



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2018-2019.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero de Medio Ambiente

Autores:

Almache Caisaguano Alex Fernando

Lema Quinatoa Cristian David

Tutor:

PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.

Tutor Externo:

Ing. Lara Landázuri Renán.

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2019

DECLARACION DE AUDITORIA

Nosotros, **Almache Caisaguano Alex Fernando** y **Lema Quinatoa Cristian David**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**Estudio de viabilidad técnica para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable en la junta de agua los Ilinizas, periodo 2018 – 2019**”, siendo la **PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.**, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Almache Caisaguano Alex Fernando

CI: 050399360-2



Lema Quinatoa Cristian David

CI: 050438151-8

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 **ALMACHE CAISAGUANO ALEX FERNANDO**, identificado con C.C. N° **050399360-2** de estado **SOLTERO** y con domicilio, en el barrio Guanailin San Pedro, parroquia Mulliquindil Santa Ana, cantón Salcedo, provincia Cotopaxi; y **LEMA QUINATO A CRISTIAN DAVID**, identificado con C.C. N° **050438151-8** de estado civil **SOLTERO** y con domicilio, en la parroquia Tanicuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, a quienes en lo sucesivo se denominarán **LOS CEDENTES**; 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. - LOS CEDENTES, son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación 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. - (Octubre 2014 - Febrero 2015 hasta Abril - Agosto 2019)

Aprobación HCD. – 04 de abril de 2019.

Tutor. - PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.

Tema: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2018-2019.**

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, **LOS CEDENTES** autorizan 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 **LOS CEDENTES**, transfieren 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.
- e) 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 **LOS CEDENTES** declaran 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 **LOS CEDENTES** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. – **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LOS CEDENTES** en forma escrita.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LOS CEDENTES** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, 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.

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.

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 22 días del mes de julio 2019.



Almache Caisaguano Alex Fernando
EL CEDENTE



Lema Quinatoa Cristian David
EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2018-2019.”, de **ALMACHE CAISAGUANO ALEX FERNANDO**, identificado con C.C. N° **050399360-2** y **LEMA QUINATOA CRISTIAN DAVID**, identificado con C.C. N° **050438151-8**, de la carrera de **INGENIERÍA DE 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 Honorable 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 julio de 2019

Firma



.....
TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACION

PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.
C.I.: 060414790-0


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de Miembros del Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Titulación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente; por cuanto, los postulantes: **ALMACHE CAISAGUANO ALEX FERNANDO**, identificado con C.C. N° 050399360-2 y **LEMA QUINATO A CRISTIAN DAVID**, identificado con C.C. N° 050438151-8, con el proyecto de investigación, cuyo título es: “ **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2018-2019.**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Sustentación** en la fecha y hora señalada.

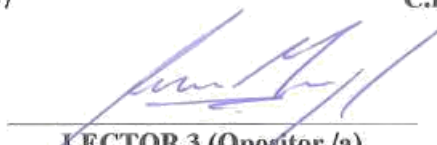
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de julio de 2019

Para constancia firman:


LECTOR 1 (Presidente/a)
Ing. Kalina Fonseca
C.I.: 172353445-7


LECTOR 2 (Secretario/a)
Ing. Vinicio Mogro
C.I.: 050105751-4


LECTOR 3 (Opositor /a)
Ing. Juan Espinoza Mg.
C.I.: 171347432-6

AGRADECIMIENTO

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios, sin embargo, no creemos que sea el único legado del cual particularmente estamos muy agradecidos, a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros en los momentos difíciles, alegres, y tristes, a nuestros padres, hermanos y familiares. Al igual expresar un sincero agradecimiento a nuestra querida Universidad, quien abrió sus puertas para acceder a una carrera tan prestigiosa como es la Ingeniería en Medio Ambiente. Agradecer de manera especial a nuestra tutora PhD. Mercy Ilbay, quien con su conocimiento y apoyo supo guiarnos para la elaboración de esta investigación.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron a crecer como persona.

**Almache Alex
Lema Cristian**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres (Blanca y Jorge), que fueron mi inspiración y los pilares fundamentales para lograr con éxito mi formación. A mi madre que con su cariño, comprensión y dedicación, fueron los hermosos detalles de cada mañana. A mi padre un ejemplo de lucha y constancia, fue la fuente de inspiración para cada día dar lo mejor de mí y a mis hermanos (Fabián, Edison, Johana), de igual manera a mis cuñadas (Sandra y Katy) por su apoyo y consejos para conseguir llegar a cumplir esta meta tan anhelada. Finalmente un agradecimiento especial a mi hermana (Gladys), por su, confianza, cariño, apoyo y sobre todo por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Todos en conjunto me hicieron ver, que sin importar cuanto tiempo me tome, todo se puede si de verdad se quiere.

Almache Alex

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico en primer lugar a Dios y a nuestro señor Jesucristo por darme la vida, salud y múltiples bendiciones ya que nunca me desamparó de su manto. A mis padres (Segundo y Luisa), por ser el principal motor y motivo, ya que ellos me han permitido trazar mi camino y caminar con mis propios pies, brindándome todo su amor, apoyo, cuidado y por velar siempre por mis necesidades. A mis hermanos (Carlos, Héctor, Emma) que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, poniendo toda la fe en mí, aconsejándome y brindándome todo el apoyo moral, cuando más lo necesitaba para poder culminar mi vida universitaria. Finalmente, a una persona especial, a mi tío (Alcides), quien fue como mi segundo padre, con su apoyo incondicional, brindándome las herramientas necesarias para culminar mis estudios, por su forma de enseñar que en la vida hay que luchar por la meta trazada sin importar las adversidades que se susciten.

Lema Cristian

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2018-2019.”

Autor/es:

Almache Caisaguano Alex Fernando
Lema Quinatoa Cristian David

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basó en el objetivo de realizar un estudio del diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la “Junta de Agua Los Ilinizas”. Para lo cual se realizó el diagnóstico ambiental mediante la metodología de evaluación ecológica rápida de los aspectos climatológicos, geológicos, bióticos y sociales. Para el diseño se utilizó la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes del IEOS (INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS). Los resultados permiten identificar una temperatura y precipitación promedio anual de 10,4 °C y 876,59 mm. Con suelo franco arenoso y se encuentran bajo cultivos de ciclo cortos tales como: cultivo de papas, pasto cultivado, maíz, etc. El análisis de agua permitió identificar que el arsénico (As), DBO5 y DQO se encuentran sobre los límites máximo permisibles del TULSMA. El diseño de la planta estará constituido por un filtro lento de arena ascendente, el proceso que se ejecutará para el As, es oxidarlo mediante la inyección de aire en la parte inferior del filtro cambiando de As (III) a As (V), para que su tratamiento sea eficaz. Para a continuación pasar por las diferentes capas filtrantes y finalmente pasar por la capa de carbón activado (CA) para la eliminación de los tres parámetros. Concluyendo que el agua pasará por un proceso de cloración que permitirá eliminar algún agente que ingreso en el transcurso de los procesos.

Palabras clave: análisis, carbón activado, calidad del agua, filtro combinado, planta de tratamiento.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: TECHNICAL VIABILITY STUDY FOR THE DESIGN OF A DRINKING WATER TREATMENT PLANT IN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, LATACUNGA CANTON, IN THE COTOPAXI PROVINCE PERIOD 2018 – 2019.

Authors:

Almache Caisaguano Alex Fernando
Lema Quinatoa Cristian David

ABSTRACT

This research work aimed in a study of the design of the drinking water treatment plant for the “Junta de Agua Los Ilinizas”. For which the environmental diagnosis was made using the methodology of brief ecological evaluation of the climatological, geological, biotic and social aspects. For the design, the standard was used for the study and design of drinking water systems and wastewater disposal for populations over 1000 inhabitants of the IEOS (ECUADORIAN INSTITUTE OF OBRAS SANITARIAS). The following information was obtained in the research, in terms of the average annual temperature; the area presents 10.4 ° C and 876.59 mm precipitation. The soil is sandy loam and there are short-cycle crops such as: potato cultivation, cultivated grass, corn, chocho, etc. The water analysis allowed us to identify that arsenic (As); BOD5 and DQO are above the maximum permissible limits of TULSMA. The design of the plant will consist of a slow rising sand filter, the process that will be executed for the As, is to oxidize it by injecting air into the bottom of the filter changing from As (III) to As (V), in order to the treatment to be effective. To then go through the different filter layers and finally go through the activated charcoal (CA) layer for the elimination of the three parameters. Lastly, the water will go through a chlorination process that will eliminate some agent that entered during the processes.

Keywords: analysis, activated charcoal, water quality, combined filter, treatment plant

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
5. OBJETIVOS.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:	6
CAPITULO I.....	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. El Agua.....	7
7.1.1. Importancia del agua.....	7
7.2. Tipos De Cuerpos De Agua.....	7
7.2.1. Agua subterránea.....	8
7.2.2. Agua superficial.....	8
7.3. Calidad de agua.....	8
7.3.1. Importancia del análisis de agua.....	8
7.3.2. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	9
7.4. Contaminación del agua.....	11
7.4.1. Fuentes de contaminación.....	11
7.4.2. Efectos de la contaminación del agua a la salud humana.....	12
7.4.3. Los mecanismos de transmisión de las enfermedades.....	12
7.5. Presencia del arsénico en el medio ambiente.....	13
7.5.1. Arsénico en las aguas continentales subterráneas.....	14
7.5.2. Origen de las elevadas concentraciones de arsénico presentes en las aguas.....	14
7.5.3. Arsénico en el agua potable.....	15
7.5.4. Efectos en la salud.....	16
7.6. Técnica de remoción de arsénico.....	16
7.6.1. Oxidación/ Reducción.....	16
7.6.2. Precipitación.....	17
7.6.3. Adsorción e intercambio iónico.....	17
7.7. Plantas De Tratamiento.....	17
7.7.1. Tipos De Plantas De Tratamiento De Agua.....	18
7.7.2. Tipos de tratamiento.....	19
7.8. Procesos para el tratamiento del agua.....	19

7.8.1.	Cribado.	19
7.8.2.	Coagulación-floculación.	20
7.8.3.	Sedimentación.	20
7.8.4.	Filtración.	20
7.8.5.	Filtración lenta de arena	20
7.8.6.	Desinfección.	25
7.9.	Parámetros de diseño.....	25
7.9.1.	Población.	25
7.9.2.	Análisis del nivel de complejidad	25
7.9.3.	Período de diseño	25
7.9.4.	Caudales.	26
7.9.5.	Parámetros de calidad.	26
7.9.6.	Estándares de construcción.	27
7.10.	Demanda química de oxígeno (dco) y demanda bioquímica de oxígeno (dco5)	29
7.10.1.	Demanda química de oxígeno (DQO)	29
7.10.2.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	29
7.10.3.	Tratamiento para disminuir el DBO5 y DQO	29
7.11.	Filtración con carbón activado.....	30
7.11.1.	El Carbón Activado.....	30
7.11.2.	Generalidades del carbón activado	30
7.11.3.	Características fisicoquímicas del carbón activado.	31
7.11.4.	Estructura del carbón activado	32
7.11.5.	Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción del carbón activado .34	
7.11.6.	Fabricación de carbón activado	35
7.11.7.	Regeneración del carbón activo	36
7.11.8.	Carbón activo a partir de la cascara de coco	37
7.11.9.	Clasificación del carbón activado.	37
7.11.10.	Métodos de activación del carbón	38
7.11.11.	Consideraciones al aplicar el carbón activado en el tratamiento del agua.	39
7.12.	Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente.....	39
7.12.1.	La cloración	39
7.12.2.	Parámetros técnicos que influyen en la eficiencia de la desinfección	40
7.12.3.	Proceso para la dosificación	41

8.	MARCO LEGAL	42
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA	50
	CAPITULO II	51
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL	51
10.1.	Diagrama de flujo para el desarrollo de los objetivos.	51
	51
10.2.	Metodologías (técnicas, métodos instrumentos).	52
10.3.	Tipo de investigación.	53
10.4.	Métodos.	53
10.4.1.	Método geométrico.	53
10.4.2.	Método volumétrico.	54
10.5.	Técnicas.	54
10.6.	Instrumentos.	55
10.7.	Diseño no experimental.	55
10.7.1.	Cálculo de la tasa de crecimiento.	55
10.7.2.	Cálculo de la población futura.	55
10.7.3.	Cálculo del caudal medio.	55
10.7.4.	Cálculo del caudal de diseño.....	56
10.7.5.	Cálculo filtro lento de arena	56
10.7.6.	Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.	56
10.8.	Herramientas para analizar los resultados.	56
	CAPITULO III	57
11.	DESARROLLO METODOLÓGICO	57
11.1.	Climatología e hidrología.	58
11.1.1.	Precipitación y temperatura	58
11.1.2.	Hidrología	58
11.2.	Geología	58
11.2.1.	Uso de Suelo.	58
11.3.	Aspecto social y económico.	59
12.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
12.1.	Diagnóstico ambiental	59
12.1.1.	Área de estudio	60
	Ubicación geográfica	60
12.1.2.	Climatología	62
12.1.3.	Hidrología	65
12.1.4.	Geología y suelos	69

12.1.5.	Aspectos bióticos	74
12.1.6.	Aspectos sociales	75
	Principales Actividades Económicas	76
	Salud pública	77
12.2.	Bases de diseño	77
12.2.1.	Población actual	78
12.2.2.	Período de diseño	78
12.2.3.	Población futura	78
12.2.4.	Caudal medio diario	79
12.2.5.	Caudal máximo diario	79
12.2.6.	Caudal máximo horario	80
12.2.7.	Caudales de diseño	80
12.2.8.	Caudal de tratamiento	80
12.2.9.	Cálculo de los procesos del sistema de agua potable	81
13.	CONCLUSIONES	83
14.	RECOMENDACIONES	84
15.	BIBLIOGRAFÍA	86
16.	ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Beneficiarios directos e indirectos del proyecto.	3
Tabla 2. Procesos unitarios posibles a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.	19
Tabla 3. Dotación según la complejidad del sistema	25
Tabla 4. Periodo de diseño máximo.	26
Tabla 5. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua.	27
Tabla 6. Eficiencia de remoción filtro lento de arena.....	29
Tabla 7. Materias primas y tecnologías de activación del CA	35
Tabla 8. Propiedades del carbón activado obtenido de distintos percusores	36
Tabla 9. Parámetros técnicos que influyen en la eficiencia de la desinfección.....	41

Tabla 10. Cálculo del hipoclorito de calcio, según método del estimado.....	41
Tabla 11. Coordenadas UTM, del área del proyecto.	60
Tabla 12. Estaciones meteorológicas, serie 1990 – 2013	62
Tabla 13. valores promedios media anual de temperatura °C	63
Tabla 14. valores promedios mensuales de la precipitación.....	65
Tabla 15. Análisis de las vertientes soltero guayco-rasuyacu del proyecto viabilidad técnica para el diseño de una planta de tratamiento de AA.PP	67
Tabla 16. Resultado Arsénico.....	68
Tabla 17. Resultado DBO5	68
Tabla 18. Resultado DQO	68
Tabla 19. Flora Del Área Del Proyecto.	744
Tabla 20. Fauna Del Área Del Proyecto.	755
Tabla 21. Población INEC – 2010.....	766
Tabla 22. Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable	78
Tabla 23. Criterios de diseño para filtros lentos de arena (Kiely, 1999).	811

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1:Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas	63
Figura 2:Ubicación de las vertientes y cauces a su entorno.....	66
Figura 3:Ubicación de áreas protegidas cercanas al proyecto	69
Figura 4:Textura del suelo dentro del área de proyecto	70
Figura 5: Uso del suelo dentro del área de proyecto	71
Figura 6:. Cobertura vegetal del área de proyecto	73

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Estructura del carbón activado (Reinoso, 2005).....	32
Imagen 2:Estructura del carbón tipo grafito (Reinoso, 2005).....	32
Imagen 3:Estructura del carbón por poros en su forma granular (Hernández & Ortez, 2006).....	33

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Temperatura Anual	64
Grafico 2: Precipitación Anual	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Presupuesto.....	1
Anexo 2.- Eficiencia de remoción filtro lento de arena.....	1
Anexo 3.- Materias primas y tecnologías de activación del CA.....	1
Anexo4.-Recopilación de datos de precipitación de la estación Saquisilí PV	2
Anexo 5.- Recopilación de datos de temperatura de la estación de código M0120 Cotopaxi – Clirsén -Iee	3
Anexo 6.- Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.....	5
Anexo 7.- Toma de muestras del agua de consumo de la “Junta Los Ilinizas”	6
Anexo 8.- Calicata en el área del proyecto... ..	6
Anexo 9.- Recolección de información a los usuarios de la “Junta de agua Los Ilinizas”. .	6
Anexo 10.- Captaciones adjudicadas a la “Junta de agua Los Ilinizas”	6
Anexo 11.- Resultado del análisis del agua	7
Anexo 12. Planos de los procesos para la purificación del agua	9
Anexo 13. Hoja de vida de la tutora de investigación: PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.....	13
Anexo14. Hoja de vida del autor: Almache Caisaguano Alex Fernando... ..	19
Anexo 15.- Hoja de vida del autor: Lema Quinatoa Cristian David.....	21

1. INTRODUCCIÓN.

La calidad del agua es una característica de vital trascendencia en el consumo humano y uso doméstico, de ahí que su preservación y manejo debe ser una constante preocupación de usuarios y autoridades, por lo cual su tratamiento debe ser necesario en las diferentes fuentes de agua. Actualmente la calidad de la misma es variable por la presencia de agentes externos a este recurso. El agua que es distribuida a los usuarios de la junta “Los Ilinizas” no es la adecuada para su consumo, por lo cual se ha visto la necesidad de diseñar una planta de tratamiento con base a los análisis físicos, químicos y microbiológicos obtenidos, los mismos que permitirán identificar la alteración en los parámetros, los cuales se compararán acorde a la normativa vigente ambiental del Ecuador.

