.

*Fig. (7).- Tubería de conducción*



## 10.9. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Se cuenta con un tanque principal de almacenamiento en perfectas condiciones estructurales y funcionando a diario es de forma cilíndrica, es de material de concreto, tiene un volumen de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup>.

Tanque No. 1:

*Fig. (8).- Tanque de almacenamiento*



## **11. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA**

El proceso de verificación de la calidad sanitaria del agua que proporciona la planta a los usuarios, se realiza a través del cotejo de los valores establecidos en la Legislación Ecuatoriana Vigente - TULSMA, libro VI, Anexo I, con la Tabla 2 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.)

La idea original de la propuesta de investigación tenía en cuenta la toma de muestras en época de lluvias a fin de comparar los resultados con los de la época de verano, sin embargo por los cambios climáticos presentados no fue posible, ya que las épocas no se marcaron de una manera puntual para los meses establecidos en el cronograma.

La toma de muestras se realizó de acuerdo a un protocolo establecido por la norma NTE INEN 1108:2014 quinta revisión. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Los resultados se encuentran detallados en el protocolo de muestreo.

Inicialmente se realizó un muestreo para determinar el comportamiento del agua cruda y establecer sus características antes de ingresar a la planta de tratamiento.

Con el propósito de conocer si la infraestructura de la planta genera algún tipo de efecto en el agua que circula a través de las unidades, se realizó un segundo muestreo en el punto de almacenamiento.

Todas las muestras realizadas tuvieron como fin los análisis físico-químicos y bacteriológicos en todos los puntos teniendo en cuenta los procedimientos puntuados para la determinación de parámetros como: Arsénico, Hierro, Nitratos, Nitritos, pH, Sulfatos, Turbidez, Coliformes fecales, Coliformes totales, Fluoruros, Cloro residual (salidas)

## 7.1. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

En el proceso de investigación de las características físico-químicas y microbiológicas de la muestra N°. 1 y 2, tomadas en la entrada y salida de la planta en la fecha 23 de noviembre de 2018, a las 09:00 H (am), se hallaron los siguientes valores.

### ÉPOCA DE VERANO

Tabla 10.- Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 1 (ENTRADA)

| INFORMACIÓN DE LA MUESTRA |                             |   |                    |                      |  |
|---------------------------|-----------------------------|---|--------------------|----------------------|--|
| TIPO DE MUESTRA           | Agua cruda                  | X | Procedencia        | Entrada de la planta |  |
|                           | Agua tratada                |   | Frecuencia         | Una vez              |  |
|                           | Agua de red de distribución |   | Numero de muestras | 1                    |  |
| Fecha toma de muestra:    | 23 de noviembre de 2018     |   | Clase de muestra   | Simple               |  |
| Hora toma de muestra:     | 09:00                       |   |                    | Compuesta            |  |

| PARAMETRO           | Unidades    | Límite Max Permisible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01 | Límite Max Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 2 | Resultados | Cumple | No Cumple |
|---------------------|-------------|--|---|------------|--------|-----------|
| Arsénico            | mg/l        | 0.01   | 0.05  | 0.002      | X      | -         |
| Fluoruros           | mg/l        | 1.5  | <1.4  | 0.29       | X      | -         |
| Hierro              | mg/l        | 0.3  | 0.3   | 1.64       | -      | X         |
| Nitratos            | mg/l        | 50   | 10,0  | <0.12      | X      | -         |
| Nitritos            | mg/l        | 3.0  | 1,0   | 0.024      | X      | -         |
| pH                  | un.pH       | 6.5-8.5  | 6-9   | 9.39       | -      | X         |
| Sulfatos            | mg/L        | 200  | 250   | <12        | X      | -         |
| Turbidez            | UTM         | 5  | 10  | 17.40      | -      | X         |
| Coliformes fecales  | NMP/100 ml  | <2*  | 50*   | 170.0      | X      | -         |
| Color               | Unidad(UTC) | 15   | 20  | 75         | -      | X         |
| Tº Aire-superficies | ºC          | +/- 3º   | +/- 3º  | 12.3       | X      | -         |

#### Análisis:

Al revisar los resultados se puede deducir que de la muestra No 1 los parámetros que no dan cumplimiento a la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión para calidad de agua

destinada a consumo humano son: Hiero (1.34 mg/l), Turbidez (12.4 UTM), pH (9.39) y Color (60 UTC), arsénico

Para el muestreo se obtuvieron resultados promedio de Caudal, Temperatura y pH

|          |             |              |      |
|----------|-------------|--------------|------|
| PROMEDIO | Temperatura | Caudal (l/s) | pH   |
|          | 12.3        | 10.0         | 9.39 |

Los demás datos del muestreo se encuentran registrados en el **Anexo A**.

El segundo muestreo realizado en la salida de la planta, específicamente en el tanque de almacenamiento N° 1 para determinar la eficiencia de las unidades de la planta, arrojaron los siguientes resultados:

*Tabla 11.- Resultados Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 2 (SALIDA)*

| INFORMACIÓN DE LA MUESTRA |                             |   |                    |                     |  |
|---------------------------|-----------------------------|---|--------------------|---------------------|--|
| TIPO DE MUESTRA           | Agua cruda                  |   | Procedencia        | Salida de la planta |  |
|                           | Agua tratada                | X | Frecuencia         | Una vez             |  |
|                           | Agua de red de distribución |   | Numero de muestras | 1                   |  |
| Fecha toma de muestra:    | 23 de noviembre de 2018     |   | Clase de muestra   | Simple              |  |
| Hora toma de muestra:     | 9:30                        |   |                    | Compuesta           |  |

| PARAMETRO      | Unidades | Límite Max Permisible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01 | Límite Max Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 2 | Resultados | Cumple | No Cumple |
|----------------|----------|--|---|------------|--------|-----------|
| Arsénico       | mg/L     | 0.01   | 0.05  | 0.002      | X      | -         |
| Fluoruros      | mg/L     | 1.5  | <1.4  | 0.17       | X      | -         |
| Cloro Residual | mg/L     | 0.3-1.5  | -   | 0.03       | X      |           |
| Hierro         | mg/L     | 0.3  | 0.3   | 0.68       | -      | X         |
| Nitratos       | mg/L     | 50   | 10,0  | <0.12      | X      | -         |
| Nitritos       | mg/L     | 3.0  | 1,0   | <0.01      | X      | -         |
| pH             | un.pH    | 6.5-8.5  | 6-9   | 8.34       | X      | -         |

|                     |            |        |        |      |   |   |
|---------------------|------------|--------|--------|------|---|---|
| Sulfatos            | mg/L       | 200    | 250    | <12  | X | - |
| Turbidez            | UTM        | 5      | 10     | 2    | X | - |
| Coliformes fecales  | NMP/100 ml | <2*    | 50*    | <1.1 | X | - |
| Color               | Unidad     | 15     | 20     | 75   | X | - |
| Tº Aire-superficies | ºC         | +/- 3º | +/- 3º | 12.3 | X | - |
| Humedad             | %          | NR     | NR     | 51   | - | - |

### **Análisis:**

En base a los resultados obtenidos de la muestra N 2 correspondiente a la salida de la planta, se puede deducir que la mayoría de parámetros dan cumplimiento a la normativa vigente establecida en la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión para calidad de agua destinada a consumo humano; excepto el Hierro el cual tiene un 0.38 mg/l de excedente.

*Tabla 12.- Grado de eficiencia en parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 2 (SALIDA)*

| <b>PARAMETRO</b>    | <b>Unidades</b> | <b>Límite Max Permissible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01</b> | <b>Grado de eficiencia %</b> | <b>Resultados</b> | <b>No Cumple</b> | <b>Grado de eficiencia %</b> |
|---------------------|-----------------|--|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| Arsénico            | mg/L            | 0.01   | 100%                         | 0.002             | -                | 100%                         |
| Fluoruros           | mg/L            | 1.5  | 100%                         | 0.17              | -                | 100%                         |
| Cloro Residual      | mg/L            | 0.3-1.5  | 100%                         | 0.03              |                  | 100%                         |
| Hierro              | mg/L            | 0.3  | 100%                         | 0.68              | X                | 48%                          |
| Nitratos            | mg/L            | 50   | 100%                         | <0.12             | -                | 100%                         |
| Nitritos            | mg/L            | 3.0  | 100%                         | <0.01             | -                | 100%                         |
| pH                  | un.pH           | 6.5-8.5  | 100%                         | 8.34              | -                | 100%                         |
| Sulfatos            | mg/L            | 200  | 100%                         | <12               | -                | 100%                         |
| Turbidez            | UTM             | 5  | 100%                         | 2                 | -                | 100%                         |
| Coliformes fecales  | NMP/100 ml      | <2*  | 100%                         | <1.1              | -                | 100%                         |
| Color               | Unidad          | 15   | 100%                         | 75                | -                | 100%                         |
| Tº Aire-superficies | ºC              | +/- 3º   | 100%                         | 12.3              | -                | 100%                         |
| Humedad             | %               | NR   | 100%                         | 51                | -                | 100%                         |

### **Análisis:**

En base a los cálculos realizados para medir el grado de eficiencia de la planta de tratamiento en la primera fase de estudio en época de verano con un caudal de 8 l/s nos determinó que tiene un grado de eficiencia del 96% enfocándonos en todos los parámetros analizados durante el proceso de evaluación.