La planta de tratamiento se dimensiono mediante cálculos, de acuerdo a los análisis del agua y al caudal que emite la fuente, utilizando softwares avanzados como son: Microsoft Excel, Sketch Up, QGIS (Sistema de Información Geográfica), AutoCAD, etc. Tanto para el cálculo del presupuesto, calculo hidráulico y dibujo técnico del diseño del proyecto. La realización del presente proyecto se seguirá normativas para el diseño de la planta de tratamiento y calidad de agua como fuente de consulta de especificación para este tipo de proyectos.

Para la purificación del agua se ha tomado en cuenta procesos unitarios y adecuados a los parámetros alterados, los mismos que son: un filtro lento arena en combinación de una capa de carbón activado y tanque hipoclorador, con base a los cálculos obtenidos se logró determinar que los procesos a implementar disminuirán la concentración de los parámetros alterados.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La presente investigación tiene como finalidad dar respuesta a los problemas de la calidad del agua de consumo humano existentes en las comunidades que son beneficiarias de la red hídrica de la junta de agua “Los Ilinizas”. Uno de los principales problemas existentes en el país es el poco interés de las autoridades hacia las comunidades, que utilizan el agua de un determinado acuífero, sin ningún tipo de conocimiento de la situación en que se encuentra el cuerpo de agua. Por ello surge la necesidad del proyecto de investigación en los acuíferos que administra la “Junta de agua los Ilinizas” la cual dota del suministro a cinco comunidades, las mismas que no cuenta con la adecuada purificación del recurso hídrico para su consumo.

Frente a la realidad del sistema de captación y distribución del agua, que actualmente es entubada, y por ende, acarrear agentes que alteran la calidad del agua por fuentes naturales y fuentes artificiales, la alternativa adecuada es realizar el muestreo en lugares diferentes; es decir en el ojo de agua y en el tanque de almacenamiento, esto permitió determinar el agente contaminante y el lugar del problema.

Por la razón expuesta, fue necesario realizar los análisis del agua para con los resultados diseñar la planta de tratamiento con los procesos necesarios para su purificación.

En la presente investigación los beneficiarios serán todos moradores de las Comunidades: Goteras 5 de Junio, Chilcapamba Centro, Monjas, Pucará, Sandoval y Pesillo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

Tabla 1. Beneficiarios directos e indirectos del proyecto.

Barrios de la “Junta de agua los Ilinizas”	BENEFICIARIOS DIRECTOS			BENEFICIARIOS INDIRECTOS		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Monjas						
Pucará				Parroquia		
Chilcapamba				Tanicuchi		
Centro						
Sandoval	1835	882	953	12.831	6.256	6.575
Goteras 5 de Junio						
Pesillo						

Fuente: INEC (2010)

Elaborado por: Almache A., Lema David

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

De acuerdo a información del Consejo de Agua del Mundo ONU(2017), mil ochocientos millones de personas utilizan agua contaminada, lo que provoca enfermedades como el cólera, la disentería, el tifus y la polio; esto causa más de ochocientos cuarenta y dos mil muertes al año. A pesar que nuestro planeta tiene una superficie de 71% por ciento de agua, tan solo el 2 por ciento es potable, por lo que debe ser utilizada a conciencia y no promover el desperdicio, ya que alrededor de mil seiscientos millones de personas viven en escasez absoluta, mientras que seiscientos sesenta y tres millones viven sin un suministro cercano. Si el desperdicio y la contaminación del agua continúan, para el 2025, mil ochocientos millones de personas vivirán en zonas de escasez de agua.

En nuestro país, una persona gasta, en promedio al día, 249 litros de agua. Esta cifra es mayor a los 150 litros recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para satisfacer las necesidades de consumo e higiene y un 40% más que el promedio de la región.

Este consumo excesivo, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación de las principales fuentes de agua son algunos de los factores que están poniendo en peligro a los recursos hídricos en el mundo. (OMS, 2010).

En las regiones de Ecuador existen comunidades que se abastecen de agua de diferentes fuentes para el consumo humano, las mismas que por falta de conocimiento de los usuarios son adquiridas directamente sin un previo tratamiento que garantice su calidad. Estudios realizados por la OMS en el año 2010, determinaron que el efecto del consumo de agua no potabilizada, en un 69% provoca enfermedades diarreicas debido a las bacterias, restos fecales o de animales que provocan cientos de enfermedades, y un 4% por un mal manejo de los sistemas de agua potable puede provocar incluso la muerte.

En la actualidad en la provincia de Cotopaxi existen problemas en las fuentes de agua que es distribuida a las parroquias de Toacaso y Guaytacama. En coordinación de SENAGUA en el año 2018, de la zona 3 ha realizado estudios en 10 fuentes de agua, en las que se han identificado la presencia de arsénico con 20 veces más de lo permitido de acuerdo a las normas internacionales.

La parroquia de Toacaso es una zona con abundantes fuentes de agua naturales, una de las cuales administra la junta de agua “Los Ilinizas”, la misma que no cuenta con un adecuado tratamiento para su consumo. Según investigaciones realizadas en el año 2010 por los directivos de la junta, se verificó la presencia de condiciones adversas para la salud como son: desnutrición, enfermedades respiratorias, enfermedades gástricas, todas ellas que guardan relación directa con el agua que consume la población.

5. OBJETIVOS.

General:

Diseñar una planta de tratamiento de agua potable en “La Junta de agua los Ilinizas”, cantón Latacunga, en la provincia de Cotopaxi.

Específicos:

Realizar el diagnóstico ambiental del área de influencia del proyecto de potabilización del agua para consumo humano de la “Junta de agua los Ilinizas”.

Desarrollar cálculos matemáticos con base a los datos obtenidos, para dimensionar la planta de tratamiento.

Diseñar un modelo de planta de tratamiento para la potabilización de agua teniendo en cuenta todos los parámetros correspondientes.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Realizar el diagnóstico ambiental del área de influencia del proyecto de potabilización del agua para consumo humano de la “Junta de agua los Ilinizas”.	-Realizar un muestreo en las dos vertientes que suministra la “Junta de agua los Ilinizas”. -Caracterización de la zona de estudio para cada uno de los componentes ambientales.	-Determinar el parámetro que se encuentra fuera de los límites permisibles y que causa una alteración a la calidad del agua, en base a la comparación con la Normativa TULSMA Anexo I. -Caracterización de los parámetros que se encuentran por fuera de los límites permisibles. -Determinación del área de influencia directa e indirecta del área del proyecto.	Realizar la toma de muestra en dos puntos: En la captación del agua y el tanque de almacenamiento. Visita in-situ, mediante una investigación de campo. Investigación bibliográfica para obtención de datos climáticos y elaboración de información geográfica del área del proyecto.
Desarrollar cálculos matemáticos con base a los datos obtenidos, para dimensionar la planta de tratamiento.	-Realizar los cálculos dependiendo el proceso que se implementara para mejorar la calidad del agua.	-Se obtendrán los datos necesarios para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento.	Determinar la población futura, caudal de diseño y cálculo de los procesos.
Diseñar un modelo de planta de tratamiento para la potabilización de agua teniendo en cuenta todos los parámetros correspondientes.	Dimensionar el modelo de planta de tratamiento utilizando AUTOCAD. Realizar un plano de la planta de tratamiento en SketchUp.	-Modelo de la planta de tratamiento con las especificaciones necesarias para mejorar la calidad del agua. -Modelo en 3D de la planta de tratamiento	Determinar los datos necesarios para dimensionar la planta de tratamiento. Establecer los procesos necesarios para mejorar la calidad del agua.

CAPITULO I

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1.El Agua.

Según Tamayo (2011), establece que el agua es una sustancia química que se encuentra formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El estado más común en la que se puede encontrar es líquido, pero también puede encontrarse en la naturaleza en estado sólido (hielo) y en estado gaseoso (vapor de agua).

El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares tiene el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), y los glaciares continentales contienen el 1,72%.

7.1.1. Importancia del agua.

El agua potable es esencial para todas las formas de vida, incluida la humana, pero sin embargo existe gran parte de agua pura que se encuentra contaminada por las actividades que realiza el ser humano, la misma que a un futuro llegara a ser nociva, o que no se pueda beber.

El agua no solo es importante como recurso vital sino también como recurso económico e industrial, ya que se usa en innumerables actividades industriales, supone un consumo elevado y casi siempre resulta contaminada (Swimtonic Technology, 2018).

7.2. Tipos De Cuerpos De Agua.

Los autores Foster, et.al (2003), mencionan que los cuerpos de agua se clasifican en:

7.2.1. Agua subterránea.

Agua que se encuentra en el subsuelo, la misma que circula desde lugares de alta presión y elevación hacia lugares con baja presión y elevación. El agua subterránea principalmente se origina por el exceso de precipitaciones que se infiltran directamente o indirectamente en la superficie del suelo.

7.2.2. Agua superficial.

Agua natural que se encuentra en reposo o circulando sobre la superficie de la tierra. Estos pueden ser ríos, lagos, quebradas, océanos, mares, humedales, corrientes y estuarios.

7.3. Calidad de agua.

La calidad de un cuerpo de agua puede estar definida no sólo en términos de las características y requerimientos del sistema hídrico que suministra el agua, sino también de acuerdo con los requisitos exigidos a los efluentes que se descargan en el cuerpo receptor. (Chang, 2012).

7.3.1. Importancia del análisis de agua.

La OMS (2010), define que es de vital importancia que los países desarrollados, países en desarrollo y la mayoría de las grandes ciudades, apliquen permanentemente análisis del agua de consumo, mediante la ayuda de analizadores continuos o mediciones en el laboratorio para garantizar a los consumidores que el agua es potable.

7.3.2. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Generalmente, los parámetros que se utilizan para determinar la calidad de agua son:

FÍSICOS:

pH .- El autor Payeras(201 3), afirma que es la medida de la concentración de los iones hidrógeno. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. El pH puede darse en tres condiciones acida, básico o alcalina. El pH óptimo para el consumo humano debe encontrarse en un promedio de 6,5 a 9,5.

Turbidez. - Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. (Payeras, 2013).

Conductividad. - La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura. En la mayoría de soluciones acuosas, cuanto mayor es la concentración de sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. (Félez, 2009).

Temperatura. - Expresa el grado de calor del agua. Existen relaciones entre temperatura, conductividad y pH del agua.

Sólidos en Suspensión. - Se suelen separar por filtración y decantación. Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación. (Payeras, 2013).

QUÍMICOS. - Según, Barrenechea, A. et.al (2004), establece que para realizar análisis químicos del agua se debe cumplir con los siguientes parámetros:

Aceites y grasas. - La presencia de aceites y grasas en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia). El contenido de aceites y grasas en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano.

Agentes tensoactivos. - Entre los agentes espumantes se agrupa a todos los compuestos tensoactivos que, por su naturaleza, en mayor o en menor grado, producen espuma cuando el agua es agitada. La causa principal reside en la presencia de residuos de los detergentes domésticos.

Alcalinidad. - Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.

Aluminio. - Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm.

Arsénico. - Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el ser humano. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos. Las concentraciones de As en aguas naturales usualmente son menores de 10 µg/L. Sin embargo, en zonas mineras pueden encontrarse concentraciones entre 0,2 y 1 g/L.

Bario. - Elemento altamente tóxico para el ser humano; causa trastornos cardíacos, vasculares y nerviosos (aumento de presión arterial). Se considera fatal una dosis de 0,8 a 0,9 gramos como cloruro de bario (de 550 a 600 miligramos de bario). La contaminación del agua por bario puede provenir principalmente de los residuos de perforaciones, de efluentes de refinерías metálicas o de la erosión de depósitos naturales.

Dureza. - Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de

calcio y los de magnesio. Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad.

MICROBIOLÓGICOS.

Coliformes fecales. - Según, Carrillo & Lozano, (2008), manifiesta que son organismos microbiológicos que soportan temperaturas hasta 45°C, los coliformes fecales son indicadores de la presencia de contaminación fecal en los diferentes cuerpos de agua, el más común que se puede encontrar es E. coli.

7.4. Contaminación del agua.

La contaminación del agua es aquella alteración que surge de forma natural o artificial. Gran parte del agua es contaminada por el ser humano haciéndola inadecuada o peligrosa para el consumo humano. Las fuentes de contaminación por las que el agua sufre ese cambio o alteración son: las industrias, la agricultura, y las actividades externas que realizan las personas.

7.4.1. Fuentes de contaminación.

La contaminación hacia las fuentes hídricas puede darse de dos formas, establecidas por el autor (Girbau, 2002):

Fuentes naturales

Son aquellas fuentes de contaminación que son producidas por su entorno natural, estos pueden proceder del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque los contaminantes pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar siempre que estos se encuentren en bajas concentraciones.

Fuentes artificiales.

Son fuentes producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial, actividades agropecuarias y domiciliarias han provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar, estos pueden generar gran alteración a los componentes de la naturaleza.

7.4.2. Efectos de la contaminación del agua a la salud humana.

Según información facilitada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), el agua que provienen de fuentes naturales y con un deficiente saneamiento están relacionadas con transmisión de enfermedades tales como: enfermedades diarreicas, brotes infecciosos asociados a la contaminación fecal en el medio ambiente como el caso de la hepatitis A y enfermedades gastroenteritis. En donde los servicios de agua y saneamiento son inexistentes o gestionados de forma inadecuada exponiendo a las poblaciones con brotes de enfermedades.

7.4.3. Los mecanismos de transmisión de las enfermedades.**Directos**

Por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados. En otros casos, el contagio es por contacto cutáneo o mucoso (con fines recreativos, contacto ocupacional o incluso terapéutico) pudiendo originar infecciones locales en piel dañada o infecciones sistémicas en personas con problemas de inmunodepresión. (Girbau, 2002).

Indirecto

El agua actúa como vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales. Así mismo, los moluscos acumulan gran cantidad de polivirus y pueden ser ingeridos y afectar a los seres humanos. Finalmente, algunos insectos que se reproducen en el agua son transmisores de enfermedades como el paludismo o la fiebre amarilla. (Girbau, 2002).

7.5. Presencia del arsénico en el medio ambiente.

Arsénico.- El arsénico (As) es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza que se encuentra aproximadamente en un 5.10 % de la corteza terrestre.(Revelli, G., et.al. 2016).

El contenido de arsénico oscila entre 1,5 y 2,0mg/kg, siendo el arsénico el vigésimo elemento más abundante en el medio ambiente. La mayoría de problemas ambientales son causados por la movilización natural del arsénico, sin embargo, el ser humano ha intervenido en estos problemas con actividades como la minería, herbicidas, el uso de arsénico como pesticida y como aditivo para la alimentación de las aves de corral, etc.

Se puede encontrar al arsénico en dos formas primarias; orgánicas e inorgánicas, siendo el arsénico inorgánico el más predominante en aguas naturales. El arsénico inorgánico posee dos estados de oxidación As(III) y As(V), arsenito y arseniato respectivamente (Vaca, 2016).

El arsénico está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es la pentavalente o arsenato (As+5). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, (As+3) (Vaca, 2016).

7.5.1. Arsénico en las aguas continentales subterráneas.

La mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales. Uno de las peculiaridades más notables del problema del arsénico de origen natural en las aguas subterráneas, es que no siempre hay una relación directa entre el alto contenido en arsénico en el agua y un alto contenido en arsénico en los materiales que constituyen el acuífero. No se conoce un modelo geológico/hidrogeológico común para todas las ocurrencias identificadas, encontrándose aguas con arsénico en situaciones muy variadas, tanto en condiciones reductoras como en condiciones oxidantes, o en acuíferos sobreexplotados, tanto en zonas áridas como en zonas húmedas, o tanto en acuíferos superficiales libres como en acuíferos profundos confinados. Esta variedad de situaciones viene definida por la peculiaridad de las circunstancias y procesos que concurren en cada uno de los casos o, en otras palabras, la presencia de arsénico en cada caso es la consecuencia de un ambiente geoquímico y condiciones hidrogeológicas específicas.