Para el muestre se obtuvieron un promedio de caudal, temperatura y pH:

|          | Temperatura | Caudal (l/s) | pH   |
|----------|-------------|--------------|------|
| PROMEDIO | 12.3        | 10.0         | 8.86 |

Los demás datos del muestreo se encuentran registrados en el **Anexo B**.

### **ÉPOCA DE INVERNAL**

En el proceso de investigación de las características físico-químicas y microbiológicas de la muestra N°. 3 Y 4, tomadas en la entrada y salida de la planta en la fecha 22 de enero de 2019, a las 09:00 H (am), se hallaron los siguientes valores.

*Tabla 13.- Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 3 (ENTRADA)*

| <b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b> |                             |                         |                           |                      |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>TIPO DE MUESTRA</b>           | Agua cruda                  | X                       | <b>Procedencia</b>        | Entrada de la planta |
|                                  | Agua tratada                |                         | <b>Frecuencia</b>         | Una vez              |
|                                  | Agua de red de distribución |                         | <b>Numero de muestras</b> | 1                    |
| <b>Fecha toma de muestra:</b>    | 22 de enero del 2019        | <b>Clase de muestra</b> | Simple                    |                      |
| <b>Hora toma de muestra:</b>     | 09:00                       |                         | Compuesta                 |                      |

| <b>PARAMETRO</b> | <b>Unidades</b> | <b>Límite Max Permisible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01</b> | <b>Límite máximo Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 2</b> | <b>Resultados</b> | <b>Cumple</b> | <b>No Cumple</b> |
|------------------|-----------------|---|---|-------------------|---------------|------------------|
| Arsénico         | mg/L            | 0.01  | 0.05  | 0.002             | -             | X                |
| Fluoruros        | mg/L            | 1.5   | <1.4  | 0.29              | X             | -                |

|                     |            |         |        |       |   |   |
|---------------------|------------|---------|--------|-------|---|---|
| Hierro              | mg/L       | 0.3     | 0.3    | 1.64  | - | X |
| Nitratos            | mg/L       | 50.0    | 10,0   | <0.12 | X | - |
| Nitritos            | mg/L       | 3.0     | 1,0    | 0.024 | X | - |
| pH                  | un.pH      | 6.5-8.5 | 6-9    | 9.39  | - | X |
| Sulfatos            | mg/L       | 200     | 250    | <12   | X | - |
| Turbidez            | UTM        | 5       | 10     | 18.60 | - | X |
| Coliformes fecales  | nmp/100 ml | <2*     | 50*    | 170.0 | X | - |
| Coliformes totales  | nmp/100 ml | <2*     | 50*    | 20    | X | - |
| Color               | Unidad     | 15      | 20     | 75    | - | X |
| Tº Aire-superficies | ºC         | +/- 3º  | +/- 3º | 12.3  | X | - |

### **Análisis:**

Al revisar los resultados se puede deducir que de la muestra No 3 los parámetros que no dan cumplimiento a la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión para calidad de agua destinada a consumo humano son: Hierro, Turbidez, pH y color.

Para el muestreo se obtuvieron resultados promedio de Caudal, Temperatura y pH

|          | Temperatura | Caudal (l/s) | pH   |
|----------|-------------|--------------|------|
| PROMEDIO | 12.5        | 18.0         | 9.39 |

Los demás datos del muestreo se encuentran registrados en el **Anexo C**.

El cuarto muestreo realizado en la salida de la planta, específicamente en el tanque de almacenamiento N° 1 para determinar la eficiencia de las unidades de la planta, arrojaron los siguientes resultados:

*Tabla 14.- Resultados Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos Muestreo No 4 (SALIDA)*

| <b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b> |                             |   |                           |                     |  |
|----------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------|---------------------|--|
| <b>TIPO DE MUESTRA</b>           | Agua cruda                  |   | <b>Procedencia</b>        | Salida de la planta |  |
|                                  | Agua tratada                | X | <b>Frecuencia</b>         | Una vez             |  |
|                                  | Agua de red de distribución |   | <b>Numero de muestras</b> | 1                   |  |
| <b>Fecha toma de muestra:</b>    | 23 de noviembre de 2018     |   | <b>Clase de muestra</b>   | Simple              |  |
| <b>Hora toma de muestra:</b>     | 9:30                        |   |                           | Compuesta           |  |

| PARAMETRO           | Unidades   | Límite Max Permisible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01 | Límite máximo Permisible TULSMA Libro VI Anexo I Tabla 2 | Resultados | Cumple | No Cumple |
|---------------------|------------|--|--|------------|--------|-----------|
| Arsénico            | mg/L       | 0.01   | 0.05   | 0.002      | X      | -         |
| Fluoruros           | mg/L       | 1.5  | <1.4   | 0.17       | X      | -         |
| Cloro Residual      | mg/L       | 0.3-1.5  | -  | 0.0        | X      |           |
| Hierro              | mg/L       | 0.3  | 0.3  | 0.71       | -      | X         |
| Nitratos            | mg/L       | 50.0   | 10.0   | <0.12      | X      | -         |
| Nitritos            | mg/L       | 3.0  | 1.0  | <0.01      | X      | -         |
| pH                  | un.pH      | 6.5-8.5  | 6-9  | 8.60       | -      | X         |
| Sulfatos            | mg/L       | 200  | 250  | <12        | X      | -         |
| Turbidez            | UTM        | 5  | 10   | 8          | -      | X         |
| Coliformes fecales  | NMP/100 ml | <2*  | 50*  | <1.1       | X      | -         |
| Coliformes totales  | nmp/100 ml | <2*  | 50*  | <1.1       | X      | -         |
| Color               | Unidad     | 15   | 20   | 75         | X      | -         |
| T° Aire-superficies | °C         | +/- 3°   | +/- 3°   | 20         | X      | -         |
| Humedad             | %          | NR   | NR   | 51         | -      | -         |

### **Análisis:**

En base a los resultados obtenidos de la muestra N 4 correspondiente a la salida de la planta, se puede deducir que los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión que no dan cumplimiento son pH, turbidez y Hierro.

Tabla 15.- Grado de eficiencia en parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos  
Muestreo No 4 (SALIDA)

| PARAMETRO           | Unidades   | Límite Max Permisible NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01 | Grado de eficiencia % | Resultados | No Cumple | Grado de eficiencia % |
|---------------------|------------|--|-----------------------|------------|-----------|-----------------------|
| Arsénico            | mg/l       | 0.01   | 100%                  | 0.002      | -         | 100%                  |
| Fluoruros           | mg/l       | 1.5  | 100%                  | 0.17       | -         | 100%                  |
| Cloro Residual      | mg/l       | 0.3-1.5  | 100%                  | 0.0        |           | 100%                  |
| Hierro              | mg/l       | 0.3  | 100%                  | 0.71       | X         | 40%                   |
| Nitratos            | mg/l       | 50.0   | 100%                  | <0.12      | -         | 100%                  |
| Nitritos            | mg/l       | 3.0  | 100%                  | <0.01      | -         | 100%                  |
| pH                  | un.pH      | 6.5-8.5  | 100%                  | 8.60       | X         | 90%                   |
| Sulfatos            | mg/L<      | 200  | 100%                  | <12        | -         | 100%                  |
| Turbidez            | UTM        | 5  | 100%                  | 8          | X         | 60%                   |
| Coliformes fecales  | NMP/100 ml | <2*  | 100%                  | <1.1       | -         | 100%                  |
| Coliformes totales  | nmp/100 ml | <2*  | 100%                  | <1.1       | -         | 100%                  |
| Color               | Unidad     | 15   | 100%                  | 75         | -         | 100%                  |
| T° Aire-superficies | °C         | +/- 3°   | 100%                  | 20         | -         | 100%                  |
| Humedad             | %          | NR   | 100%                  | 51         | -         | 100%                  |

**Análisis:**

En base a al cálculo realizado a los parámetros de la muestra número 4 la cual pertenece a la etapa de salida, en época de invernol de esta manera obtuvimos un resultado del 92% el cual determina una deficiencia en los procesos de sedimentación y filtrado.

Para el muestreo se obtuvieron resultados promedio de Caudal, Temperatura y pH

|          | Temperatura | Caudal (l/s) | pH   |
|----------|-------------|--------------|------|
| PROMEDIO | 12.5        | 18.0         | 8.60 |

Los demás datos del muestreo se encuentran registrados en el *Anexo D.*

## **12. PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PTAP COLATOA-SAN MARCOS**

### **12.1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente en la zona alta de la parroquia Alaquez sector Colatoa San Marcos existe una Planta de tratamiento de agua potable la cual ha permanecido en funcionamiento alrededor de 20 años, durante su trayectoria ha sufrido varios cambios estructurales que han permitido un funcionamiento óptimo, hoy en día se ha sometido a una evaluación sobre las unidades estructurales en funcionamiento, dicha evaluación arrojado como resultado que varios procesos no cumplen con las exigencias reglamentarias para un óptimo funcionamiento de la misma.