A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter local, la ocurrencia de concentraciones altas de arsénico de origen natural puede afectar a grandes áreas. Los numerosos casos de “contaminación” natural de aguas subterráneas por arsénico que existen en el mundo están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes: metasedimentos con filones mineralizados, formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, etc. (Smedley 2003).

7.5.2. Origen de las elevadas concentraciones de arsénico presentes en las aguas.

Origen del arsénico por contaminación natural

El origen del arsénico es principalmente geogénico. Este se encuentra presente en las rocas y sus minerales. Es movilizado por desintegración y lixiviación de rocas y procesos geoquímicos naturales (acentuado en muchos lugares por la actividad minera)

y así liberado al ambiente, siendo el agua subterránea y superficial el recurso más afectado. El origen natural de la presencia del arsénico en aguas subterráneas no está bien comprendido, pero se ha sugerido a la disolución o desorción de los minerales que constituyen el acuífero (principalmente óxidos metálicos) bajo condiciones oxidantes como el principal mecanismo responsable, en combinación con las bajas velocidades del flujo subterráneo, aunado a la evaporación (Smedley, 2003).

Origen antropogénico - Actividades contaminadoras de los sistemas acuáticos.

La mayor parte del arsénico (As) que encontramos en las fuentes de agua es de origen natural, no podemos ignorar el As de origen antropogénico, el cual es generado por actividades que realiza el ser humano. Aun así, el origen del arsénico no determina su toxicidad, sino que ésta está determinada por la especie o grado de oxidación en el que el As se encuentre.

El As ha sido utilizado frecuentemente a lo largo de los años en grandes cantidades y sin ningún tipo de control, tanto en la minería como en diferentes industrias, ya sea como insecticida, herbicida, raticida, en pinturas, imprenta, en medicina y en muchas más actividades. las concentraciones promedio que normalmente encontramos de arsénico en el agua, tanto superficial como subterránea, en ríos y acuíferos que no han sido contaminados por efluentes de minería u otras actividades antropogénicas, éstas son usualmente menores a 0.01 mg As/l; mientras que, en sitios cercanos a minas o lugares contaminados por minerales arsenicales, las concentraciones fluctúan entre 0.2 y 1 mg As/l como valor promedio (Herrera et al., s. f. 2013).

7.5.3. Arsénico en el agua potable.

El arsénico en agua es un problema a nivel mundial, la contaminación se deriva de diversas fuentes como aguas subterráneas, superficiales y de lluvia. Se ha evidenciado que el As en agua potable tiene efectos tóxicos para la salud, por lo cual distintos organismos mundiales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y agencia de

protección ambiental de los Estados Unidos (USA-EPA) han adoptado concentraciones de arsénico en aguas de bebida de $10\mu\text{g/L}$. (Vaca, 2016).

7.5.4. Efectos en la salud.

La ingestión de arsénico ha sido asociada con efectos tóxicos a la salud. La exposición a largo plazo puede provocar enfermedades tales como: cáncer a la vejiga, pulmones, riñones, vías nasales, hígado y próstata.

La exposición a corto plazo puede causar efectos como: náuseas, diarrea, dolor abdominal, vómitos, dolores de cabeza, debilidad e hipotensión.

La ingestión de compuestos orgánicos arsenicales facilita la absorción inmediata de As (III) y As (V), provocando así la distribución de este metaloide en casi todos los órganos. Se ha encontrado que la absorción de altas concentraciones de As, por el intestino es debido a alimentos de origen marino, tanto en modelos humanos como animales. Al arsénico inorgánico se lo ha reconocido como un carcinógeno humano. Esta especie arsenical se encuentra disponible en el agua de bebida y es una fuente de exposición muy importante para algunas poblaciones, por lo que puede ser un problema grave de salud pública. (Vaca, 2016).

7.6. Técnica de remoción de arsénico

Se ha consultado al autor Esparza (2006) quien manifiesta que los procesos químicos y fisicoquímicos en la remoción de arsénico se pueden resumir como:

7.6.1. Oxidación/ Reducción

Estas reacciones no remueven el arsénico de la solución, pero usualmente son utilizadas para optimizar otros procesos, especialmente para oxidar el arsenito (As^{+3}) a arseniato (As^{+5}). La reacción puede ser muy lenta si tiene que darse a partir del oxígeno presente

en el aire. Para acelerar la oxidación química es aconsejable usar cloro, dióxido de cloro, permanganato de potasio u ozono.

7.6.2. Precipitación

El arsénico disuelto en el agua es transformado a sólido mineral de baja solubilidad y formar sólidos con otros compuestos cuando se adiciona un coagulante. Este fenómeno es conocido con el nombre de co-precipitación. Los sólidos formados, llamados flocúlos, pueden quedar suspendidos y requieren la remoción, a través de los procesos de separación sólido/líquido, típicamente la coagulación y la filtración.

7.6.3. Adsorción e intercambio iónico

Varios materiales sólidos, incluidos flocúlos de hidróxido de hierro y aluminio, tienen una fuerte afinidad para adsorber arsénico. El arsénico es fuertemente atraído por las superficies de adsorción de estos sólidos y es eliminado de la solución. El intercambio iónico involucra el desplazamiento reversible de un ion adsorbido dentro de una superficie sólida por un ion disuelto.

Se utiliza un sólido como adsorbente para eliminar sustancias solubles del agua, las cuales se unen a la superficie mediante fuerzas electrostáticas o de van der Waals. Dentro de los materiales con capacidades más altas de adsorción están el carbón activado, alúmina activada, arenas, zeolitas naturales, entre otros (Goel et al. 2004).

7.7. Plantas De Tratamiento.

Según, Chulluncuy (2011), menciona que es un conjunto de procesos e infraestructura en donde el agua cruda es sometida a diversos tratamientos con el objetivo de eliminar los microorganismos y los contaminantes físicos y químicos hasta los límites aceptables que estipulan las normas.

7.7.1. Tipos De Plantas De Tratamiento De Agua.

De acuerdo con el tipo de procesos que las forman, las plantas de tratamiento se clasifican: en plantas de filtración rápida estas operan a velocidades altas van de los 80 hasta 300m³/m²*d y plantas de filtración lenta. Este último tipo de planta simula el proceso de purificación que tiene el agua en la naturaleza, por lo que trabajan con tasa 100 veces menores a las tasas de filtración rápida. Según la tecnología usada se pueden clasificar en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente. (Camacho & Cristina, 2011).

Por otra parte los autores Calvo, E. & Bedoya L(2015), aportan que los tipos de plantas de tratamientos, más utilizadas en las diferentes comunidades o ciudades son:

7.7.1.1. Plantas convencionales

Es aquella donde cada uno de los procesos ocurre en estructuras diferentes, es decir, está conformada por canales, floculadores, sedimentadores y filtros. Los tiempos de residencia son muy altos.

7.7.1.2. Planta compacta

Es un sistema de potabilización Es aquella donde los procesos de coagulación, floculación y sedimentación ocurre en una misma unidad para luego pasar a los filtros. Sus tiempos de residencia son bajos.

7.7.1.3. Planta presurizada:

Esta planta es fácil de instalar, ocupa poco espacio, resiste a la intemperie y gracias a su larga vida útil, fácil operación y mantenimiento se posiciona como una gran solución en el tratamiento de agua potable para poblaciones de hasta 1500 personas.

7.7.2. Tipos de tratamiento.

Según Romero (2008), menciona que los tipos de tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con:

Los componentes o impurezas a eliminar.

Parámetros de calidad.

Grados de tratamientos de agua.

En tal sentido, se puede realizar una lista de procesos unitarios necesarios para la potabilización del agua en función de sus componentes. De esta forma, la clasificación sería la siguiente:

Tabla 2. Procesos unitarios posibles a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.

Tipos de contaminantes	Operación unitaria
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación+floculación+decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia orgánica	Afino con carbón activo
Amoniaco	Cloración al breakpoint
Gérmenes patógenos	Desinfección
Metales no deseados (fe, mn)	Precipitación por oxidación
Sólidos disueltos (cl-, na+, k+)	Osmosis inversa

Fuente: Calidad y tratamiento de Agua, 2002. American Water Works Association.

7.8. Procesos para el tratamiento del agua.

Según, Chulluncuy (2011), menciona que para el tratamiento del agua se emplean diferentes procesos como:

7.8.1. Cribado.

Es un mecanismo para retener y separar materiales de grandes y pequeñas dimensiones que estén en las corrientes de agua, como piedras, madera, plástico y hojas de árboles,

mediante rejas en donde estas se quedan retenidas, para limpiar la parte superficial del agua.

7.8.2. Coagulación-floculación.

Es el proceso convencional de coagulación-floculación, se añade un coagulante al agua fuente para crear una atracción entre las partículas en suspensión. La mezcla se agita lentamente para inducir la agrupación de partículas entre sí para formar “flóculos”.

7.8.3. Sedimentación.

Es el proceso físico que consiste en la separación de las partículas en suspensión presentes en el líquido, cuya densidad debe ser mayor, y que por la acción de la gravedad se dé la sedimentación, para obtener el fluido calificado.

7.8.4. Filtración.

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas, coloidales y microorganismos presentes en el agua, que no han quedado retenidas en el proceso de sedimentación, y consiste en hacer pasar el agua a través de medios poroso de material granular, es la principal fase responsable de que cumpla con los estándares para garantizar la calidad de agua potable.

7.8.5. Filtración lenta de arena

El filtro lento de arena se diseñará para los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles arsénico, DBO5 y DQO. La filtración lenta en arena es un tipo de sistema de purificación de agua centralizado o semicentralizado mediante la cual permitirá la eliminación muy efectiva de bacterias, virus, protozoos, turbidez y metales pesados en agua dulce contaminada. (Spuhler, 2018)

En general los sistemas de tratamiento de agua tienen como objetivo eliminar o remover los agentes contaminantes, el proceso de filtración es uno de las principales acciones para garantizar la calidad de agua y que esta sea apta para el consumo humano.

Una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de las aguas fue la de los filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, fue posible eliminar impurezas existentes y reducir drásticamente las enfermedades provenientes por aguas sin tratar (Hernandez & Cuevas, 2009).

La filtración lenta su principal objetivo es el hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso, de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente proceso de degradación química y biológica que reducen a la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta su subsecuente retiro o limpieza (Van & colaboradores, 1978).

La biofiltración puede efectuarse en medios porosos o en medios granulares como la arena o la antracita, entre otros. Recientemente, se han realizado estudios con miras a mejorar el proceso, sustituyendo los materiales de los medios filtrantes, sustituyéndolos por medios fibrosos (Rivas & William, 2004).

Etapas de remoción del proceso de filtración: transporte y adherencia. Una vez que la partícula se ha adherido a la superficie del grano de arena, la película biológica que envuelve a estos puede metabolizar los contaminantes orgánicos, produciendo una remoción permanente a través del mecanismo biológico (Salazar & Natividad, 2016).

Mecanismo de transporte

En esta etapa de remoción básicamente hidráulica, ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre una colisión entre las partículas y los granos de arena.

Estos mecanismos son: intercepción, sedimentación y difusión. Para comprender estos mecanismos, hay que considerar primero la forma en que el fluido se comporta alrededor de un grano de arena considerado como una obstrucción (Salazar & Natividad, 2016).

Si una partícula es llevada por las líneas de flujo, puede colisionar con un grano de arena, adherirse a él y de este modo ser removida.

Cernido: El mecanismo de cernido actúa exclusivamente en la superficie de la arena y solo aquellas partículas de tamaño mayor que los intersticios de la arena. Su eficiencia es negativa para el proceso porque colmata rápidamente la capa superficial, acortando las carreras de filtración.

Los sólidos grandes, especialmente material filamentoso como las algas clodoferas, forman una capa esponjosa sobre el lecho que mejora la eficiencia del cernido, actuando como un pre filtro sobre el lecho de arena, protegiéndolo de una rápida colmatación y permitiéndole cumplir con su función de filtración a profundidad.

Intercepción: Es una de las formas en que las partículas pueden colisionar con los granos de arena. La intercepción solamente puede ocurrir si una partícula es conducida mediante una línea de flujo muy cerca del grano de arena, de modo que roce la superficie de este. Cuanto más grande es la partícula, será más factible que ocurra la intercepción.

Sedimentación: La fuerza de gravedad actúa sobre todas las partículas, produciendo la componente vertical de la resultante de la velocidad de conducción, la cual puede causar la colisión de la partícula con el grano de arena. Su influencia es perceptible solamente con partículas mayores de 10 μ m.

Difusión: Es el tercer mecanismo de transporte representativo en la filtración lenta. La energía térmica de los gases y líquidos se pone de manifiesto en un movimiento desordenado de sus moléculas. Cuando esas moléculas colisionan con una pequeña partícula, esta también empieza a moverse en forma descontrolada, en una serie de pasos cortos, a menudos denominados de andar “desordenado”.

Si la partícula es conducida por las líneas de flujo, la difusión puede cambiar su trayectoria, moviéndose de una línea de flujo a otra, pudiendo eventualmente

colisionar con un grano de arena. Como se puede inferir, cuanto más baja es la velocidad del flujo, más pasos podrá dar la partícula por una unidad de tiempo. Por lo tanto, la velocidad intersticial decrece. Así mismo, a medida que la temperatura se incrementa, aumenta también la energía térmica y, por consiguiente, el número de pasos por unidad de tiempo y la probabilidad de colisión. La difusión es un mecanismo muy importante con partículas de tamaño menor a $1\mu\text{m}$.

Flujo intersticial: En una porción de lecho filtrante con muchos granos de arena, las líneas de flujo tienen una configuración tortuosa. Por definición, el flujo entre dos líneas cualesquiera de corriente es similar y el espacio dentro del cual discurren se denomina conducto cilíndrico. La configuración de estos conductos cilíndricos es tortuosa: se bifurcan, se unen y se vuelven a bifurcar en diferentes puntos. Este continuo cambio de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión, al cruzarse constantemente las partículas y los granos de arena.

Mecanismo de adherencia.

Mientras no se produce la adherencia, no hay remoción. La fracción de partículas que se adhieren en relación con el número de colisiones, por definición es el coeficiente α .

Investigaciones al respecto sugieren que el desarrollo de la película biológica proporciona a los granos de arena una superficie absorbente que favorece la adherencia. Otra suposición, es que las enzimas extracelulares coagulan las partículas, permitiendo así la adherencia. Se desconoce en qué situaciones aumenta o disminuye el valor de α . (Salazar & Natividad, 2016).

Cuando el filtro comienza a funcionar, antes de que se desarrolle la película biológica, la remoción de coliformes es cercana a cero y, por lo tanto, $\alpha=0$, (Bryck & colaboradores, 1987).

Después de que la película biológica se ha desarrollado, la tasa de remoción es del orden de 2 a 4 logaritmos, encontrándose el coeficiente α cercano a 1. Esto indica la importancia de la película biológica en la eficiencia del filtro lento. Los

microorganismos pueden morir o ser ingeridos por los depredadores, antes de que logren alcanzar una superficie absorbente. Por lo tanto, la remoción indicada puede deberse a muerte o predación adicional a la adherencia. Sin embargo, luego de producida la adherencia, ocurrirá inevitablemente la predación y la muerte.

El filtro se considera maduro cuando la película biológica ha llegado a su máximo desarrollo para las condiciones existentes. El límite máximo de desarrollo de la película biológica no está aún definido, necesiéndose mayor investigación al respecto para obtener esta importante información.

Mecanismo biológico.

La remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto tanto del mecanismo de adherencia como del mecanismo biológico

Al iniciarse el proceso, las bacterias transportadas por el agua pueden multiplicarse en forma selectiva, contribuyendo a la formación de la película biológica del filtro y utilizando como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica (Salazar & Natividad, 2016).

Los sistemas de filtración se pueden clasificar por:

Gravedad o presión: la filtración por gravedad es el proceso en el cual se hace pasar el agua por un filtro, y el proceso se realiza por efectos de la gravedad. Los filtros de presión están contenidos en recipientes y el agua fluye forzada por efectos de presión a través del medio filtrante.

Velocidad de filtración: rápida, lenta o variable. La filtración lenta es aquella que se da a velocidades entre 0,1 y 0,2 m/h, mientras que la filtración rápida se da a velocidades entre 5 y 20 m/h.

7.8.6. Desinfección.

La desinfección del agua se refiere a la inactivación o eliminación total de los microorganismos especialmente los patógenos que son causantes de enfermedades, que pueden causar daños a los consumidores del agua.

7.9. Parámetros de diseño.

7.9.1. Población.

La población total estimada de la parroquia Tanicuchi es de 12.831 habitantes, con base al censo realizado en el año 2010. Se calcula que al año 2044, correspondiente al horizonte del proyecto, la población ascenderá a 16.198 habitantes.

7.9.2. Análisis del nivel de complejidad

Se presenta la relación del tipo de planta que se requiere diseñar.

Tabla 3. Dotación según la complejidad del sistema

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS USUARIOS
BAJO	<2500	Baja
MEDIO	2501 a 12500	Baja
MEDIO ALTO	12501 a 60000	Media
ALTO	>60000	Alta

Fuente: Artículo 2°. Resolución 2320 de 2009.

7.9.3. Período de diseño

Para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado se adoptan los periodos de diseño máximos establecidos en la Tabla número 10, según el Nivel de Complejidad del sistema:

Tabla 4. Periodo de diseño máximo.

TABLA NUMERO 10

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	Período de diseño máximo
BAJO, MEDIO Y MEDIO ALTO	25 años
ALTO	30 años

Fuente: Artículo 2°. Resolución 2320 de 2009.

7.9.4. Caudales.

El caudal de agua potable que suministra la “Junta de agua los Ilinizas” actualmente es de:

Quebrada Soltero Huayco	3.00 l/seg
Rasuyacu y Pagta	3.00 l/seg
TOTAL	6.00 l/seg

7.9.5. Parámetros de calidad.

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas de acuerdo a la EUROPEAN COMMUNITY ENVIRONMENT LEGISLATION (1992)., el grado de tratamiento que deben incluir para su potabilización, en los 3 grupos siguientes:

TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección.

TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.

TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección.

Según la normativa europea 98/83 de calidad del agua del año 1988, los tipos de agua se definen por los siguientes parámetros:

Tabla 5. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua.

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
ph	-	6.5-8.5	5.5-9	5.5-9
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg/l	25	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad	S/cm	1000	1000	1000
Detergentes	Lauril sulfato	0.2	0.2	0.5
DQO	mg/lt	-	-	30
OD	% saturación	70	50	30
DBO5	mg/lt	3	5	7
Coliformes totales	100ml	50	5000	50000
Coliformes fecales	100ml	20	2000	20000

Fuente: European Comunity enviromental legislation Normativa 98/83. Calidad de agua 2000.

7.9.6. Estándares de construcción.

Para plantas grandes y en ocasiones para plantas de tamaño mediano, se recomienda efectuar diseños preliminares avanzados, para los cuales es necesario contar ya con información relativa al sitio seleccionado para implantación de las estructuras. La información requerida es la siguiente. (Normas, INEN CO 10.07-601 Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales):

- a) Levantamiento topográfico y catastral del terreno disponible, incluyendo caminos de acceso, infraestructura sanitaria cercana, ingreso previsto de la línea de conducción de agua cruda, facilidades para desagües de aguas lluvias, cuerpos receptores cercanos, localización de postes de energía eléctrica próximos, y otros datos considerados de interés por el diseñador
- b) Estudios geológicos y de suelos que describan la naturaleza del suelo y su estabilidad, determinen el nivel freático y el nivel máximo de inundación del terreno, y permitan realizar diseños estructurales que garanticen la seguridad

de las obras. En el caso de que el sitio esté localizado en una zona de riesgo sísmico, este estudio debe estimar el riesgo y vulnerabilidad, los requerimientos para las fundaciones y la intensidad del sismo esperado.

- c) Definición de las condiciones climáticas de la zona, particularmente la temporada lluviosa en el año, las variaciones diarias de temperatura ambiental, y las direcciones predominantes de los vientos.

El sitio para ubicación de la planta de tratamiento se debe seleccionar tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) Debe disponer de fácil acceso en cualquier época del año.
- b) En el caso de estar cerca de un río debe estar sobre el nivel de crecientes máximas, en un trecho recto del río o en la parte convexa de un trecho curvo.
- c) Preferiblemente debe contar con abastecimiento de energía, facilidades para evacuación de aguas de proceso y lodos.
- d) Debe mostrar características de estabilidad y facilidades constructivas.
- e) Tener área suficiente para la implantación de la planta de tratamiento y estructuras complementarias, y preferiblemente para permitir ampliaciones futuras. La casa del operador y la zona prevista para la disposición de lodos pueden encontrarse en terrenos diferentes pero cercanos al de la planta.

Los diseños preliminares avanzados presentarán la implantación de todas las obras en el terreno, incluyendo además de las unidades de proceso, los edificios para almacenamiento y dosificación de productos químicos, laboratorios, talleres de mantenimiento, áreas administrativas, vivienda para el operador o jefe de planta, la estructura vial y de estacionamiento requerido, y detalles paisajísticos.

Se efectuarán diseños preliminares arquitectónicos, estructurales y electromecánicos. Los dos primeros presentarán la forma, tamaño y localización de las estructuras, así como alternativas de materiales a ser utilizados; los terceros destacarán las decisiones respecto al tipo y tamaño de los equipos a ser utilizados.

7.10. Demanda química de oxígeno (dco) y demanda bioquímica de oxígeno (dbo5)

7.10.1. Demanda química de oxígeno (DQO)

Según APHA (1992), es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros).

7.10.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La DBO5 expresan la materia orgánica en términos generales, pero no indican su composición, la cual es muy variada. Como su origen proviene de organismos, y sus productos de degradación o de metabolismo, se puede afirmar que la componen proteínas, carbohidratos y lípidos. La demanda bioquímica de oxígeno es un indicador de consumo de oxígeno por microorganismo, el consumo de esta agua con alto contenido de DBO5 presenta riesgos a la salud. (Orozco, 2003)

7.10.3. Tratamiento para disminuir el DBO5 y DQO

El tratamiento adecuado para disminuir el DBO5 Y DQO, mediante un filtro lento de arena se lograría controlara estos parámetros el cual está constituido por diferentes capas filtrantes, las eficiencias de remoción de este sistema se presentan a continuación:

Tabla 6. Eficiencia de remoción filtro lento de arena.

PARÁMETRO	RANGO (%)
Demanda biológica de oxígeno DBO5	65 - 90
Demanda química de oxígeno DQO	60 - 80
Sólidos suspendidos totales	60 - 75

Fuente: IDEAM et al, 2001. Modelo SELTEC.

7.11. Filtración con carbón activado

7.11.1. El Carbón Activado

El carbón activado es un adsorbente preparado a partir de materiales carbonosos que se caracteriza por poseer una alta superficie interna, variedad de grupos funcionales y una buena distribución de poros, propiedades que le permiten atrapar una gran diversidad de moléculas. La preparación de este tipo de material se lleva a cabo a través de procesos físicos o químicos, mediante la interacción con gases o la adición de químicos, respectivamente. Los carbones activados son utilizados generalmente en procesos de descontaminación de aguas, recuperación de solventes, control de emisiones, decoloración de líquidos, eliminación de olores, soportes catalíticos, entre otros procesos (Bastidas et al., 2010).

Según Luna et al., (2007) define al carbón activado como un adsorbente versátil debido a la estructura que posee este material es decir por las series de poros que esta presenta como también depende del precursor que sea utilizado para su fabricación por lo general son elaborados de forma artificial por medio del procesos de carbonización, con la finalidad que estas exhiban un elevado grado de porosidad en su estructura. La elección del precursor es fundamentalmente una función de su disponibilidad, precio y pureza, pero el proceso de fabricación y la posible aplicación del producto final deben ser igualmente tomados en cuenta.

7.11.2. Generalidades del carbón activado

En la actualidad, el carbón activado es un producto muy cotizado en el mercado mundial, por sus innumerables aplicaciones en los campos de: la medicina, la industria biofarmacéutica y el medio ambiente. Su producción es controlada por países altamente desarrollados como Holanda, Reino Unido, Japón, Alemania y los Estados Unidos.(Mañay & Vicente, 2013)

El carbón activado posee la capacidad de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este

fenómeno se denomina poder adsorbente. El carbón activado se caracteriza por poseer una superficie específica (alrededor de 500 a 1500m² por gramo) con una infinita cantidad de poros muy finos que son los que retienen (adsorben) ciertos compuestos no deseados. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que activa y crea la porosidad. (Bansal et al., 2006)

La estructura única del carbón activado, pone a disposición un área superficial de adsorción de grandes dimensiones. Típicamente 1 kg de carbón activado granular posee un área superficial de 1, 100,000 m² (1 lb. = 125 acres). El carbón activado puede ser producido a partir de una gran variedad de materias primas carbonizables, siendo entre ellas las principales: Carbón mineral, cáscara de coco, madera, lignita, etc. Las propiedades intrínsecas del carbón activado que se obtiene son totalmente dependientes de la fuente de materia prima utilizada. (Bansal et al., 2006)

La superficie del Carbón activado tiene carácter no-polar, es por ello que proporciona afinidad para aquellos adsorbatos no-polares, tales como los compuestos orgánicos. Todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor indeseables; la diferencia con un carbón activado consiste en la cantidad de átomos en la superficie disponibles para realizar la adsorción. En otras palabras, la activación de cualquier carbón consiste en " multiplicar" el área superficial creando una estructura porosa(Mañay, 2013).

7.11.3. Características fisicoquímicas del carbón activado.

Para Mañay (2013) establece las siguientes composiciones químicas y físicas:

Composición química. En general puede decirse que la composición química de la madera se encuentra entre los siguientes rangos: 40-50% de celulosa, 20-30 % de hemicelulosa, 20 y 35 % de lignina, 0 a 10 % de extractivos, resinas, y otros imposibles de extraer. No obstante, la composición química de la madera no puede ser definida

con precisión para cierta especie o grupo de especies, dado que depende de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento.

En el carbón activado producido a partir de la madera es de importancia el conocimiento cuantitativo de sus componentes lignocelulósicos. Se ha demostrado que sólo el carbón a partir de celulosa tiene una importancia significativa en la producción de área de poros.

Estructura física. Para la caracterización de lo macro y meso porosidad se realiza métodos experimentales que determinan el volumen y la distribución de lo macro y meso poros por la intrusión de mercurio según la norma DIN 66133.

7.11.4. Estructura del carbón activado

La estructura del carbón activado está constituida por un conjunto irregular de capas de carbono, con espacios que constituyen la porosidad (Imagen 1). Este ordenamiento al azar de las capas y el entrecruzamiento entre ellas impiden el ordenamiento de la estructura para dar grafito (Imagen 2), aun cuando se someta a tratamientos térmicos de hasta 3000°C. Es precisamente, esta característica del carbón activado la que contribuye a su propiedad más importante, la estructura porosa interna altamente desarrollada y al mismo tiempo, accesible para los procesos de adsorción (Reinoso, 2005).

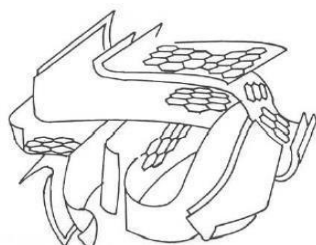


Imagen 1: Estructura del carbón activado
Fuente: (Reinoso, 2005)

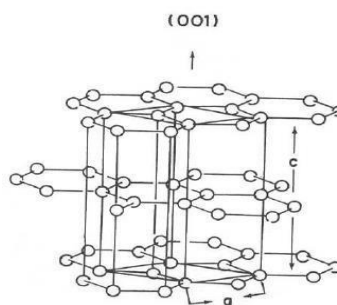


Imagen 2: Estructura del carbón tipo grafito
Fuente: (Reinoso, 2005)

La superficie específica y las dimensiones de los poros dependen del precursor y de las condiciones de los procesos de carbonización y activación utilizados. Los tamaños de

poros van desde los más pequeños, llamados micro-poros ($\approx 2,0$ nm) hasta los meso-poros (entre 2.0 y 50.0 nm) y macro-poros ($> 50,0$ nm). La aplicación puede requerir de carbón activado bajo diferentes presentaciones: polvo (CAP, con tamaño medio de partícula en el carbón en polvo de 15–25 μm) y granular o conformado (CAG, con tamaño medio de partícula de 1.0–5.0 mm). Otras formas son: las fibras, telas, membranas, y monolitos, de carbón. La selección en el tipo de presentación se basa según el grado de purificación que se requiera (Reinoso,2005).

Sin embargo, las propiedades adsorbentes de un carbón activado no sólo están definidas por su estructura porosa, sino también por su naturaleza química.

Según (Hernández & Ortez, 2006) el carbón activo posee una estructura micro - cristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar a una distribución de tamaños de poro bien determinada. Los poros de un carbón activado se clasifican en tres, de acuerdo a su tamaño:

Micro-poros: Menores a 2 nm

Poros medios o meso-poros: Entre 2 y 50 nm.

Macro-poros: Mayores a 50 nm (típicamente de 200 a 2000 nm)

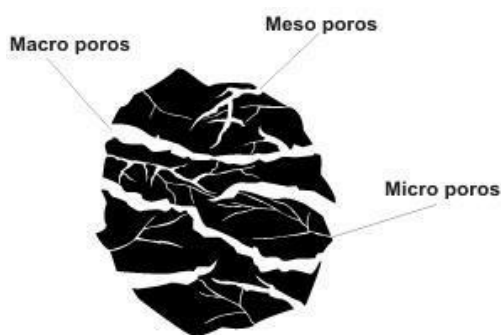


Imagen 3: Estructura del carbón por poros en su forma granular
Fuente: (Hernández & Ortez, 2006)

Los microporos tienen un tamaño adecuado para retener moléculas pequeñas que aproximadamente corresponden a compuestos más volátiles que el agua, tales como olores, sabores y muchos solventes. Los macroporos atrapan moléculas grandes, tales como las que son cloradas o las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) que se generan al descomponerse la materia orgánica. Los mesoporos son los apropiados para

moléculas intermedias entre las anteriores. Por lo tanto, la capacidad de un carbón activo para retener una determinada sustancia no solo depende de su área superficial, sino también de la proporción de poros internos que tenga dicho carbón, y del tamaño de los mismos (un tamaño adecuado para un poro debe oscilar entre 1 y 5 veces el diámetro de la molécula a retener) (Sevilla, s. f., 2009)

7.11.5. Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción del carbón activado

Los autores Carrillo & Muñoz (2013) mencionan que la adsorción en carbón activado se ve afectada por diversos parámetros. Los mismos que afectan a las propiedades estas son:

Área Superficial: La capacidad de adsorción es proporcional al área superficial (ella es función del grado de activación del carbón).

Tamaño del Poro: La correcta distribución del tamaño de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción (suministrando los sitios de adsorción, los poros finos, y los canales de transporte adecuados para el manejo del adsorbato).

Tamaño de partículas: El tamaño de partículas no influye sobre el área superficial total. El área superficial total es definida por el grado de activación y por la estructura de los poros del carbón.

Temperatura: Las temperaturas bajas aumentan la capacidad de adsorción.

Concentración del Adsorbato: La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato (altas concentraciones proveen grandes fuerzas de empuje durante el proceso de adsorción).

Tiempo de Contacto: Para alcanzar el equilibrio en la adsorción y maximizar su eficiencia, se requiere de suficiente tiempo de contacto.

Densidad Aparente: Es utilizada para indicar la actividad de un volumen de carbón. Esta es significativamente más baja que la densidad teórica del sólido (La actividad volumétrica es proporcional a la densidad aparente).

7.11.6. Fabricación de carbón activado

El carbón activado se obtiene de cualquier material carbónico como la madera, carbón mineral, la cascara de coco entre otros percursoros, el cual es clasificado según el tamaño, carbonizado y activado para crear la enorme área de superficie y estructura interna del poro que define las propiedades del carbón activado.

En la tabla 7, se muestran las principales materias primas y tecnologías de activación utilizados en la producción, así como la dureza y el tamaño de poro de los productos obtenidos:

Tabla 7. Materias primas y tecnologías de activación del CA

Materia Prima	Activación	Dureza De La Abrasión	Tamaño De Poros
Madera De Pino	Deshidratación Química ¹	30-50	Macroporoso
Madera De Pino	Térmica ²	40-60	Mesoporoso
Carbón Mineral Bituminoso	Térmica ²	70-80	Mesoporoso
Concha De Coco	Térmica ²	90-99	Microporoso

Fuente: (Sevilla, s. f., 2009))

Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Tabla 8. Propiedades del carbón activado obtenido de distintos percusores.

PROPIEDAD	COCO	CARBÓN BITUMINO SO	LIGNITA	MADERA
Microporos	Altos	Altos	Medianos	Bajos
Macroporos	Bajos	Medianos	Altos	Altos
Dureza	Alta	Alta	Baja	Mediana
Cenizas	5 %	10 %	20 %	5 %
Cenizas solubles en agua	Altas	Bajas	Altas	Medianas
Polvo	Bajo	Mediano	Alto	Mediano
Regeneración	Buena	Buena	Pobre	Regular
Densidad Aparente	0.48 g/cc	0.48 g/cc.	0.3 g/cc	0.35 g/cc
Número de lodo	1100	1000	600	1000

Fuente: (Carrillo & Muñoz, 2013)

Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

La superficie del carbón activado varía de 500 a 2,500 metros cuadrados por gramo (m²/g), dependiendo de la materia prima y del proceso de activación. El grado típico de carbón para tratamiento de agua tiene un área de superficie de 900 a 1,100 m²/g.