El proceso de rediseño consiste en la síntesis y análisis ingenieril del diagrama de flujo apropiado para tratar el agua destinado para consumo humano y obtener un efluente con las características exigidas por la legislación ambiental vigente en nuestro país para la distribución a los hogares.

Los procesos a implementarse y rediseñarse son: implementación de un proceso de aeración, rediseño de la parte estructural del sedimentador y su tiempo de retención, aumento de un filtro lento, implementación de dosificadores para el ingreso de cloro y sulfato de aluminio. Se pretende demostrar que es factible tal proceso, tanto desde el punto de vista técnico como económico y que es una alternativa importante para aumentar el nivel de eficiencia de las unidades en funcionamiento y de esta manera aumentar la calidad de agua destinada a los beneficiarios de la PTAP.

## **12.2. OBJETIVO DE LA PROPUESTA**

Mejoramiento del nivel de eficiencia de las unidades en funcionamiento para el proceso de potabilización para aumentar la calidad de agua de la PTAP “Colatoa-San Marcos”

## **12.3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

La parroquia Alaquez como toda la zona de la provincia de Cotopaxi ha tenido una tasa de crecimiento poblacional considerable, de tal manera que los volúmenes de recurso hídrico han aumentado para el abastecimiento de un 100% poblacional, por lo cual los sistemas de potabilización (PTAP) han requerido un rediseño en sus instalaciones, como en la dosificación de químicos utilizados para el proceso.

Al realizar un análisis del funcionamiento de la PTAP, se pudo determinar que es necesario un rediseño en la parte estructural, ya que en varios parámetros importantes exigidos por la legislación ecuatoriana vigentes no cumple con los límites máximos permisibles, y con ellos ha acarreado varias molestias y preocupaciones por los beneficiarios de dicho sistema.

## **12.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

De acuerdo con la interpretación de los resultados de los análisis de laboratorios, se pudo determinar que varios de los parámetros tanto físicos como químicos no dan cumplimiento con los límites máximos permisibles por la normativa NTE INEN 1108 2014:08 segunda y quinta revisión entre ellos podemos encontrar pH, hierro, turbidez, cloro residual. Cabe recalcar que varios beneficiarios del sistema manifestaron su inconformidad sobre la eficiencia de la planta puesto que en épocas de invierno, el agua se torna de color amarillento por la gran cantidad de agua que ingresa a la planta y no hay un abastecimiento correcto para dicha cantidad.

En cuanto a los procesos de implementación y rediseño serán los siguientes:

- Implementación de un aireador
- Rediseño del tiempo de retención de agua en los sedimentadores actuales
- Aumento de un filtro lento de arena o biológico

- Implementación de dosificadores y sensores para el ingreso de químicos (cloro y sulfato de aluminio)

#### 12.4.1. Tratamientos para el rediseño de la PTAP “Colatoa-San Marcos”

##### 12.4.1.1. Aireador de bandejas múltiples.

Los aireadores de bandejas múltiples consisten en una serie de bandejas equipadas generalmente con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre, sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base. Por lo general se usan de 3 a 5 bandejas con espaciamiento entre bandejas de 30 a 75 cm. La altura de estos aireadores suele ser de 2m a 3m. El área requerida para las bandejas varía entre 0.05 y 0.15m<sup>2</sup> por l/s de agua tratada, por lo general menos de 0.06 m<sup>2</sup>”.

La ventilación es un factor importante en el diseño de estos aireadores y debe estudiarse cuidadosamente para la selección del sitio de localización. Los crecimientos biológicos y de algas pueden controlarse mediante tratamiento del agua cruda con cloro o sulfato de cobre. “La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles y a su vez remover sustancias tales como el hierro y el manganeso.”

### DISEÑO DEL AIREADOR

#### DATOS:

|   |   |
|---|---|
| $Q_{dis} = 18 \text{ l/s} = 1522.8 \text{ m}^3/\text{d}$            | caudal de diseño  |
| Carga hidráulica (Ch) = $220 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$ | recomendado para remover entre el 60 y 70% del manganeso y hierro |
| Área específica (Ae) = 0,05 – 0,15                                  | adoptado 0,10 m <sup>2</sup> /l/s                                 |

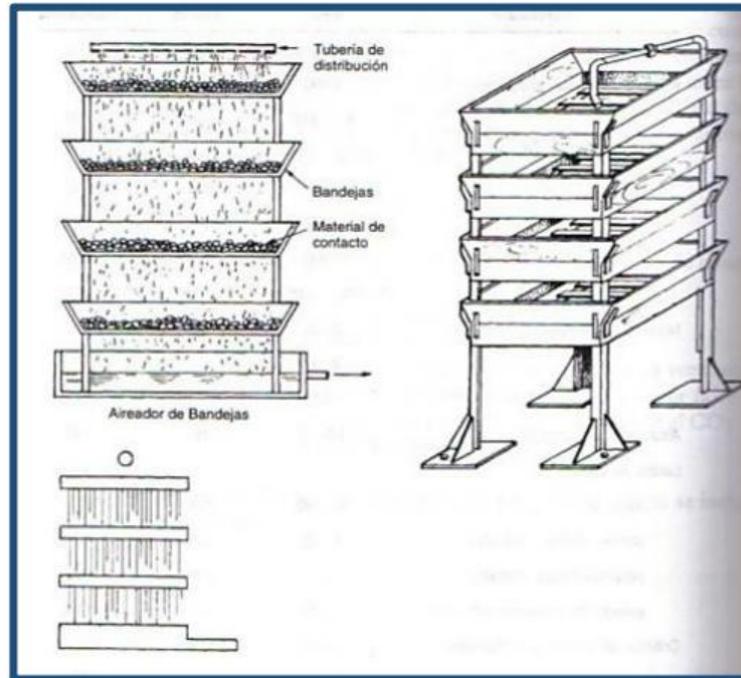


Imagen (10) Aireador múltiple de bandeja

**Área total requerida de bandejas.**

Donde:

Ab: Área de Bandejas

Qdis: Caudal de diseño

Ch: Carga Hidráulica

$$Ab = Qdis / Ch$$

$$Ab: \frac{1555.2 \text{ m}^3/d}{220 \text{ m}^3/d \cdot \text{m}^2}$$

$$Ab: 7.02 \text{ m}^2$$

### ***Número de Bandejas***

El área requerida para las bandejas varía entre 0.05 y 0.15m<sup>2</sup> por l/s de agua tratada.

Donde:

Nb: Numero de bandejas

Q dis: Caudal de diseño

Ar: Área requerida por bandejas

Ab: Área de bandejas

$$Nb = Ab / Qdis * Ar$$

$$Nb = \frac{7.02 \text{ m}^2}{18 \text{ l/s} * 0.10 \text{ m}^2/\text{l/s}}$$

$$Nb = 3.9: 4 \text{ bandejas}$$

### ***Dimensiones de bandejas***

Una vez hallado el número de bandejas procedemos a calcular las dimensiones de las mismas.

Dónde:

db: dimensiones de Bandejas

Nb: Numero de Bandejas

Ab: Área total de bandejas

Eo: espacios entre orificios

$$db = Ab/Nb$$

$$db = 6.92 \text{ m}^2 / 4$$

$$db = 1.75m^2 = 2m^2$$

Calculando la raíz cuadrada del área de cada bandeja obtendremos que cada bandeja tendrá una longitud de:

$$\sqrt{2m^2} = 1.40m * 1.40m$$

### ***Orificios de Bandejas***

Se adoptan N orificios de 0.5cm = 5mm separados en 2.5 cm entre sí, según las recomendaciones en la 3.1

Por tanto:

db: dimensiones de Bandejas

N: Numero de orificios en bandejas

Do: Diámetro de orificio

$$N (Do) + (N+1)(Eo) = db$$

$$0.5N + 2.5N + 2.5 = 140$$

$$3N = 140 - 2.5$$

$$N = 137.5/3$$

$$N = 45.8 = 46 \text{ ORIFICIOS}$$

Se usara 17 filas de orificios cada uno de 5mm separado entre si 2,5cm con los orificios de borde a 3,00 cm de cada extremo

## SEDIMENTADORES

### Datos:

$$Q_T = 18 \text{ l/s}$$

$$T_r = 7 \text{ horas (4-12 horas) IEOS}$$

$$V_{\text{sed}} = 453,60 \text{ m}^3 = 454 \text{ m}^3$$

$$h = 1.70 \text{ m (1.70 a 2.30m) IEOS}$$

### DIMENSIONES

Adoptando 2(sed) se tiene como resultado  $454 \text{ m}^3 / 2 = 227 \text{ m}^3 \text{ c/u}$

Área superficial

$$A_s = \frac{\text{vol}}{h}$$

$$A_s = \frac{227 \text{ m}^3}{1,70 \text{ m}} = 133,53 \text{ m}^2$$

$$\text{Relación} = \frac{L}{b} = 5$$

$$L = 26.50 \text{ m}$$

$$b = 5 \text{ m}$$

### TASA SUPERFICIAL

$$T_s = \frac{Q}{A}$$

$$T_s = \frac{18 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 86400 \text{ s}}{133.53 \text{ m}^2 * 2}$$

$$T_s = 5.82 \text{ m}^3/\text{d} * \text{m}^2$$

En base a las normativa del ex IEOS nos recalca que la tasa de  $m^3/d*m^2$  debe estar dentro de los límites de 2 a  $10 m^3/d*m^2$ , de tal manera se pudo determinar que se encuentra dentro de estos límites arrojando un resultado de  $T_s = 5.82m^3/d*m^2$

$$\text{Relación} = \frac{L}{h} = \frac{26.50m}{1.70m} = 15.58 \text{ m}$$

### **Análisis:**

Se pudo determinar que en base al cálculo realizado relacionado el tiempo de retención, el caudal total y la velocidad de sedimentación, los dos sedimentadores que se encuentran en la actualidad en funcionamiento con dimensiones de 27.50 (L) \* 5.50 (b) tienen un área suficientemente adecuada para albergar el caudal máximo que prescribe el estudio el cual es de 18 l/s.

## **FILTROS BIOLÓGICOS**

### **Datos:**

$$Q = 18 \text{ l/s}$$

$$V_{\text{filtración}} = 4.50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d} = 0.187 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$$

$$A_f = \frac{Q}{V}$$

$$A_f = \frac{0.018\text{m}^3 * 3600\text{s}}{0.187\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}}$$

$$A_f = 346.50 \text{ m}^2$$

En base al cálculo realizado para determinar el área total de filtrado para un caudal de 18 l/s y teniendo en cuenta que en la actualidad hay en existencia 4 filtros con dimensiones de 27.50m \* 5.50m se pudo definir que no son suficiente el área de los 4 filtros existentes.

Área de filtros actuales = 310.08 m<sup>2</sup>

Área de filtros necesarios= 346.50 m<sup>2</sup>

Se recomienda la implementación de un filtro biológico con las mismas características y dimensiones de los 4 ya existentes para una incrementar el nivel de eficiencia de los mismos.

#### CALCULO DE DOSIS DE CLORO PARA CAUDAL DE 18 L/S

**Datos:**

Q= 18 l/s

Dosis: - 1.5 mg/l

- 1.0 mg/l

Concentración de cloro = 70% = 0.70

C= Dosis en mg/l

M= m<sup>3</sup> por día

d= Número de días

E= Concentración

$$G = \frac{M * C * d}{E}$$

$$G = \frac{1555 * 1.5 * 1.0}{0.70}$$

$$G = 3,332 \text{ gr} \text{-----} 7.34 \text{ lb} \text{-----} 3.33 \text{kg}$$

Con dosis de 1.0 mg/l

$$G = 2.22 \text{ gr} \text{-----} 4.90 \text{ lb} \text{-----} 2.22 \text{ kg}$$

Con dosis de 0.5 mg/l

$$G = 1.110 \text{ gr} \text{-----} 2.44 \text{ lb} \text{-----} 1.11 \text{ kg}$$

***CALCULO DEL VOLUMEN DE CLORADOR:***

$$V = \frac{G}{10 * E}$$

$$V = \frac{2221}{10 * 0.70}$$

$$V = 317.3 \text{ LITROS/DIA}$$

En base a los cálculos realizados para la determinación de la dosis de cloro/día, se pudo definir que la opción más viable económica y sustentable es dotar de 1 mg/l el cual nos arroja un resultado diario de 2221 gr al día equivalente a 2.22 kg/día, en un volumen de agua de 317 litros/día para la mezcla respectiva antes de ser dosificado e ingresado al caudal total de 18 l/s.

CON DOSIS DE 0.5 mg/l

$$V = \frac{G}{10 * E}$$

$$V = \frac{1110}{10 * 0.70}$$

$$V = 158.5 \text{ LITROS /DIA}$$

## CALCULO DE LA DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO

### Datos:

Q= 18 l/s

Turbidez= 8 NTU

Temperatura= 12.5°C

pH: 9.39

Para el cálculo de la dosis adecuado de sulfato de aluminio se debe tener en cuenta datos esenciales como son el caudal de diseño, la turbidez, la temperatura, el pH, los cuales serán clave importante al momento de desarrollar el ensayo de jarras, misma que determinara el nivel o la dosis adecuada de floculante para una correcta decantación de los sedimentos.

De esta menara se pudo establecer que la dosis estandarizada para una turbidez de entre 6-9 NTU con una temperatura de 12-15 y un pH 8-9.5, es necesario una cantidad variada de sulfato de aluminio de entre 8-23 mg/l

## DOSIFICADORES Y SENSORES DE FLUJO HÍDRICOS

La implementación de dosificadores tiene como objetivo principal la óptima suministración de químicos (sulfato de aluminio e hipoclorito) en sus dosis correctas tanto en el ingreso como en el proceso de desinfección, se instalara un sistema de inyección de químicos en la alimentación de agua al sistema clarificador existente.

Para realizar la inyección de los químicos se instalara dosificadoras de diafragma los cuales suministrarán el floculante (SULFATO DE ALUMINIO E HIPOCLORITO DE ALUMINIO) para realizar una pre-cloración necesaria para la descomposición inicial de la materia orgánica proveniente de la captación, por cuanto existe un tramo a cielo abierto en la conducción. Lo que ocasiona el aporte de materia orgánica en su recorrido de la línea de conducción desde la captación.

En la línea de entrada se agua al clarificador se instalara un sensor de flujo hídrico quien ordenara a los dosificadores inyecten el químico en el agua, cuando este detecte el paso del agua por la tubería; si no detecta el flujo del agua los dosificadores no entraran en funcionamiento, de esta se garantizara una correcta dosificación de los químicos.