La concha de coco, es muy utilizada para producir carbón activado comercial, debido a su disponibilidad, bajo costo ya que los productos obtenidos a partir de él tienen las propiedades que cubren toda la gama de aplicaciones que el carbón activado puede tener. El carbón activado de coco es el carbón con más proporción de micro-poros, por lo tanto, es el más adecuado para retener moléculas pequeñas; es el carbón más utilizado para purificación de aguas, ya que es el más duro y resistente a la abrasión (Carrillo & Muñoz, 2013)

7.11.7. Regeneración del carbón activo

La viabilidad económica de la aplicación del carbón activado depende de la existencia de un medio eficaz para su regeneración y recuperación, una vez agotada su capacidad de adsorción. El carbón activo granular se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y su posterior eliminación de la superficie del carbón en un horno. En

este proceso se destruye parte del carbón, entre un 5 y un 10%, y es necesario reemplazarlo por carbón nuevo o virgen. Es conveniente aclarar que la capacidad de adsorción del carbón regenerado es ligeramente inferior a la del carbón virgen (Sevilla, s. f., 2009).

7.11.8. Carbón activo a partir de la cascara de coco

A partir de la cáscara de coco es posible obtener diferentes tipos de carbones activados para aplicaciones diversas variando las condiciones de preparación.

Por ejemplo, activando la cáscara de coco a alta temperatura (800 °C) en presencia de vapor de agua se puede obtener un carbón hidrofílico (afinidad con el agua), microporoso (con ultramicroporos de diámetros < 0.7 nm), apropiado para aplicaciones que involucran separación de gases; pero, si se activa a menor temperatura (450 °C) usando un agente químico, como ácido fosfórico o cloruro de zinc, se puede obtener un carbón hidrofílico de poros más anchos (con meso-poros > 2 nm) apropiado para aplicaciones en fase líquida (Reinoso, 2005).

Además, de obtener una amplia distribución de poros, el carbón activado obtenido de la cáscara de coco resulta con mayor dureza y resistencia, comparado con el obtenido de madera. Otra ventaja que ofrecen los carbones activados obtenidos de materiales orgánicos, en relación a los obtenidos de materiales inorgánicos, es que en los primeros, el porcentaje de cenizas es menor (Luna et al., 2007).

7.11.9. Clasificación del carbón activado.

Según (Carrillo & Sánchez, 2013), este elemento esencial y de gran aplicación a nivel mundial por su bajo costo y fácil obtención se clasifican en dos grandes grupos:

Carbón granular: La única diferencia entre un carbón granular y uno pulverizado es el tamaño de la partícula. Presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm

Carbón pulverizado: El Carbón Activado pulverizado presenta tamaños menores de 100 μm , siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 μm .

7.11.10. Métodos de activación del carbón

La activación es el proceso de tratamiento del carbón para abrir un gran número de poros, esto se puede realizar por medio de dos métodos (Carrillo & Sánchez, 2013):

Activación física. - La porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas necesariamente es generar una temperatura constante, normalmente y dependiendo de la materia prima, ésta es de 800°C. En la carbonización se eliminan elementos como el hidrogeno y el oxígeno del precursor para dar lugar a un esqueleto carbonoso con una estructura porosa rudimentaria. Durante la gasificación el carbonizado se expone a una atmosfera oxidante (vapor de agua, di óxido de carbono, o mezcla ambos) que elimina los productos volátiles y átomos de carbono, aumentando el volumen de poros y el área específica. El carbón que se obtiene es llamado carbón primario (similar al usado para asar carnes).

Activación química.- La porosidad de los carbones que se obtiene por activación química es generada por reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas. En este proceso el material a base de carbón se impregna con un agente químico, principalmente ácido fosfórico (o cloruro de cinc) y el material impregnado se calienta en un horno a 500–700 °C. Los agentes químicos utilizados reducen la formación de materia volátil y alquitranes. El carbón resultante se lava para eliminar los restos del agente químico usado. Este carbón es llamado carbón secundario.

7.11.11. Consideraciones al aplicar el carbón activado en el tratamiento del agua.

A la hora de elegir un carbón activo, han de tenerse en cuenta determinadas propiedades además de la intensidad y capacidad de adsorción, como son la dureza, permeabilidad, densidad y solubilidad. Algunas consideraciones para aplicar el carbón activado en agua son las siguientes (Carrillo & Sánchez, 2013):

- a) La eficacia del carbón para eliminar sustancias orgánicas con bajo peso molecular (menor de 2 átomos de carbono) es menor que en el caso de sustancias con mayores pesos moleculares, este hecho ha de tenerse en cuenta al emplear la ozonización conjuntamente con el carbón activo.
- b) Las sustancias o moléculas que originan olores y sabores en el agua, suelen ser moléculas pequeñas fácilmente absorbibles por el carbón activo con porosidad tipo microporos, mientras que, para la adsorción de moléculas mayores, como por ejemplo las de ácidos húmicos y fúlvicos, precursores de trihalometanos, es más adecuado el carbón con poros de mayor tamaño o macroporos. El carbón activo es también empleado como medio para minimizar la formación de subproductos de la desinfección.
- c) En el tratamiento con carbón activo, es de suma importancia el tiempo de contacto entre el agua y el carbón, pues el carbón en función de características propias, requiere tiempos de contacto distintos para adsorber las sustancias del agua.

7.12. Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente

7.12.1. La cloración

Según Chicaiza & Orozco (2012), se entiende por cloración la operación que consiste en añadir cloro al agua con el propósito de desinfectarla y se puede realizar mediante la aplicación de cloro gas, soluciones de hipoclorito sódico o calcio.

La popularidad del cloro como desinfectante se debe a las razones indicadas anteriormente y además por las siguientes:

Existe disponible como gas, líquido o en forma granular.

Es relativamente barato. Es fácil de aplicar, por cuanto su solubilidad está cerca de 7000 mg/L a 20 °C y presión atmosférica. Sin embargo, a temperaturas menores de 9,6 °C se combina con el agua para formar un sólido cristalino, hielo de cloro o $Cl_2 \cdot 8H_2O$; y a 100 °C y una atmósfera de presión es insoluble.

Deja un residual en la solución, el cual provee protección sanitaria en el sistema de distribución.

Tiene una alta característica de toxicidad para los microorganismos causantes de enfermedades hídricas.

Es un agente oxidante poderoso.

Entre sus desventajas se señalan:

Es un gas venenoso que requiere un manejo cuidadoso.

Es altamente corrosivo en solución.

Forma clorofenoles con los fenoles, los cuales originan problemas serios de olores.

7.12.2.

Parámetros técnicos que influyen en la eficiencia de la desinfección

Los autores Chicaiza & Orozco (2012), manifiestan que la eficiencia de la desinfección final es máxima cuando el agua ya ha sido tratada para eliminar toda turbiedad y más exactamente para eliminar toda sustancia que pueda reaccionar y “consumir” el cloro. Si los tratamientos precisos no se aplican o no se pueden aplicar, o se aplican de forma errónea en un momento dado, una sobredosis de cloro permitirá obtener una desinfección correcta del agua, si bien, como consecuencia de ello, aparecerán subproductos de desinfección.

La cantidad de cloro que hay que añadir al agua para la desinfección depende:

De la temperatura del agua.

Del tiempo de contacto (tiempo transcurrido entre la inyección del cloro y el consumo del agua).

Del contenido residual de desinfectante deseado en la red.

Desde un punto de vista general, la desinfección será óptima cuando se cumplan los parámetros descritos en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Parámetros técnicos que influyen en la eficiencia de la desinfección.

Parámetros técnicos que influyen en la eficiencia de la desinfección

Turbiedad	< 0,5 NTU
pH	< 8,0
Tiempo de retención	> 30 min
Cloro libre residual	> 0,5 mg/l

Fuente: Chicaiza, A. & Orozco, L. (2012)

7.12.3. Proceso para la dosificación

En la cartilla proporcionada por la SSA (2001), se recomienda que la preparación de la solución se la realice en un recipiente con un volumen aproximado de 1 galón, y no directamente en el tanque de mezclado.

Después de tomar la cantidad necesaria de hipoclorito, con un recipiente de volumen conocido (preferible de caucho o plástico), se agrega agua en dicho recipiente y se precede a remover la solución constantemente hasta que la granulación del hipoclorito haya desaparecido completamente, una vez terminado este proceso se vacía el contenido en el tanque de mezclado.

El cálculo de desinfectante a suministrarse se basa en el caudal de ingreso de agua a la planta. Este se lo realiza por el método del estimado y proporciona una tabla:

Tabla 10. Cálculo del hipoclorito de calcio, según método del estimado

CAUDAL LT/S	HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70%	
	GRAMOS	LIBRAS Y ONZAS
1	123,4	4 Oz
2	246,8	8,8 Oz
3	370,2	13 Oz
4	494,7	1 lb + 1 Oz
5	617,1	1 lb + 6 Oz
6	740,5	1 lb + 10 Oz
7	864,0	1 lb + 14 Oz
8	987,4	2 lb + 3 Oz
9	1 110,8	2 lb + 7 Oz
10	1 234,0	2 lb + 11 Oz

Fuente: “Cartilla para operadores de sistemas de agua potable rural” SSA.

Los valores hacen referencia a la cantidad de agua que ingresa a la planta, y dependiendo de estos la cantidad de hipoclorito de calcio a agregarse cada día. Para la elaboración de esta tabla se toma como referencia que para desinfectar 1 m³ de agua se necesita 1 g de cloro al 100%. En el caso de la Junta de agua los Ilinizas que maneja un caudal de 6 lt/s sería un cálculo como el siguiente:

La cantidad de agua que ingresa a la planta:

$$\frac{6 \times 86400}{1} = 518400$$

Como el hipoclorito a utilizarse tiene 70% de concentración entonces se necesita:

$$\frac{518400 \times 100\%}{0.7} = 736222.22 \text{ g} = 1.62 \text{ t} = 1.42 \text{ h}$$

Valor similar al dato tabulado conseguido por el método del estimado.

8. MARCO LEGAL.

Constitución Política de la República Ecuador.

Constitución de la República del Ecuador; lunes 20 de Octubre de 2008 R. O. No. 449.

Título II

Capítulo II del derecho del buen vivir; Sección II ambiente sano en él;

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, suma kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Capítulo II del derecho del buen vivir; Sección VII salud en él;

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, alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustenten el buen vivir”.

Título V Organización territorial del estado.

Capítulo IV régimen de competencia en él;

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

Numeral 4. “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley”.

Título VI Régimen de Desarrollo.

Capítulo I Principios Generales en él;

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

Numeral 4. “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”.

Título VII Régimen del Buen Vivir.

Capítulo II Biodiversidad y Recursos Naturales; Sección VI Agua en él;

Art. 411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua,

y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua”.

Art. 412.- “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque eco-sistémico”.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua

Título I Disposiciones Preliminares; Capítulo I De Los Principios en él;

Art. 6.- “Prohibición de Privatización. - El agua por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente, no pueden ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa extranjera alguna. Se prohíbe toda forma de privatización del agua, No se reconocerá ninguna forma de apropiación o de posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera que sea su estado.”

Art. 8.- Gestión integrada de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Título II Recursos Hídricos; Capítulo II Institucionalidad y Gestión de los Recursos Hídricos; Sección I Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua en él;

Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son: el literal.

- m) Emitir informe técnico de viabilidad para la ejecución de los proyectos de agua potable, saneamiento, riego y drenaje.

Título II Recursos Hídricos; Capítulo II Institucionalidad y Gestión de los Recursos Hídricos; Sección III Gestión y Administración de los Recursos Hídricos en él;

Art. 32.- “Gestión Pública o Comunitaria. - “La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. En consecuencia, al agua la gestionarán entidades como empresas públicas y otras entidades de derecho público, comunas, comunidades campesinas, organizaciones comunales o sistemas comunitarios de prestación de servicios. En ninguna circunstancia habrá gestión privada e individual del agua. La que exista al momento de entrar en vigencia esta Ley, deberá asimilarse a la gestión pública.”

Título III Derechos, Garantías Y Obligaciones; Capítulo III Derechos de la Naturaleza en él;

Art. 64.- Conservación del agua.

La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con 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 de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, 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 ciclo hidrológico.

La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación.

Código de la Salud.

Art. 6.- El Saneamiento Ambiental es el conjunto de actividades dedicadas a acondicionar y controlar el ambiente en que vive el hombre, a fin de proteger su salud. En la ley de Gestión Ambiental introduce una reforma al artículo 2, agregando el siguiente inciso: “En aquellas materias de salud vinculadas con la calidad del ambiente, regirá como norma supletoria de este código, la Ley del Medio Ambiente”.

Art. 95.- Establece que la autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

Señala además que el Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

Texto unificado de legislación secundaria (TULSMA)

Libro VI; Anexo1

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;

Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,

Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

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

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

4.1.1.3 Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación (ver tabla 2).

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

Esta norma establece las precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar muestras de agua y describe las técnicas de conservación más usadas.

MANEJO Y CONSERVACIÓN

El uso de recipientes apropiados

Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

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

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

Preparación de recipientes

Recipientes de muestras para análisis químicos

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

Llenado del recipiente

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

En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

Identificación de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.).

Transporte de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.

9. PREGUNTA CIENTÍFICA.

1.- ¿Las dos vertientes utilizadas para agua de uso doméstico y consumo humano presentan altos niveles de contaminación?

Se determinó su calidad mediante la realización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, donde los resultados fueron comparados específicamente con las Normas TULSMA, anexo 1, tabla 2, de la calidad de agua para consumo humano, en lo que se determinó que las dos fuentes presentan alterados tres parámetros DBO5, DBO y arsénico (As).

2.- ¿El tratamiento convencional que se está ejecutando en el tanque de almacenamiento es lo único que se requiere para que el agua sea distribuida y servida directamente?

En base al estudio técnico que se realizó es necesario implementar dos procesos para la purificación del agua, los mismos que son: un filtro lento de arena y tanque hipoclorador, para mejorar la calidad y poder ser distribuida para su consumo.

3.- ¿Debido a los niveles de contaminación en los cuerpos de agua es necesario realizar una planta de tratamiento en la junta de agua los “Ilinizas”?.?

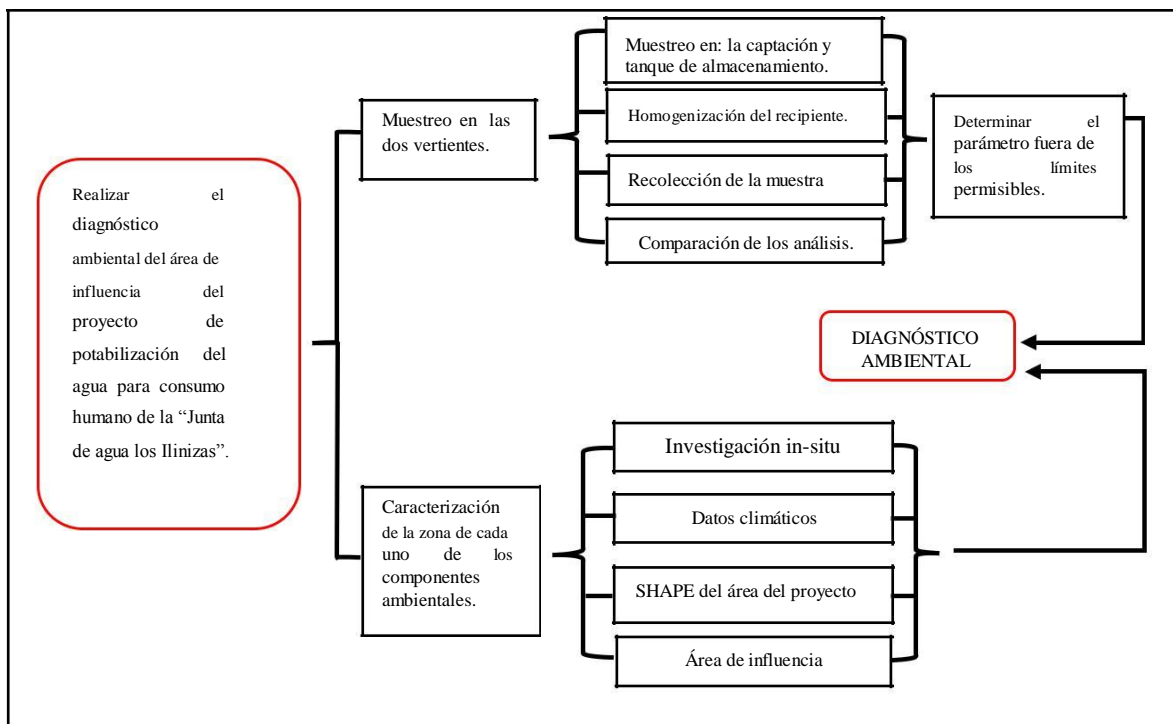
En base a la comparación de los análisis y los criterios de construcción se estableció que si es necesario una planta de tratamiento que permita minimizar los tres parámetros alterados en el cuerpo de agua.