### ***DOSIFICADORES***



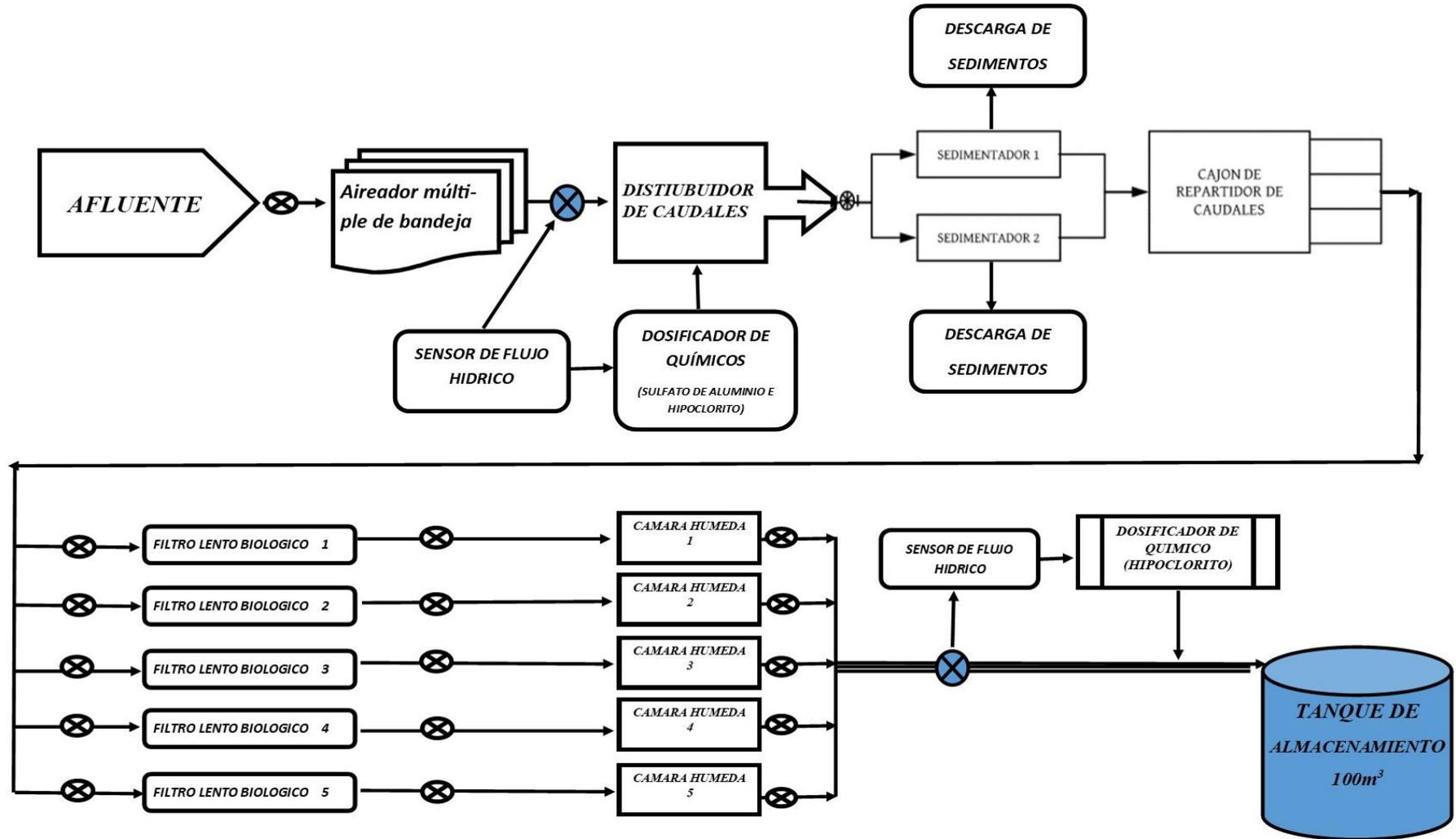
### ***SENSOR DE FLUJO HÍDRICO***



### ***SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS***

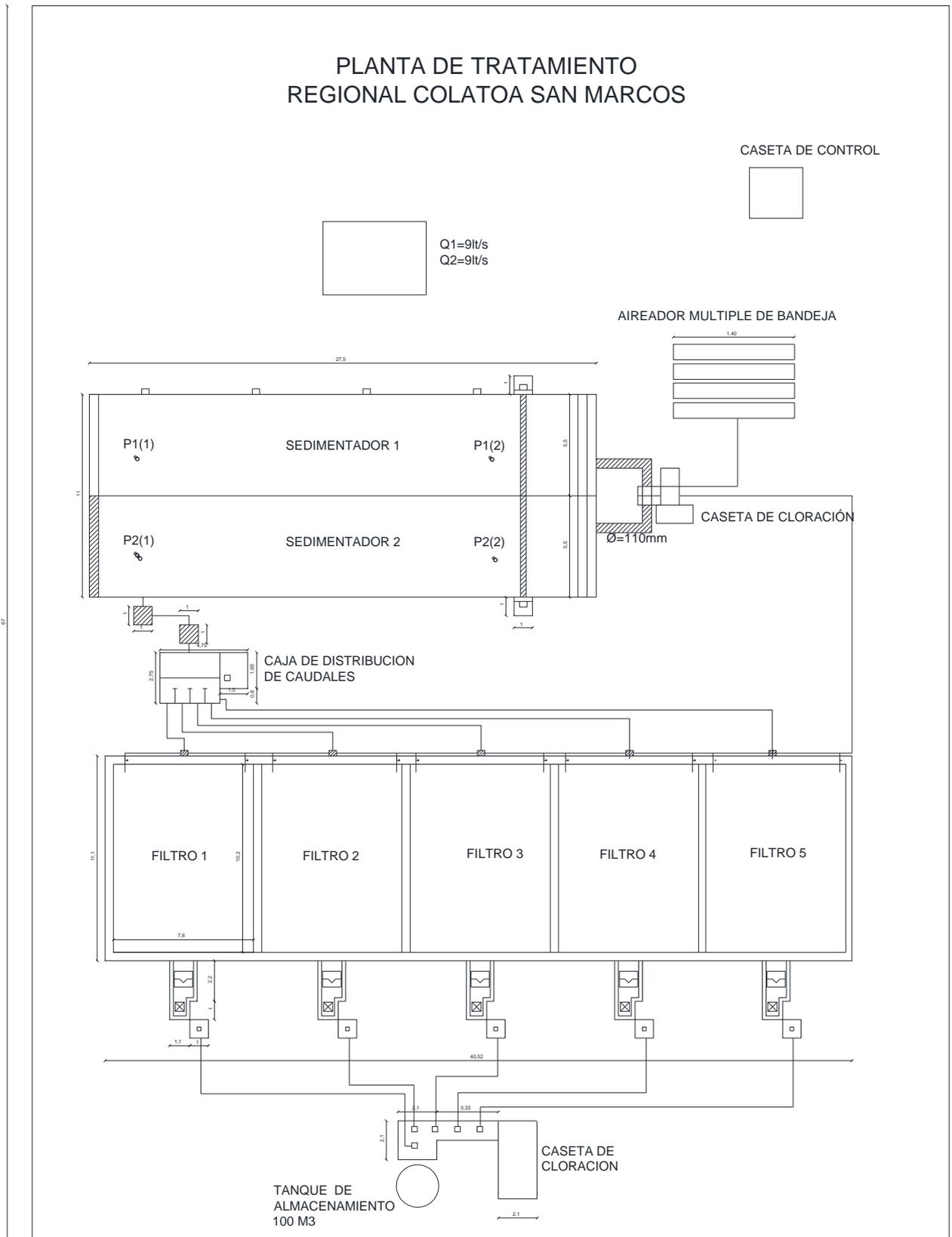


Fig (9). Diagrama Rediseño de la PTAP "Colatoo-San Marco"



Elaborado por: Edison Sánchez

# PLANTA DE TRATAMIENTO REGIONAL COLATOA SAN MARCOS



*Elaborado por: Edison Sánchez*

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente documento investigativo, basado en los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

#### 13.1. Conclusiones:

- Luego de haber realizado los análisis en el laboratorio se evidenció que la calidad de agua de la planta de tratamiento regional “Colatoa-San Marcos” del cantón Latacunga, parroquia Alaquez, es medianamente aceptable dentro de los límites máximos permisibles establecidos dentro de la normativa ecuatoriana vigente NTE INEN 1108:2014 quinta revisión, puesto que algunos parámetros tanto físicos y químicos no están dentro de los límites permisibles establecidos en la normativa.
- De acuerdo a la normativa NTE INEN 1108:2014 segunda (2012) y quinta revisión (2014), los siguientes parámetros no están dentro de los límites permisibles: Muestra (1) ingreso a la planta de tratamiento época de verano: hierro 0., arsénico, turbidez, pH. En la muestra (2) salida de la planta de tratamiento época de verano: hierro con un excedente de 0.38 mg/l; en la muestra (3) ingreso a la planta época invernal: hierro, arsénico, turbidez, pH, en la muestra (4) salida de la planta época invernal: pH, hierro y turbidez.
- El rediseño de la planta de tratamiento de agua potable fue encaminada en base a los resultados arrojados por los análisis de agua y cálculos a las unidades de potabilización, con ello se determinó la implementación de un aireador de bandeja múltiple la cual tendrá como función bajar los niveles de hierro y estabilizar el pH, así mismo la creación de un nuevo filtro lento biológico el cual dará abasto al excedente de caudal, y finalmente la dotación de dosificadores con sensores de flujo hídrico mismo que tendrán como función optimizar y distribuir de manera eficaz los químicos (sulfato de aluminio e hipoclorito de calcio).
- El área de rediseño está dentro del área de estudio por cuanto no existirá mayor dificultad al momento de la implementación de las medidas de repotenciación establecidas anteriormente.

### **13.2. Recomendaciones:**

- Se recomienda difundir la presente propuesta investigativa a las entidades publicas o privadas dedicadas al mejoramiento de los sistemas de agua potable, de manera que se tenga una vision de futuro en torno a los tratamientos tecnicos que se debe implementar para un tratamiento convencional.
- La implementacion de esta propuesta es la mejor alternativa tecnica y viable economicamente que permitira solucionar los problemas en base a los parametros que no dan cumplimiento a la normativa establecida para agua de consumo humano, mismas que deben ser saneadas con la implementacion de los procesos antes mencionados.
- Se sugiere realizar monitoreos periodicos con los respectivos analisis de laboratorio, de manera que se evidencie la evolucion del tratamiento y con ellos manejar un registro de cumplimiento comparado con la normativa legal vigente.
- Se propone de igual manera la creacion de un mini laboratorio el cual este compuesto por lo menos con un sistema de ensayo de jarras que ayudará a determinar la dosis de floculante y una unidad básica para determinar parametros básicos como pH, temperatura, conductividad, oxigeno disuelto.
- La capacitacion al personal que vaya a ser destinado a laborar en el sitio de estudio para que pueda entender con facilidad el funcionamiento de cada uno de los procesos de rediseño y con ello se pueda elaborar un plan de mantenimiento periodico de la planta de tratamiento de agua potable “Colato-San Marcos”

#### 14. BIBLIOGRAFÍA:

- Abdel-Raouf N, AA Al-Homaidan & IBM Ibraheem. 2012. *Microalgae and wastewater treatment*. Saudi Journal of Biological Sciences 19: 257-275.
- ABS (Annual book of Standards). 1994. *American Society for testing and Materials. Determinación de pH en el agua*. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.
- Alba-Tercedor J. 1996. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almeria no. 2: 203-213.
- Alba-Tercedor J., y Sanchez-Ortega A. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978)*. Limnetica no. 4: 51-56.
- Arocena, R. & D. Conde (ed.). 1999. *Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay*. DIRAC/FC/UDELAR, Montevideo. 233 pp.
- ASTM - D 512-89 "Standard Test Methods for Chloride Ion in Water", American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA, Diciembre 1989, pp. 481-484.
- Brenes, R., Rojas, LF. (2015). "El agua: sus propiedades y su importancia biológica". Acta Académica.
- Carrera C. y Fierro K. 2001. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo*. EcoCiencia. Quito, Ecuador. 67 p.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. London. 626 p.
- Correa I. 2000. *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua*. Universidad de Los Andes. Venezuela. 61 p.
- Dinius, S. H., *Design of an Index of Water Quality*, *Water Resources Bulletin*, Vol. 23, No. 11, 1987, pp. 833-843.
- Dinius, S.h, "Social Accounting System for Evaluating Water Resources," *Water Resources Research*, vol 8, no. 5, October 1972, pp. 1159 – 1177.
- Domínguez L., Goethals P. y De Pauw N. 2005. *Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos*

en la evaluación de su calidad de agua. Revista Tecnológica ESPOL no. 18: 127-134.