CAPITULO II

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL

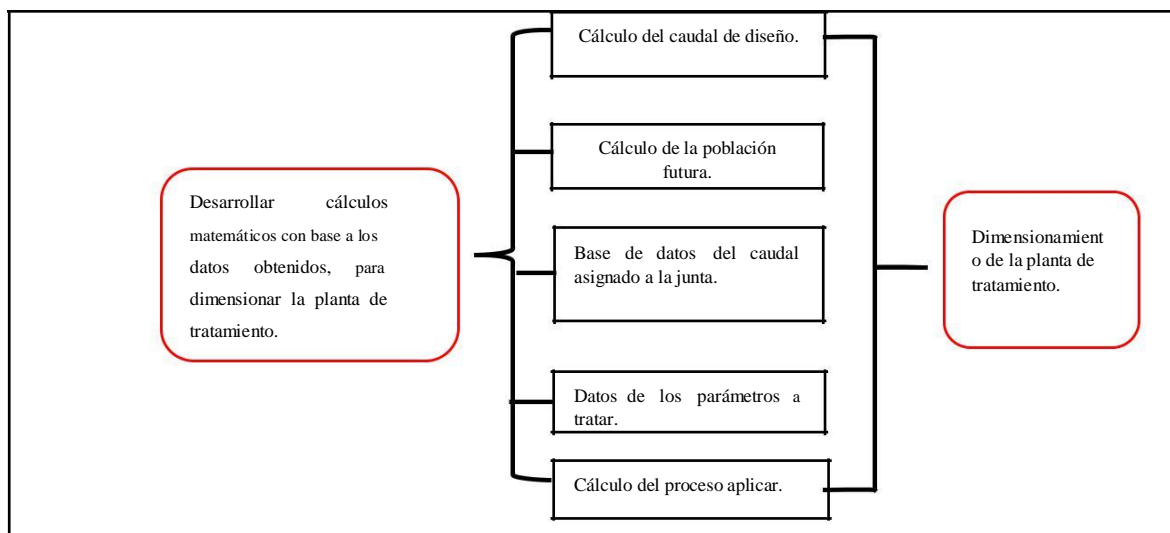
10.1. Diagrama de flujo para el desarrollo de los objetivos.

Diagrama 1.- Diagrama de flujo del objetivo 1.

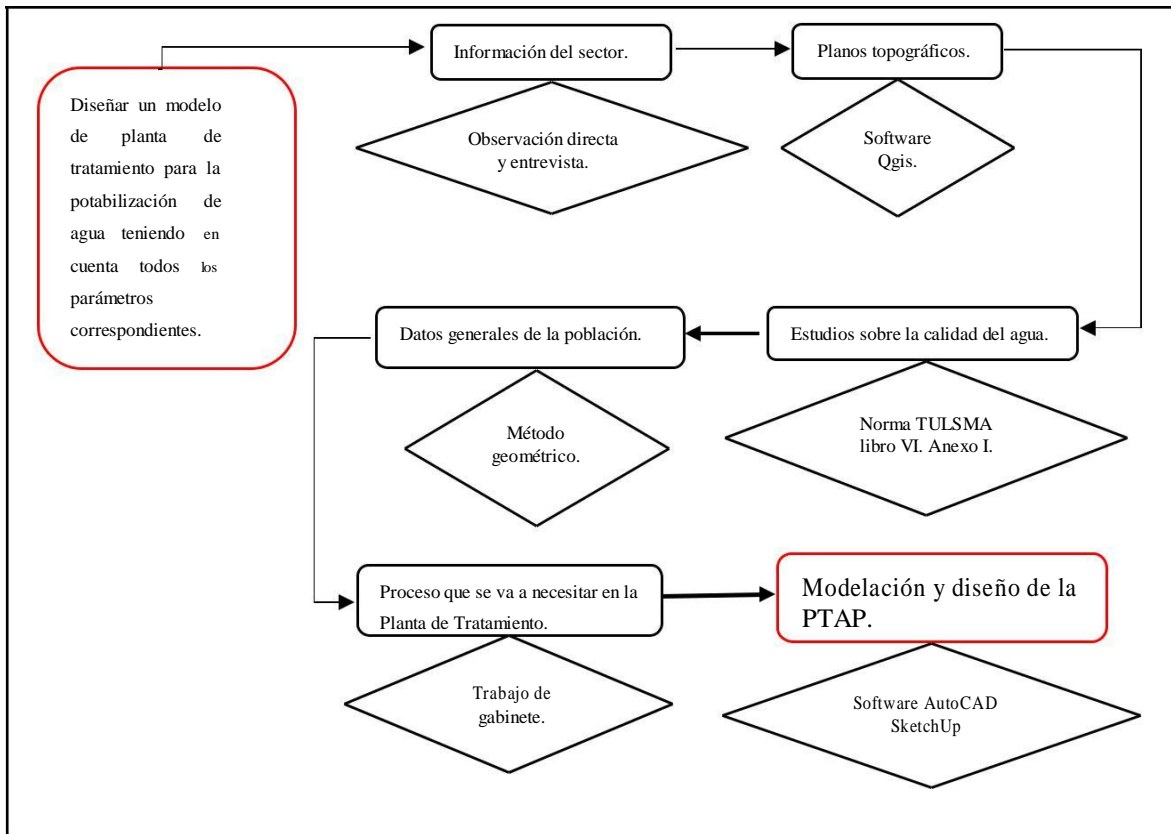


Elaborado por: Almache A, Lema C.

Diagrama 2.- Diagrama de flujo del objetivo 2



Elaborado por: Almache A, Lema C.

Diagrama 3.- Diagrama de flujo del objetivo

Elaborado por: Almache A, Lema C.

10.2. Metodologías (técnicas, métodos instrumentos).

La metodología que se utilizara para el diagnóstico ambiental (línea base del proyecto), se efectuara mediante:

La revisión bibliográfica existente sobre la zona de estudio, para cada uno de los componentes ambientales:

Hoja topográfica de Cotopaxi, escala 1: 25.000

Mapas temáticos del INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR:

- Geológico INICI EMM
- Ecológico MAG y MAE
- Uso actual del suelo MAG

Anuarios del INAMHI, para determinar climatología y meteorología del lugar.

Información bibliográfica sobre estudios puntuales realizados en el sitio donde se encuentra previsto el proyecto.

Base de datos sociales del INEC.

10.3. Tipo de investigación.

Investigación de campo

Mediante esta investigación se logró verificar el problema que existe en el área de estudio. De acuerdo a la información que los pobladores aportaron de cómo el agua de consumo humano está siendo tratada o verificada, para que sea de óptimas condiciones para su uso. Al igual que en la toma de muestras para el análisis pertinente del agua.

Investigación cuantitativa

Con la obtención de datos de los análisis pertinentes, esta investigación nos permitió realizar una comparación de los análisis obtenidos en base a la tabla 1 del Libro VI ANEXO 1 del TULSMA, que se refiere a la calidad de agua para consumo humano.

Además, con el cálculo y la obtención de datos matemáticos obtuvimos resultados, que permitieron determinar la propuesta indicada para la solución al problema encontrado.

10.4. Métodos.

10.4.1. Método geométrico.

Mediante este método se determinó la población futura, con base al periodo de diseño y la tasa de crecimiento anual, para obtener el caudal de diseño. Mediante la fórmula establecida por (Lorenzo, 2017):

$$= (1 +)$$

Donde:

- : Población futura
- : Población actual
- : Tasa de crecimiento
- : Periodo de diseño

10.4.2. Método volumétrico.

Este método permitió obtener el caudal de las vertientes, mediante la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

10.5. Técnicas.

Encuesta

Esta técnica permitió recolectar datos de los pobladores y directores de la junta de agua, en base a una serie de preguntas cerradas sobre la realidad de la calidad de agua que se está distribuyendo hacia los distintos barrios, tomando en cuenta desde el punto de la captación, almacenamiento y hasta el consumo del mismo.

Observación. - Mediante la técnica de observación se obtuvo datos que en el transcurso del recorrido se logró determinar si existe alguna contaminación, que pueda estar alterando al recurso agua. Al igual que la fauna, flora que existan alrededor del área de estudio.

10.6. Instrumentos.

Libreta de campo. - Instrumento que garantizo el registro de datos esenciales que ayuden a llegar a la solución del problema encontrado.

GPS. - Permitió registrar las coordenadas del área de estudio.

Cámara fotográfica. - Instrumento que consintió en registrar las diferentes actividades que se realizaron en el área de estudio.

10.7. Diseño no experimental.

Con la obtención de los datos y comparación de los análisis y el caudal de diseño se procedió al diseño de la planta de tratamiento con los procesos antes mencionados que se requieren para mejorar la calidad de agua.

Para lo cual se utilizó varias fórmulas que permitieron el dimensionamiento de los procesos estas son (Lozano, 2012):

10.7.1. Cálculo de la tasa de crecimiento. $= (\frac{1}{\dots})^{-1}$

$$= (\%) 100\% \frac{\dots}{\dots}$$

10.7.2. Cálculo de la población futura.
= $(1 + \dots)$

10.7.3. Cálculo del caudal medio.

$$\frac{\dots}{\dots}$$

10.7.4. Cálculo del caudal de diseño.

$$= \quad * 0.6$$

10.7.5. Cálculo filtro lento de arena $\frac{\quad}{=}$

10.7.6. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.

$$= \pi^2 h$$

10.8. Herramientas para analizar los resultados.

AutoCAD.

Herramienta mediante la cual se elaboró planos a escala de los diferentes procesos de la planta de tratamiento.

Excel.

Permitió el registro de datos obtenidos para el desarrollo del diagnóstico ambiental. .

QGIS.

Mediante este software se elaboró mapas de información geográfica necesarios para el estudio del área del proyecto.

SketchUp

Mediante este software se obtuvo el pre diseño en 3D, para una mejor visualización de los procesos.

CAPITULO III

11. DESARROLLO METODOLÓGICO

Trabajo Preliminar.

En la Fase Preliminar se recopilaron, analizaron e interpretaron información básica sobre; climatología, hidrología, geología, aspectos biológicos, aspectos sociales del área.

Trabajo de campo.

Se buscó recopilar la información de primera mano que ha servido para caracterizar el área de estudio, permitiendo de esta manera, se pueda establecer las condiciones ambientales actuales del entorno. Las actividades cumplidas fueron las siguientes:

- Reconocimiento del sitio en donde se desarrollará el Proyecto.

- Descripción del área.

- Observación in situ.

- Muestreo de las vertientes.

- Calicata del suelo a 1m de profundidad.

Trabajo de oficina.

Con la información obtenida durante las etapas anteriores, se procedió a realizar el trabajo de oficina, en el cual se cumplió con las siguientes actividades:

- Análisis y procesamiento de la información

- Estimación de las estaciones meteorológica y pluviométrica que se presencien dentro del proyecto a los 19 km en software QGIS, mediante la herramienta Buffer.

- Establecimiento del diagnóstico ambiental.

11.1. Climatología e hidrología.

11.1.1. Precipitación y temperatura

Para la obtención de datos de precipitación y temperatura significantes al área del proyecto se realizó una compilación de anuarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI 1990 - 2013).

También se realizó hoja de cálculo en Excel para la completación de datos con el promedio mensual de 24 años, además se determinó la media anual, época con alta precipitación y la época seca.

11.1.2. Hidrología

Para la determinación de cuencas microcuencas y subcuencas cercanas al proyecto se realizó mediante archivos Shape los cuales contienen información de datos espaciales, el mismo que se obtuvo de la plataforma del MAE.

En la cual se utilizó el software QGIS, el mismo que mediante sus herramientas se determinó el área del proyecto y la ilustración de los cauces cercanos a las vertientes que administran la junta de agua Los Ilinizas.

11.2. Geología

11.2.1. Uso de Suelo.

Para verificar que el área del proyecto y las vertientes no se encuentren dentro de áreas protegidas o bosques protectores se verifico mediante shape obtenidos de la plataforma del MAE y MAG, para después ejecutar en el software QGIS y establecer puntos de áreas protegidas, cobertura vegetal, uso y textura del suelo, dentro del área de estudio.

11.3. Aspecto social y económico.

Para la obtención de información del área del proyecto acerca del aspecto social y económico se determinó una muestra de la investigación a través de la fórmula estadística para población, la cual se muestra a continuación:

En donde:

n= Tamaño de muestra

Z= Valor Z curva normal (1.65)

P= Probabilidad de éxito (0.50)

Q= Probabilidad de fracaso (0.50)

N= Población (367)

E= Error muestra (0.05)

Sustituyendo la fórmula:

$$n = \frac{(1.65)^2(0.50)(0.50)(367)}{(0.05)^2} = 156$$

El resultado obtenido de 367 usuarios de la junta de agua los Ilinizas, la muestra para la aplicación de encuestas fue de 156 personas, distribuido a 26 encuestas a los 6 barrios.

12. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

12.1. Diagnóstico ambiental

Actualmente, en muchas áreas del planeta no se cumplen las pautas sostenibles para el desarrollo y uso del recurso agua. Su creciente demanda, así como la

reducción de los caudales en ríos y fuentes de agua trae graves consecuencias para usuarios y ecosistemas; la sobre explotación de acuíferos a tasas superiores a la reposición natural, los problemas de contaminación y degradación de la calidad de las aguas, así como las dificultades de acceso al recurso para satisfacer necesidades básicas de buena calidad, son desafíos que demandan con urgencia estrategias que permitan resolver las numerosas tareas pendiente.

Se partió de los componentes físicos del área, donde se apreció la situación climatológico y meteorológico para que el proyecto sea establecido, posteriormente se recopiló la información necesaria de los anuarios del INAMHI serie (1990 – 2013), y los datos topográficos del IGM, y MAG serie (2015).

12.1.1. Área de estudio

Ubicación geográfica

El área del proyecto se encuentra localizada en la zona noroccidental de la parroquia Tanicuchí, es decir colindando con la parroquia Toacaso del cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Ver **fig. 4**.

Tabla 11. Coordenadas UTM, del área del proyecto.

	Este	Sur	Altitud
Vertiente Soltero Guayco	755349	9917115	3260,3
Vertiente Pagta	754680	9917323	3283,9
Vertiente Rasuyacu	755027	9917178	3266
Tanque de almacenamiento	758957	9916206	3188

Elaborado por: Almache A., Lema C.

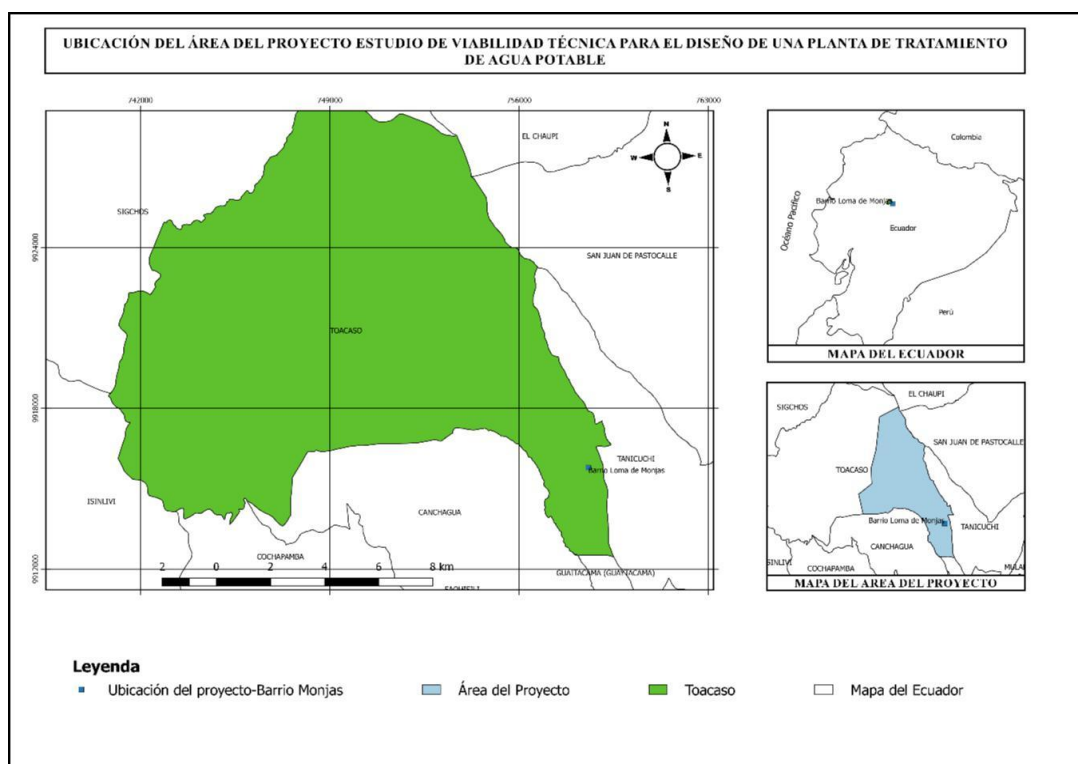
Los pobladores ocupan el servicio de agua de consumo humano de dos vertientes:

1. Rasuyacu-Pagta
2. Soltero huayco

Rasuyacu- pagta. - Este caudal proviene de una vertiente municipal que entrega a 3 parroquias entre éstas se encuentra Tanicuchí con los barrios, la vertiente provee un caudal permanente de 3 l/s.