- Giraldo, G., 1995. Manual de análisis de aguas. Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp 5-7
- INEC. (2010). Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Tabulados\\_CPV\\_2010](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Tabulados_CPV_2010)
- INEN, 1998. Norma Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98.
- MAE. (Noviembre de 2017). Reporte Histórico de Visitas 2017. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/1232803/Reporte+Registro+Visitas+2017+%28hasta+septiembre%29.pdf/2d336694-0d3e-4d1b-8698-d5628fe03b37>
- Margalef, R. 1991. Ecología. Ed. Omega. 951 págs.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1987. “Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base”. Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506 Washington D.C
- Ott, W., 1978, *Environmental indices, theory and practice*, AA science, Ann Arbor, Michigan
- Resh V.H., Myers M.J. y Hannaford M. J. 1996. *Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality*. In F.R. Hauer. y G.A. Lamberti (eds.). 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic, San Diego, CA. p. 647-668.
- Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.
- Romero, H. (2015). *Contaminación de agua, suelo y aire*. Herder, Barcelona.
- Rosenberg, D.M. y Resh V.H. (eds.). 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall, Nueva York. 488 p.
- Ryding, S y Rast, W. (Eds.), 1992. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. 375 págs.
- Shuval, I. H. et al., 1977. Health effects of nitrates in water. EPA-600/1-1-77-030.
- Simboni Ruiz, N., Carvajal, Y. & Escobar, J., 2007 *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua Ingeniería e Investigación universidad Nacional de Colombia, vol. 27, no. 3, pp. 172-181*

- SNET. (2002). Propuestas de descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
- Stevens Institute of Technology (SIT). 2006a. *Demanda Biológica de Oxígeno*. (en línea). Consultada 18 de Sep 2007.

15. ANEXOS:

ANEXO A: Análisis de agua ingreso a la planta (Muestra 1)



\*Contribuimos a la protección ambiental con análisis de laboratorio confiables  
www.lacquanalisis.com

### INFORME DE RESULTADOS

| DATOS DEL CLIENTE |   | Versión: 9                    |
|-------------------|---|-------------------------------|
| CLIENTE:          | JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATA SAN MARCOS | Pág. 1 de 1                   |
| REPRESENTANTE:    | Sr. Jorge Pacheco   | Código: REG TEC 018           |
| DIRECCION:        | Parroquia Alajuez   | Fecha formato: 20/03/2017     |
| TELEFONO:         |   | NUMERO DE INFORME:            |
| CELULAR:          | 097 867 5045  | LACOLIA 1   8   7   5   2   2 |
| e-mail:           | ed@lacquanalisis.com  |                               |

|                         |                 |                       |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| CONDICIONES AMBIENTALES | HUMEDAD (%): 51 | TEM. AMBIENTE(°C): 20 |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|

**TIPO DE MUESTRA:** Agua Natural - Ingreso a Planta de Tratamiento  
**RESPONSABLE MUESTREO:** Cliente **FECHA TOMA DE MUESTRA:** 23 de noviembre de 2018  
**TIPO DE TOMA DE MUESTRA:** Puntual  
**FECHA DE ANALISIS:** Desde el 23 de noviembre al 30 de diciembre de 2018  
**FECHA EMISION DE INFORME:** 30 de diciembre de 2018

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

| PARAMETROS  | UNIDAD | RESULTADO | METODO                               | INCERTIDUMBRE DEL METODO |
|-------------|--------|-----------|--------------------------------------|--------------------------|
| Arsénico*** | µg/l   | <2,00     | Standard Methods 3114 B / PA - 87.00 | ---                      |
| Fluoruros   | mg/l   | 0,29      | PRO TEC 062 / HACH 10225             | ± 16,63 %                |
| Hierro*     | mg/l   | 1,64      | PRO TEC 020 / HACH 8008              | ± 22,22 %                |
| Nitratos    | mg/l   | <0,12     | PRO TEC 024 / HACH 8392              | ± 7,95 %                 |
| Nitritos    | mg/l   | 0,024     | PRO TEC 025 / HACH 8507              | ± 2,99 %                 |
| pH          | UppH   | 8,39      | PRO TEC 011 / APHA 4500 H+ B         | ± 1,30 %                 |
| Sulfatos    | mg/l   | <12       | PRO TEC 026 / HACH 8051              | ± 16,08 %                |
| Turbidez    | NTU    | 17,40     | PRO TEC 060 / APHA 2130 B            | ± 21,50 %                |

### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

| PARAMETROS            | UNIDAD    | RESULTADO | METODO                                      | INCERTIDUMBRE DEL METODO |
|-----------------------|-----------|-----------|---|--------------------------|
| Coliformes Fecales*** | MPN/100ml | 170,0     | Standard Methods 9221 B, E y F / PA - 66.00 | ---                      |

\* Parámetro acreditado  
 \*\* Parámetro No acreditado  
 \*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: OAE LE 2C 05-005  
 \*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

**PERSONAL RESPONSABLE:**

  
 Ing. Andrés Manzano  
ANALISTA



  
 Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TECNICO

**NOTA:**  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

## ANEXO B: Análisis de agua salida de la planta (Muestra 2)



### INFORME DE RESULTADOS



| DATOS DEL CLIENTE |  |
|-------------------|--|
| CLIENTE:          | JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA SAN MARCÓS |
| REPRESENTANTE:    | Sr. Jorge Pacheco  |
| DIRECCION:        | Parroquia Alaquez  |
| TELEFONO:         |  |
| CELULAR:          | 097 867 5046   |
| e - mail:         | adj@sanchezalvarado@gmail.com                                    |

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| Versión:           | 9                     |
| Pág.               | 1 de 1                |
| Código:            | REG TEC 018           |
| Fecha formato:     | 20/03/2017            |
| NUMERO DE INFORME: |                       |
| LACQUA             | 1   8 - 2   5   2   3 |

|                         |              |    |                    |    |
|-------------------------|--------------|----|--------------------|----|
| CONDICIONES AMBIENTALES | HUMEDAD [%]: | 51 | TEM. AMBIENTE(°C): | 20 |
|-------------------------|--------------|----|--------------------|----|

|                           |   |                        |                         |
|---------------------------|---|------------------------|-------------------------|
| TIPO DE MUESTRA:          | Agua Potable - Salida Planta de Tratamiento         | FECHA TOMA DE MUESTRA: | 23 de noviembre de 2018 |
| RESPONSABLE MUESTREO:     | Cliente   |                        |                         |
| TIPO DE TOMA DE MUESTRA:  | Puntual   |                        |                         |
| FECHA DE ANALISIS:        | Desde el 23 de noviembre al 10 de diciembre de 2018 |                        |                         |
| FECHA EMISION DE INFORME: | 10 de diciembre de 2018                             |                        |                         |

### INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

| PARAMETROS     | UNIDAD | RESULTADO | METODO                               | INCERTIDUMBRE DEL METODO |
|----------------|--------|-----------|--------------------------------------|--------------------------|
| Arsénico***    | µg/l   | <2,00     | Standard Methods 3114 B / PA - 87.00 | -----                    |
| Cloro Residual | mg/l   | 0,03      | PRO TEC 068 / HACH 8021              | ± 5,51 %                 |
| Fluoruros      | mg/l   | 0,17      | PRO TEC 062 / HACH 10225             | ± 16,63 %                |
| Hierro         | mg/l   | 0,68      | PRO TEC 020 / HACH 8008              | ± 22,22 %                |
| Nitratos       | mg/l   | <0,12     | PRO TEC 024 / HACH 8192              | ± 7,95 %                 |
| Nitritos       | mg/l   | <0,01     | PRO TEC 025 / HACH 8507              | ± 2,99 %                 |
| pH             | Uph    | 8,34      | PRO TEC 011 / APHA 4500 H+ B         | ± 1,30 %                 |
| Sulfatos       | mg/l   | <12       | PRO TEC 026 / HACH 8051              | ± 16,08 %                |
| Turbidez       | NTU    | 2         | PRO TEC 060 / APHA 2130 B            | ± 21,50 %                |

### INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

| PARAMETROS            | UNIDAD    | RESULTADO | METODO                                      | INCERTIDUMBRE DEL METODO |
|-----------------------|-----------|-----------|---|--------------------------|
| Coliformes Fecales*** | NMP/100ml | <1,1      | Standard Methods 9221 B, E y F / PA - 66.00 | -----                    |

Parámetro acreditado

\* Parámetro acreditado fuera del alcance

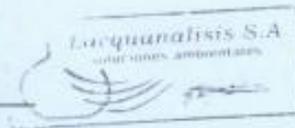
\*\* Parámetro No acreditado

\*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: OAE LE 2C 05-005

\*\*\*\* Parámetro Subcontratado No Acreditado: N/A

#### PERSONAL RESPONSABLE:

  
Ing. Andrés Manzano  
ANALISTA



  
Dr. Harold Jiménez  
DIRECTOR TÉCNICO

#### NOTA:

El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

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

# ANEXO C: Análisis de agua ingreso a la planta (Muestra 3)



## INFORME DE RESULTADOS



| DATOS DEL CLIENTE |   |
|-------------------|---|
| CLIENTE:          | JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATO SAN MARCOS |
| REPRESENTANTE:    | Sr. Jorge Pacheco   |
| DIRECCION:        | Parroquia Alaquez   |
| TELEFONO:         |   |
| CELULAR:          | 097 867 5046  |
| e - mail:         | edisonsanchezalvarado@gmail.com                                 |