Soltero huayco. - La vertiente de la que se alimenta es totalmente cubierta con una losa de hormigón. De ésta sale por una tubería de hormigón simple de 200mm y llega a un tanque de distribución. Esta se distribuye a los sectores, Tanicuchí y Poaló en partes proporcionales, al igual que la vertiente de Rasuyacu provee de un caudal de 3 l/s.

Figura 1.- Ubicación del proyecto estudio de viabilidad técnica para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable



Elaborado por: Almache A., Lema C.

Para el desarrollo del diagnóstico ambiental se plantearon tres etapas que permitieron obtener la información necesaria para el proyecto las mismas que se enfocan en la recolección, interpretación y utilización de información.

Además, se basó en la bibliografía y cartografía, para determinar las características físicas y bióticas del área, componentes de clima, tipo de suelo, recursos hídricos,

flora y fauna. Para el diagnóstico se utilizó el método de evaluación ecológica rápida.

12.1.2. Climatología

Las estaciones más cercanas al área del proyecto son cuatro considerandos un radio de 20km y una altitud ± 300 m.s.n.s.m y de esta manera validar en el espacio tiempo las épocas lluviosas y secas del sector. La ubicación geográfica de las estaciones se muestra en **la figura 2**.

Tabla 12. Estaciones meteorológicas, serie 1990 – 2013

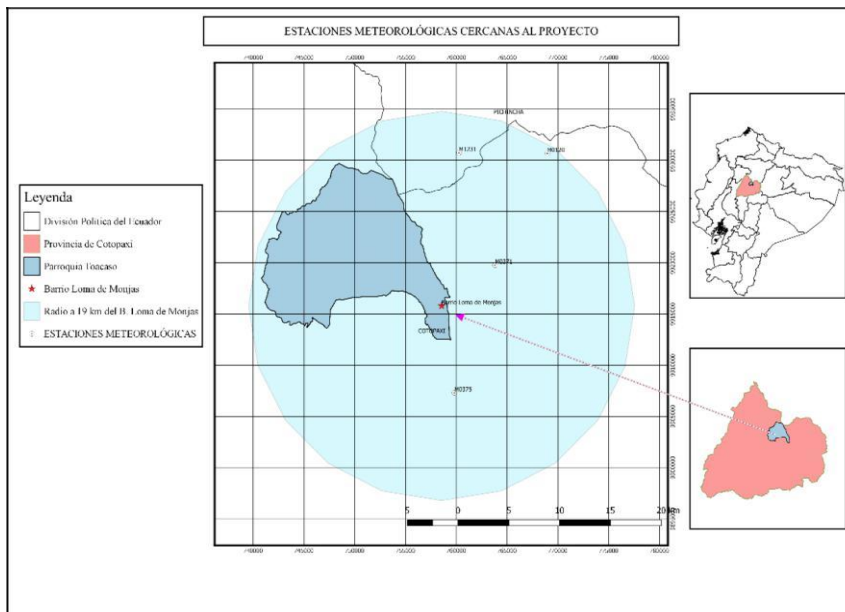
Código	Nombre	Tipo	Cuenca	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Altitud (Msnm)
M0120	Cotopaxi – Clirsén -Iee	CO	Pastaza	- 0.623333	- 78.581389	3510
M0371	Pastocalle	PV	Pastaza	- 0.721944	- 78.627500	3074
M0375	Saquisilí	PV	Pastaza	- 0.834722	- 78.663333	2892
M1231	Illiniza - Bigroses	CP	Esmeraldas	- 0.622778	- 78.659444	3461

Fuente: INAMHI; CO= Climatológica Ordinaria, CP= Climatológica Principal,
PV= Pluviométrica

Elaborado por: Almache A. & Lema C.

Las estaciones que fueron seleccionadas y óptimas de acuerdo a la distancia del proyecto a 19 km, son M0120 CO y M037 PV ya que presentan mayor cantidad de datos para generar y estimar la climatología del área de proyecto.

Figura 2: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.



Fuente: SIN, IMG (2008)
Elaborado por: Almache A. & Lema C.

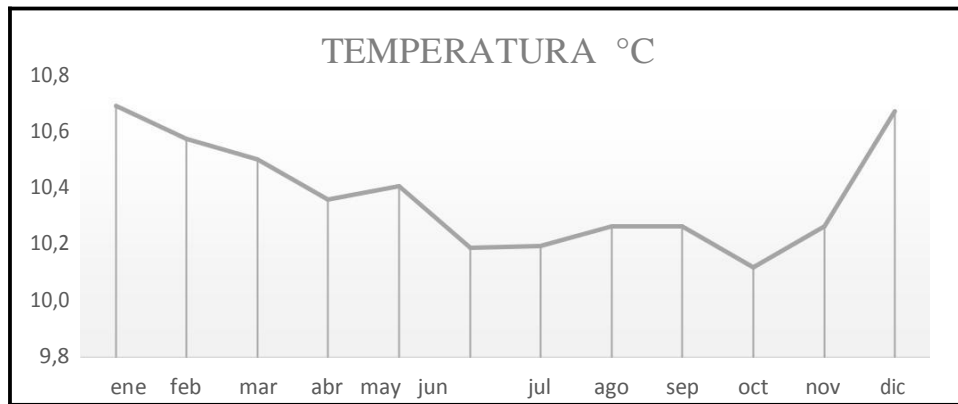
Temperatura

El clima de la zona es Ecuatorial frío de alta montaña: se ubica entre los 3000 y 3200 msnm de altura. La temperatura media anual es inferior a 12 °C y depende de la altitud. La precipitación anual está entre 800 y 2000 mm ya que varía según altitud y exposición. (Hofstede, s. f. 1998).

Tabla 13. Valores promedios media anual de temperatura °C

M0120 COTOPAXI CLIRSEN IEE													
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMED IO
T°C	11	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,1	10,3	10,7	10,4

Fuente: INAMHI, Anuarios Meteorológicos (1990-2013)
Elaborado por: Almache A., Lema C.

Grafico 1: Temperatura Anual

Fuente: Anuario meteorológico INAMHI; (1990 – 2013)

Elaborado por: Almache A., Lema C.

En referencia de (Hofstede, s. f. 1998), En el área del proyecto hay factores que influyen en el clima, tales como la ubicación del territorio dentro de la zona ecuatorial, la altitud geográfica es de 3188 (msnm) metros sobre el nivel del mar, la proximidad y orientación respecto a la cordillera de Los Andes y el sistema de circulación de los vientos.

El régimen climático es de tipo frío, sin llegar a la escala de páramo. Las estaciones climatológicas son bien definidas, En los meses de enero, febrero, marzo, mayo, noviembre y diciembre, la temperatura se incrementa debido a la presencia de mayores horas de sol. Después de esos meses brillantes vienen los más opacos, abril, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, donde los vientos por la mañana casi no se sienten ya a partir del mediodía, aumentan y a veces suelen ser fuertes sin causar perjuicios.

Lo cual se deduce que el proyecto estará expuesto a estas condiciones climáticas a la temperatura promedio de 10 ,4 °C anuales.

Precipitación

Los datos de la precipitación que registra la estación pluviométrica Saquisilí M0375, se obtiene una media anual de 876,59 mm, con un promedio mensual de 73,05mm los periodos con más precipitación se encuentran en los meses de

octubre hasta mayo y los meses de menos precipitación se sitúan en junio a septiembre. **Ver gráfico 2.**

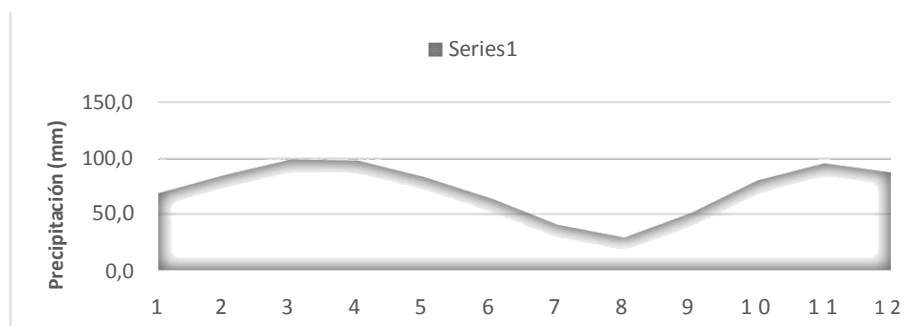
Tabla 14. Valores promedios mensuales de la precipitación.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA SAQUISILÍ														
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	P. Anual	MEDIA
P.(mm)	68,2	84,6	98,5	97,4	82,8	63,5	40,0	28,7	50,7	79,6	95,1	87,0	876,5	73,0

Fuente: INAMHI, Anuarios Meteorológicos (1990-2013)

Elaborado por: Almache A., Lema C.

Gráfico 2: Precipitación Anual



Fuente: INAMHI, Anuarios Meteorológicos (1990-2013)

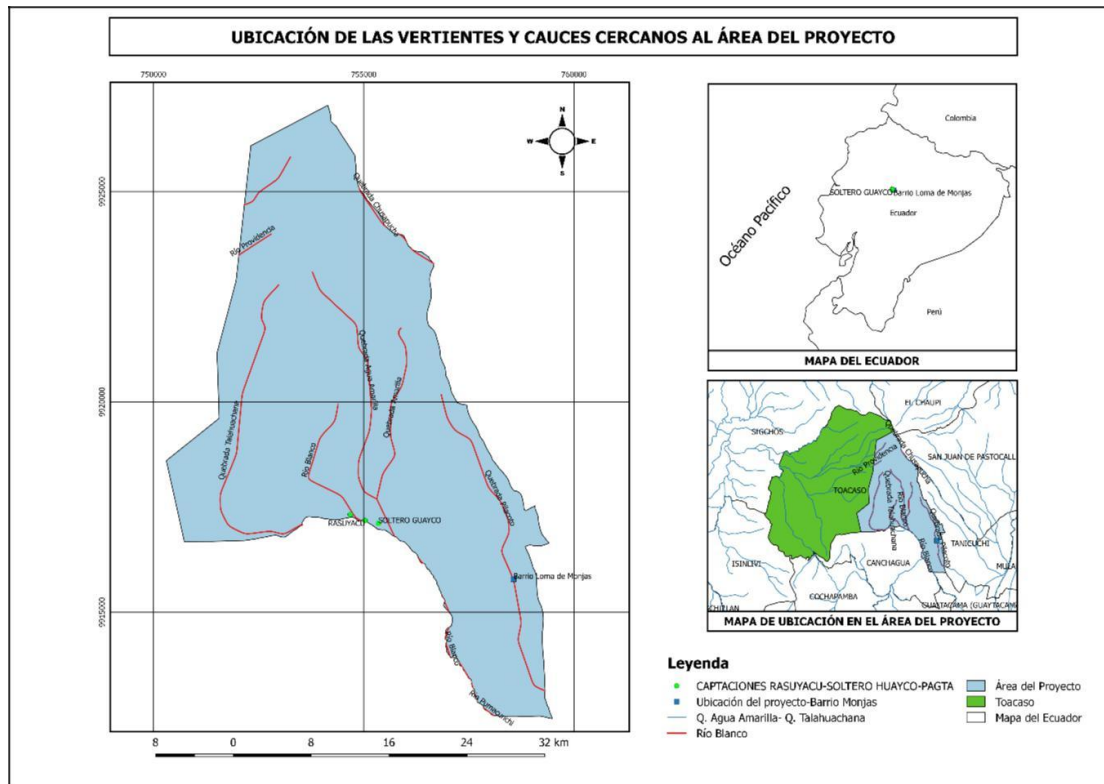
Elaborado por: Almache A., Lema C

12.1.3. Hidrología

El área del proyecto está ubicada cerca de los Ilinizas, la cual es considerada por tener a sus faldas varias vertientes de agua subterránea, las mismas que son utilizadas para el consumo humano.

Los cauces que recorren cerca de las vertientes del proyecto se encuentran la microcuenca quebrada Agua Amarilla, la que se une a la subcuenca del Río Blanco la misma que se une a la cuenca del Río Esmeralda para finalmente desembocar al Océano Pacífico. **Ver fig.3.**

Figura 3: Ubicación de las vertientes y cauces a su entorno.



Fuente: SENAGUA (2015)
Elaborado por: Almache A., Lema C

Resultados del análisis del agua de consumo humano Rasuyacu y Soltero Huayco

Obtenidos los resultados del análisis físico-químico del agua para determinar lo niveles de contaminación de las dos vertientes utilizadas para el consumo humano.

(Tabla 15)

Tabla 15. Análisis de las vertientes Soltero Huayco-Rasuyacu del proyecto viabilidad técnica para el diseño de una planta de tratamiento de AA.PP.

Parámetros	Unidad	Resultado de los análisis		Límites máximos permisibles Tulsma anexo 1; tabla 2. De calidad de agua de consumo y uso doméstico.
		Resultado soltero guayco	Resultado Rasuyacu	
Ph	U ph	6.5	6.9	6-9
Turbiedad	Ntu	1.2	2.8	10
Conductividad eléctrica	Us/ cm	773.4	548.4	1500
Sólidos totales	Mg/l	495	351	500
Sólidos disueltos	Mg/l	490	344	
Sólidos en suspensión	Mg/l	5	7	
Dureza total	Mg/l	268	182	500
Dureza carbonatada	Mg/l	268	182	
Dureza cálcica	Mg/l	92	56.8	
Cloro libre residual	Mg/l	0	0	
Boro	Mg/l	0.38	0.41	0.75
Arsénico	Mg/l	0.15	0.17	0.05
Oxígeno disuelto	Mg/l	8.5	8.6	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
DbO5	Mg/l	51	21	<2
Dqo	Mg/l	8.6	33.6	<4
Coliformes totales	Ufc/ 100ml.	127	158	3000

Elaborado por: Almache A., Lema C

Con base a los análisis realizados se determinó que las vertientes Rasuyacu y Soltero Huayco se encuentran con concentración de arsénico (As), DQO y DBO5, fuera de los límites permisibles establecidos en la normativa los cuales requieren de un tratamiento para su uso de consumo humano.

Tabla 96. Resultado Arsénico

Parámetros	Unidad	Soltero Guayco	Rasuyacu	Límite máximo permisible
Arsénico	mg/l	0.15	0.17	0.05

Elaborado por: Almache A., Lema C

El arsénico obtenido en la vertiente Soltero Guayco es de 0,15 mg/l y de la vertiente Rasuyacu es de 0,17 mg/l, en el TULAS libro VI establece que el parámetro máximo permisible es de 0,05 mg/l los valores obtenidos en las dos vertientes no se encuentran dentro de los máximos permisibles, por lo cual requieren de un tratamiento adecuado para disminuir su concentración.

Tabla 17. Resultado DBO5

Parámetros	Unidad	Soltero Guayco	Rasuyacu	Límite máximo permisible
DBO5	mg/l	51	21	<2

Elaborado por: Almache A., Lema C

El DBO5 obtenido en la vertiente Soltero Guayco es de 51 mg/l y de la vertiente Rasuyacu es de 21 mg/l, en el TULAS libro VI establece que el parámetro máximo permisible es <2 mg/l los valores obtenidos en las dos vertientes no se encuentran dentro de los máximos permisibles, por lo cual requieren de un tratamiento adecuado para disminuir su concentración.

Tabla 108. Resultado DQO.