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| Versión:           | 9            |
| Pág.               | 1 de 1       |
| Código:            | REG TEC 018  |
| Fecha formato:     | 20/03/2017   |
| NÚMERO DE INFORME: |              |
| LACQUA             | 1 8- 2 5 2 2 |

|                         |                 |                       |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| CONDICIONES AMBIENTALES | HUMEDAD (%): 51 | TEM. AMBIENTE(°C): 20 |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|

|                           |  |
|---------------------------|--|
| TIPO DE MUESTRA:          | Agua Natural - Ingreso a Planta de Tratamiento |
| RESPONSABLE MUESTREO:     | Cliente  |
| TIPO DE TOMA DE MUESTRA:  | Puntual  |
| FECHA DE ANALISIS:        | desde 22 de enero al 8 de febrero de 2019      |
| FECHA EMISION DE INFORME: | 8 de febrero de 2019                           |
|                           | FECHA TOMA DE MUESTRA: 22 de enero de 2019     |

## INFORME ANALISIS FISICO-QUIMICOS

| PARAMETROS     | UNIDAD | RESULTADO | MÉTODO                                 | INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO |
|----------------|--------|-----------|--|--------------------------|
| Arsénico       | µg/L   | 0.002     | Standard methods 3114 B / PA – 87.00uv | .....                    |
| Fluoruros      | mg/L   | 0.17      | PRO TEC 062 / HACH 10225               | ± 5.51%                  |
| Cloro Residual | mg/L   | 0.0       | PRO TEC 068 / HACH 8021                | ± 16.63%                 |
| Hierro         | mg/L   | 0.71      | PRO TEC 020 / HACH 8008                | ± 22.22%                 |
| Nitratos       | mg/L   | <0.12     | PRO TEC 024 / HACH 8192                | ± 7.95%                  |
| Nitritos       | mg/L   | <0.01     | PRO TEC 025 / HACH 8507                | ± 2.99%                  |
| pH             | UpH    | 8.90      | PRO TEC 011 / APHA 4500 H+B            | ± 1.30%                  |
| Sulfatos       | mg/L   | <12       | PRO TEC 026 / HACH 8051                | ± 16.08%                 |
| Turbidez       | UTM    | 8         | PRO TEC 060 / APHA 2130 B              | ± 21.50%                 |

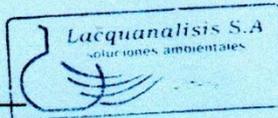
## INFORME ANALISIS MICROBIOLÓGICO

| PARAMETROS            | UNIDAD     | RESULTADO | MÉTODO                                      | INCERTIDUMBRE DEL MÉTODO |
|-----------------------|------------|-----------|---|--------------------------|
| Coliformes fecales*** | NMP/100 ml | <1.1      | Standard methods 9221 B, E Y F / PA – 66.00 | .....                    |
| Coliformes totales*** | nmp/100 ml | <1.1      | Standard methods 9221 B, E Y F / PA – 66.00 | .....                    |

Parámetro acreditado  
 \* Parámetro acreditada fuera del alcance  
 \*\* Parámetro No acreditado  
 \*\*\* Parámetro Subcontratado Acreditado: OAE LE 2C 05-005  
 \*\*\*\* Parámetro Subcontratado No acreditado: N/A

### PERSONAL RESPONSABLE:

Ing. Andrés Manzano  
 ANALISTA



Dr. Harold Jiménez  
 DIRECTOR TECNICO

NOTA:  
 El informe solo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano s/n y Montalvo  
 Teléfono: (03) 2420 106 · Móvil: 099-5363620 · info@lacquanalisis.com  
 Ambato, Ecuador - Sud América

## Anexo 1.- PLANTA DE TRATAMIENTO



## Anexo 2.- Toma de muestras

*Ingreso a la planta*



*Salida de la planta*

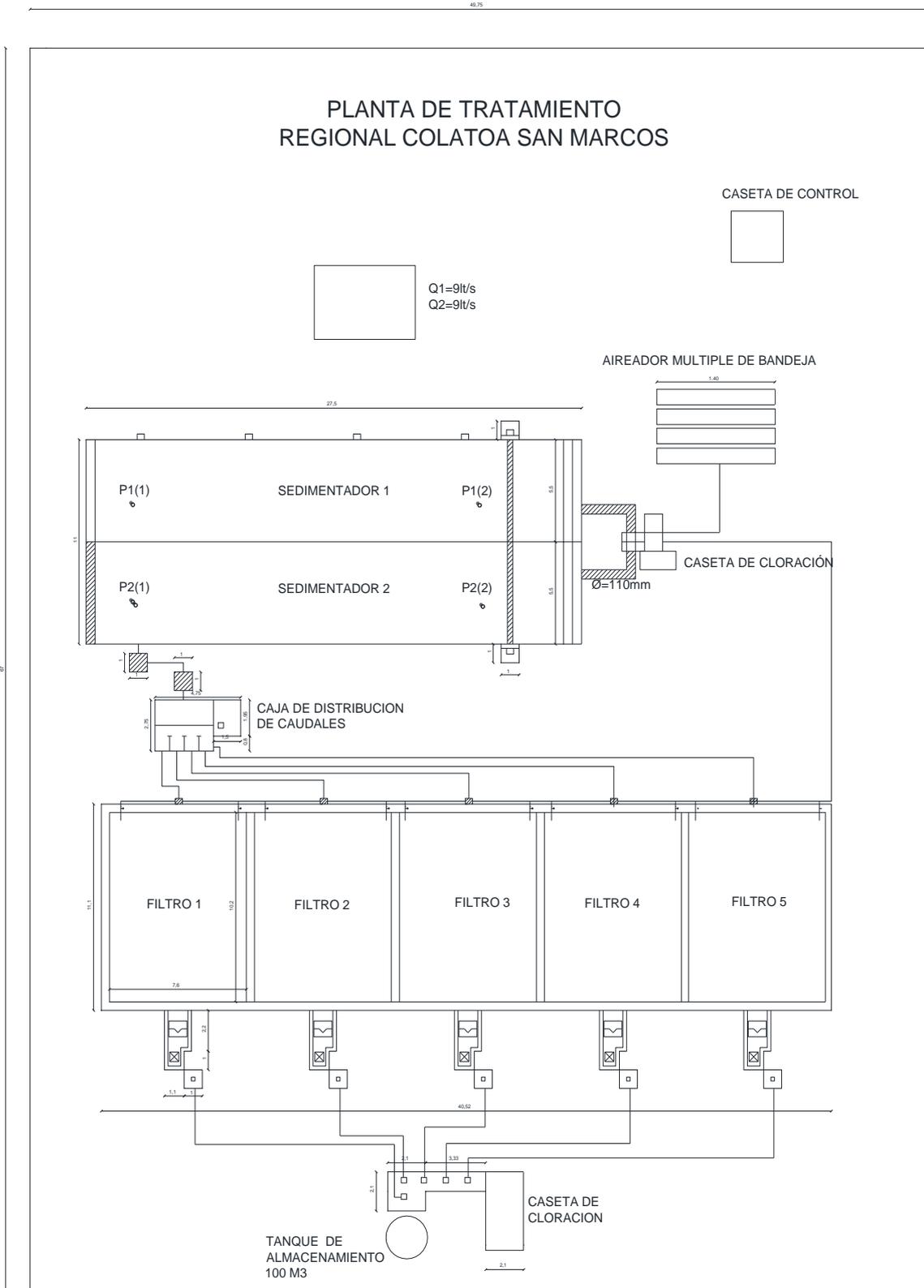


**Anexo 3.- Medición de caudal**





**Anexo 5.- Planimetría de la propuesta de rediseño planta de tratamiento de agua potable  
“Colatoa-San Marcos”**



**Anexo 6.-** Hoja de Vida del proponente del proyecto de investigación.

**CURRÍCULUM VITAE**



**a) DATOS PERSONALES**

**NOMBRES:** Edison Christian  
**APELLIDOS:** Sánchez Alvarado  
**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 180444912-0  
**FECHA DE NACIMIENTO:** 27 de octubre de 1993  
**EDAD:** 25 años  
**ESTADO CIVIL:** Soltero  
**NACIONALIDAD:** Ecuatoriana  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** Tungurahua, Pelileo. Av. Huambalo, sector la Paz

**N° TELÉFONO:** (03) 2830-527  
**N° CELULAR:** 09848931991  
**CORREO ELECTRÓNICO:** [edisonsanchezalvarado1993@gmail.com](mailto:edisonsanchezalvarado1993@gmail.com)  
**TIPO DE SANGRE:** [O+](#)

**b) ESTUDIOS REALIZADOS**

**INSTRUCCIÓN PRIMARIA**

UNIDAD EDUCATIVA “LICEO JOAQUIN ARIAS”.  
PELILEO – ECUADOR

**INSTRUCCIÓN SECUNDARIA**

UNIDAD EDUCATIVA “BOLIVAR”  
AMBATO – ECUADOR

**INSTRUCCIÓN SUPERIOR**

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

LATACUNGA – ECUADOR

c) **TÍTULOS OBTENIDOS**

- TÍTULO DE BACHILLERATO ESPECIALIDAD EN: CIENCIAS SOCIALES
- EGRESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (AGOSTO 2018)

d) **IDIOMAS**

Suficiencia en el Idioma inglés en el año 2017 en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Sede Latacunga.

e) **PRACTICAS PRE-PROFESIONALES**

- Secretaria Nacional Del Agua – SENAGUA  
Departamento de Agua Potable y Riego.  
Desde el mes de octubre 2018 hasta el mes de marzo de 2019  
0984475212/0984931991  
Latacunga -Ecuador

f) **CURSOS:**

- Curso de aprobación “GESTION Y CALIDAD AMBIENTAL, organizado por la Unidad de Calidad Ambiental (Mae-Cotopaxi), con una duración de 40 horas, realizado los días 29 de agosto hasta el 02 de septiembre del 2016.
- Seminario de “CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL”, organizado por la Universidad Técnica de Cotopaxi, con una duración de 40 horas, realizados los días 14 y 15 de septiembre del 2016.

- Curso de “USO Y MANEJO DE GPS”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 4 horas académicas, realizado el día 22 de octubre de 2017 en la ciudad de Riobamba.
- Curso de formación en “MANEJO INTEGRAL SUIA (SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL)”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 12 horas académicas, realizado los días 9 y 10 de diciembre de 2017 en la ciudad de Quito.
- Curso Internacional de “ESPECIALISTA EN ARCGIS APLICADO A INGENIERÍA AMBIENTAL”, organizado por HSE-ECUADOR, con una duración de 80 horas académicas, realizado los días 14, 15, 21, 25, 26, 27, 28, 29 de octubre de 2017 en la ciudad de Riobamba.

Anexo 7.- Hoja de Vida del tutor del Proyecto de Investigación.

**CURRICULUM VITAE 1**



**1.- DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS  
NOMBRES: MANUEL PATRICIO  
CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582  
NUMEROS TELÉFONICOS: 032824577 – 0992050541  
E-MAIL: patricio\_clavijo2005@yahoo.com  
manuel.clavijo@utc.edu.ec

**2.- ESTUDIOS REALIZADOS**

| NIVEL  | TITULO OBTENIDO  | FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT | CODIGO DE REGISTRO SENESCYT |
|--------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| TERCER | LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACION ESPECIALIDAD BIOLOGIA Y QUIMICA                         | 3 DE AGOSTO DEL 1992             | 1010-02-142218              |
| CUARTO | MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENSION PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR | 03 DE JUNIO DEL 2003             | 1020-03-399385              |
| CUARTO | DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION Y                                   | 19 DE OCTUBRE DEL 2007           | 1008-07-668233              |

|        |   |                      |                  |
|--------|---|----------------------|------------------|
|        | COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA |                      |                  |
| CUARTO | MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL                                   | 28 de JUNIO DEL 2017 | 1036-2017-185915 |

### 3.- EXPERIENCIA LABORAL

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin- Galápagos. 1991.
- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- ❖ Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- ❖ Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental.
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental – UTC

### 4.-CURSOS DE CAPACITACION

| CURSO       | TEMATICA   | FECHA          | Nro. DE HORAS |
|-------------|--|----------------|---------------|
| CERTIFICADO | FORO LEY MINERA  | ENERO 2009     | 40            |
| CERTIFICADO | MESA REDONDA SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AMBIENTE          | JUNIO 2010     | 8             |
| CERTIFICADO | SEMINARIO SOBRE TUTORÍA E INVESTIGACIÓN                      | DICIEMBRE 2010 | 32            |
| CERTIFICADO | SEMINARIO SOBRE FUNDAMENTOS DE GESTIÓN DE ESPACIOS NATURALES | DICIEMBRE 2010 | 15            |

|             |  |                    |    |
|-------------|--|--------------------|----|
| CERTIFICADO | I CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y MEDIO AMBIENTE 2012  | OCTUBRE 2012       | 40 |
| CERTIFICADO | IV FORO CLIMATICO REGIONAL 2013: SITUACION Y PERSPECTIVAS CLIMATICAS EN LA REGION INTERANDINA, AMAZONICA Y EN LA PROV. DE COTOPAXI PARA EL TRIMESTRE JUNIO-AGOSTO 2013 | 13 JUNIO 2013      | 20 |
| CERTIFICADO | I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – UNIVERSIDAD NACIONAL DE BOLIVAR  | JULIO 2013         | 40 |
| CERTIFICADO | TERCER SIMPOSIO DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL PERU   | SEPTIEMBRE 2013    | 80 |
| CERTIFICADO | TALLER DE POLITICAS PÚBLICAS AMBIENTALES PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE: RETOS, OPORTUNIDADES Y LECCIONES APRENDIDAS.  | OCTUBRE 2013       | 20 |
| CERTIFICADO | JORNADAS DE ACTUALIZACION: SEGURO AGRARIO, SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  | NOVIEMBRE 2013     | 40 |
| CERTIFICADO | I JORNADA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL  | DICIEMBRE 2013     | 40 |
| CERTIFICADO | INSTRUCTOR DEL SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN ACADÉMICA DE BIOTECNOLOGÍA   | MARZO 2013         | 40 |
| CERTIFICADO | CONGRESO Y EXPO DE HIDROCARBUROS Y MEDIO AMBIENTE  | MAYO 2014          | 40 |
| CERTIFICADO | SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA FORMAS DE ANÁLISIS Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS IAEN-QUITO  | JUNIO 2014         | 40 |
| CERTIFICADO | SEMINARIO INTERNACIONAL “AGROECOLOGIA Y SOBERANIA ALIMENTARIA”   | 15 – 19 JULIO 2014 | 40 |

## **6.- PONENCIAS**

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil, con el tema: Estudio de las plantas introducidas en las islas pobladas de Galápagos.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi por macroinvertebrados, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Blended Learning en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de Primero de Bachillerato de los colegios públicos del Cantón Latacunga, apoyando a la construcción colectiva de un aula virtual.
- Expositor en el III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo sostenible – Ecuador 2017, con el tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el III Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Integrados por un desarrollo sostenible”, con el tema: Análisis de los contaminantes por fuentes móviles en el Cantón Latacunga.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación del gen 18S como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epilíticas.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores en el río Calope, La Maná.

## **7.- SEMINARIOS DICTADOS**

- Expositor en el Seminario de Diseño de Tesis – Cotopaxi - 2005
- Expositor en Curso Teórico – Práctico de Educación para la Salud - Tungurahua - Huambalo febrero 2009.
- Expositor en el Tercer Foro Ambiental sobre la Influencia de Virus AH1N1 y su relación con el Medio Ambiente – U.T.C. – Latacunga junio 2009.
- Expositor en el Seminario de “Diseño de Tesis”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cotopaxi.- UTC. Latacunga septiembre 2005.
- Facilitador en el Taller sobre el Nuevo Bachillerato Unificado Ecuatoriano, Universidad Nacional de Loja. Loja 2011.

## **8.- PROYECTOS REALIZADOS**

- Estudio de Plantas Introducidas en el Sector Urbano de la Provincia de Galápagos. Galápagos junio – diciembre 1991.
- Relación de la Universidad con el Sector Productivo en la Provincia de Cotopaxi. Latacunga Julio 1999.
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.

- Director y Asesor de Tesis de la U. A. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado, con los temas:
  - Elaboración de Cerveza a partir de Maíz (*Zea mays*), Mote (*Zea mays* var.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*) por medio de Métodos Tradicionales del Ecuador.
  - Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
  - Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
  - Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
  - Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
  - Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
  - Diseño de una Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
  - Elaboración de sopa instantánea de arroz de cebada con tres tipos de saborizantes como alternativa de alimentación. 2013.
  - Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
  - Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
  - Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
  - Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujilí. 2015.
  - Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
  - Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
  - Estudio biótico en el Río Ambi, 2016
  - Determinación de la calidad del agua a partir de macro y microinvertebrados de la Laguna Anteojos del Parque Nacional Llanganates 2017.
  - Manejo integrado del Relleno Sanitario de la Mancomunidad Pujilí – Saquisilí.
  - Actividades de EXTENSION UNIVERSITARIA periodos 2009 – 2010.
  - Identificación de diatomeas epilíticas como bioindicadores en el río Cutuchi, Cotopaxi, Ecuador.

## 9.- ARTICULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.

- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> Y SO<sub>2</sub> EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.
- Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA.

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**Anexo 8.-** Aval de traducción al idioma ingles



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

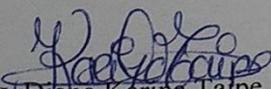
***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado **SANCHEZ ALVARADO EDISON CHRISTIAN** con C.I. **180444912-0** de la Carrera de **INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE REGIONAL COLATOA-SAN MARCOS DE LA PARROQUIA ALAQUEZ, CANTON LATACUNGA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Febrero de 2019

Atentamente,



Mg. Diana Karina Tarpe Vergara  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 172008093-4



CENTRO DE IDIOMAS