Parámetros	Unidad	Soltero Guayco	Rasuyacu	Límite máximo permisible
DQO	mg/l	8.6	33.6	<4

Elaborado por: Almache A., Lema C

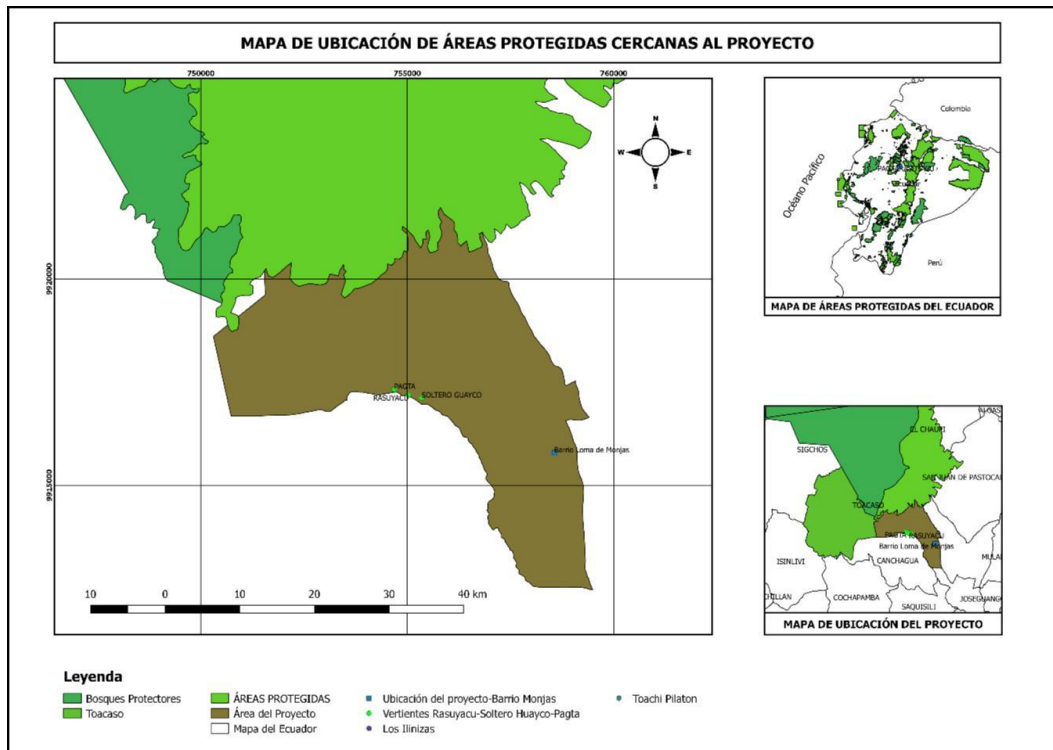
El arsénico obtenido en la vertiente Soltero Guayco es de 8,6 mg/l y de la vertiente Rasuyacu es de 33,6 mg/l, en el TULAS libro VI establece que el parámetro máximo permisible es <4 mg/l los valores obtenidos en las dos vertientes no se encuentran dentro de los máximos permisibles, por lo cual requieren de un tratamiento adecuado para disminuir su concentración.

12.1.4. Geología y suelos

Área protegida

Las áreas protegidas son espacios que se encuentran salvaguardados por la diversidad existente de fauna y flora. El proyecto se encuentra alejado del área protegida de los Ilinizas y de los bosques protectores Toachipilton, por lo cual no se considera una amenaza para desarrollar el proyecto, además que sus vertientes se encuentran a 3 Km del área protegida mencionada.

Figura 4: Ubicación de áreas protegidas cercanas al proyecto.



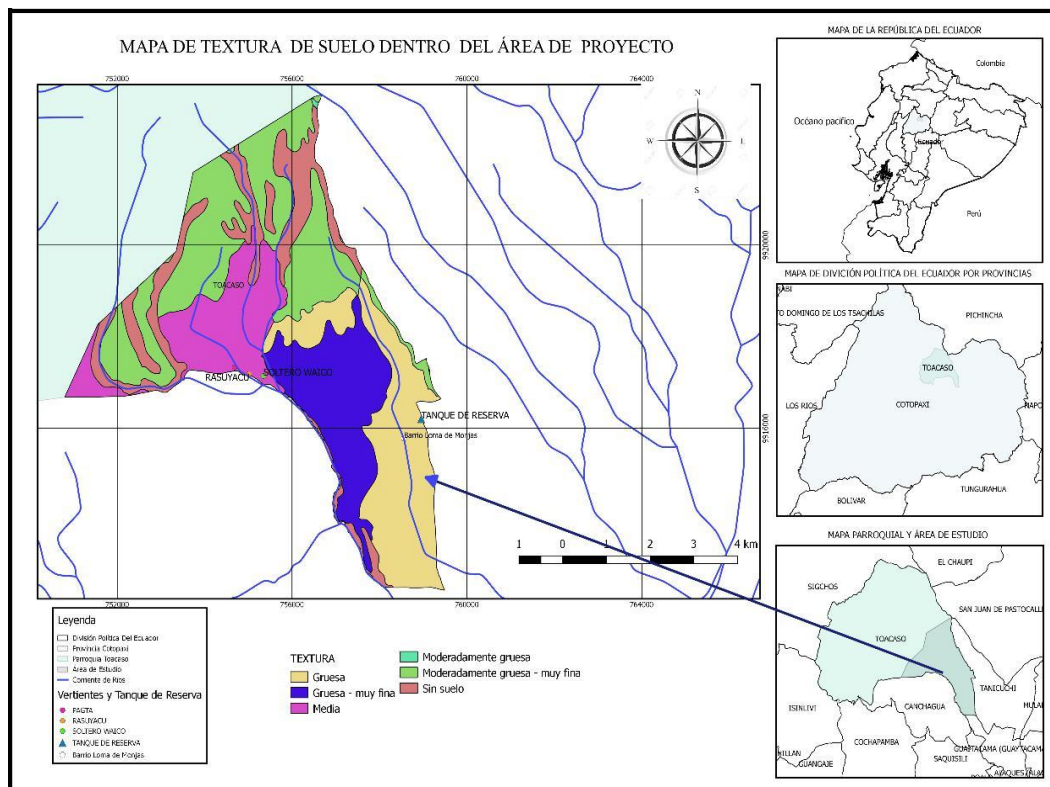
Fuente: SENAGUA (2015)

Elaborado por: Almache A., Lema C.

Tipo y textura del suelo.

Respecto a la textura del suelo, en el territorio de la Parroquia Toacaso, dentro del punto estratégico para la planta de tratamiento de agua potable, se identificó 4 categorías de suelos, determinado por su textura, la más predominante es la de textura gruesa, seguidamente la textura gruesa muy-fina, moderadamente gruesa muy - fina y por último la textura media las cuales son compuesto por pequeñas partículas y finas lo que se dedujo que es un suelo franco arenoso.

Figura 5: Textura del suelo dentro del área de proyecto.



Fuente: MAG (2015)

Elaborado por: Almache A. & Lema C.

Finalmente, entre las alturas de 3000 y 3118 metros se aprecia en **Figura 1.**, se localizan los suelos molisoles, los cuales en su mayoría son de color negro, con un horizonte superior de gran espesor, oscuro, con abundante materia orgánica; son de texturas arcillosas o arcillo arenosas se lo pudo determinar mediante la

realización de una pequeña calicata de una profundidad de 1m. Se aprecia en la siguiente imagen.

Imagen 4. Calicata del suelo

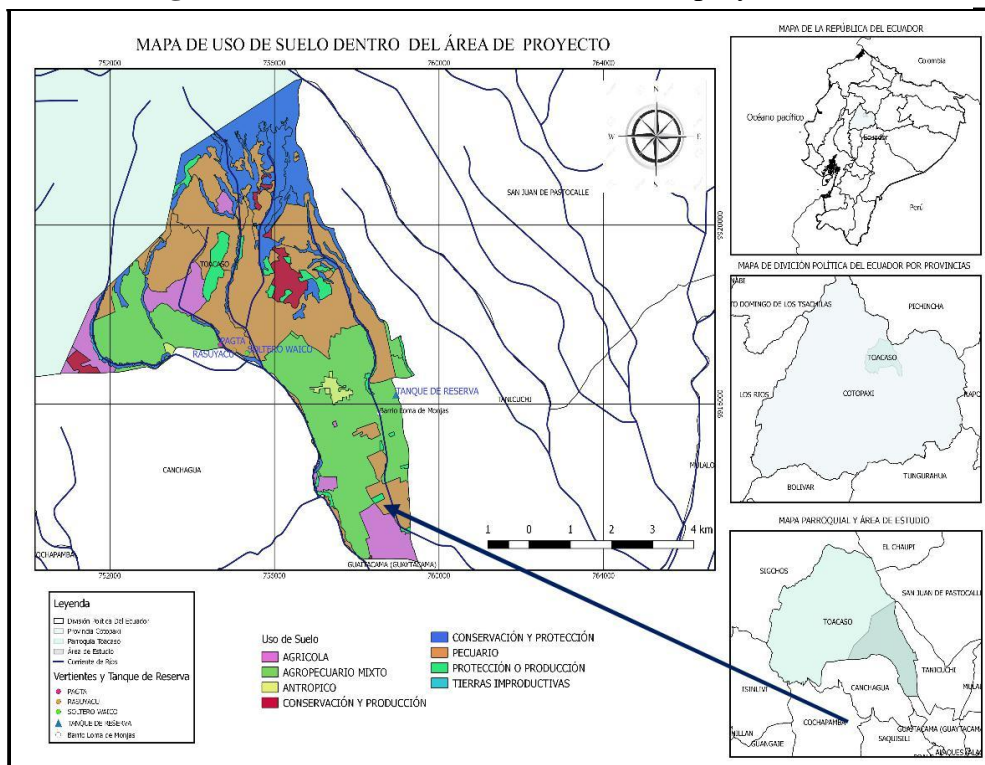


Fuente: Almache A., Lema C

Uso del suelo.

De la 18944 hectárea que corresponde a la jurisdicción de la Parroquia Toacaso, 13.232 hectáreas, es decir el 70% del suelo no es apto para la producción agropecuaria, solamente 5.100 hectáreas, que corresponde al 27% son tierras cultivables.(Pincha, s. f. 2019).

Figura 6: Uso del suelo dentro del área de proyecto.



Fuente: MAG (2015)

Elaborado por: Almache A. & Lema C.

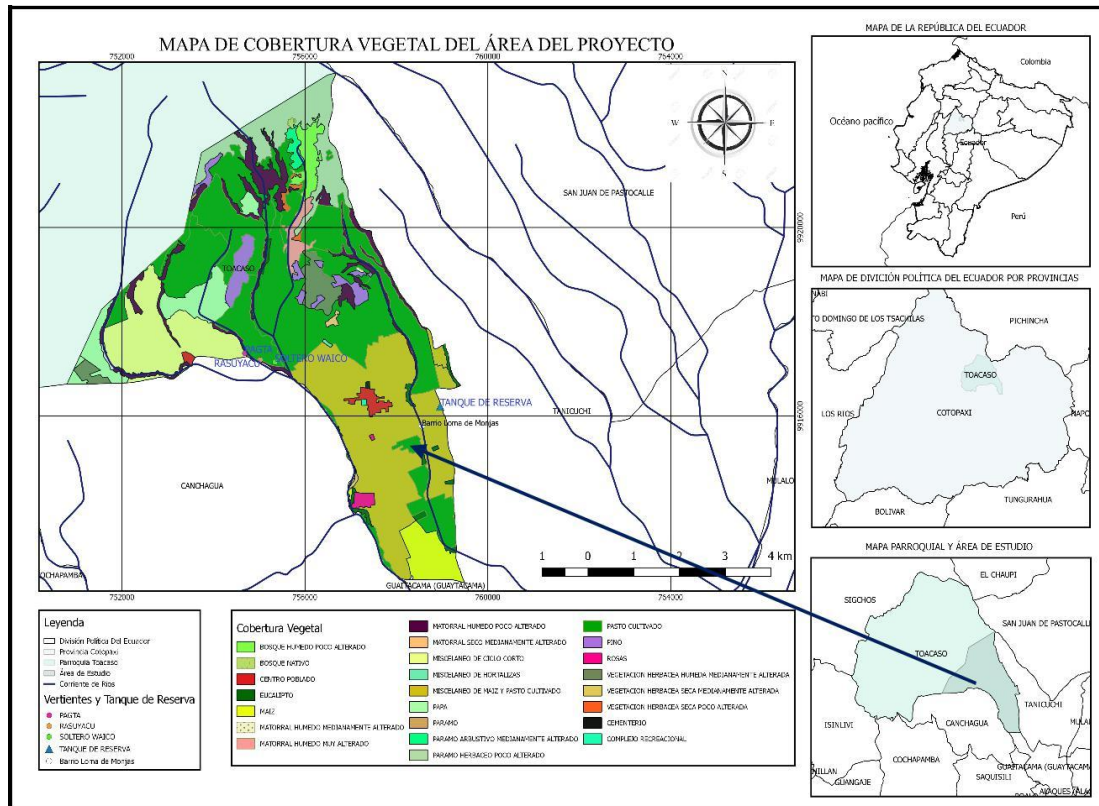
Las 3,704 hectáreas delimitadas para el diagnóstico del uso de suelo dentro del área del proyecto, de acuerdo con la clasificación tenemos que en un gran porcentaje predominante en el sector es de uso agropecuaria mixto, que integra los cultivos y la ganadería, son sistemas que pueden producir una mayor rentabilidad de la agricultura para los productores, asegurando el abastecimiento y una mejor calidad de los alimentos para los consumidores. Luego el uso pecuario que existe en el sector de manera muy representativa debido a que el sector se dedica a la crianza de ganado vacuno y ovino, de ellas depende la economía de la población del sector.

Existen áreas de conservación y protección debido a que son zonas con abundantes fuentes de aguas naturales y especies endémicas del lugar, como también se identifica áreas con pequeñas magnitudes de producción, con la finalidad de no generar erosión de los suelos fértiles de la zona, existe una mínima presencia del suelo que está siendo protegido en donde se mantienen su ecosistema. Se puede observar en la figura 6, el uso de tipo antrópico, en el sentido este y noroeste del sector de estudio es debido que son asentamientos humanos, apareciendo las construcciones de casas y vías de acceso, de la misma manera se puede apreciar una considerada capacidad de uso agrícola.

Cobertura vegetal

En el territorio de la Parroquia Toacaso se encuentra La reserva Ecológica Los Ilinizas, que fue creada 02 de diciembre de 1996. Dentro de la misma existen bosques y páramos protegidos parcialmente por cooperativas comunales locales como la Cooperativa Cotopilaló y la Asociación Huahuauco-La Merced, La Cooperativa de Producción Agrícola Rasuyacu y La Asociación La Merced. Estos espacios se caracterizan por presentar páramos de pajonal y relictos boscosos alto andinos. Los remanentes de bosque nativo son reducidos y existen parches de vegetación arbustiva húmeda. Los páramos herbáceos ocupan alrededor del 40% del área, y se localizan a partir de los 3.500 m de altitud. (Pincha, s. f. 2019)

Figura 7: Cobertura vegetal del área de proyecto



Fuente: MAG (2015)

Elaborado por: Almache A. & Lema C.

En los 33.70 km² que se delimitó enfocando al área del proyecto, en la figura 7, se puede identificar que existen parches con escasa cobertura vegetal. De las áreas con matorrales húmedos, paramos con especies arbustivas y herbáceas, se han visto amenazadas y alteradas ya que en la zona de amortiguamiento los campesinos se dedican a cultivos de ciclo corto asociados con pastos y pequeñas áreas de vegetación arbórea, arbustiva y herbácea.

El área de cobertura vegetal natural ha sufrido una reducción muy significativa, la desaparición del ecosistema de los páramos se torna irreversible, ya que se expande el avance de la frontera agrícola de cultivos de ciclo corto en las que predominan, tales como: cultivo de papas, pasto cultivado, vegetación herbácea de altura y el cultivo de maíz.

12.1.5. Aspectos bióticos

El área del proyecto se encuentra localizada en una zona intervenida por el ser humano, además el avance de la frontera agrícola por el cual la fauna y flora es escasa

Flora

En la zona de estudio se observa un gran desplazamiento de flora nativa hacia los caminos y quebradas, ya que hace mucho tiempo estos suelos han sido utilizados en la agricultura y actualmente para vivienda. Mediante observación directa se obtuvo como resultado varias especies:

Tabla 119. Flora Del Área Del Proyecto.

Flora	
Nombre común	Nombre científico
Sigse	<i>Cortaderia jubata</i>
Cabuya negro	<i>Furcraea andina</i>
Capulí	<i>prunus serotina</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>
Retama	<i>Genista monspessulana</i>
Marco	<i>Ambrosia arborescens</i>
Quicuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Chilca	<i>Bracchiris lattifolia</i>
Trébol	<i>Trifolium repens</i>
Ortiga	<i>Urtica flabellata</i> Ku
CULTIVOS	
Maíz	<i>Zea mays</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>

Elaborado por: Almache A., Lema C

Fauna

Actualmente en el área del proyecto el componente fauna es escaso, debido al avance de la frontera agrícola, por la cual las especies han migrado a hábitats

alojados del ser humano. Mediante la observación de determinado algunas especies al entorno de la zona del proyecto.

Tabla 20. Fauna Del Área Del Proyecto.

Fauna		Nombre científico
Nombre común		
AVIFAUNA		
Tórtola		<i>Zenaida auriculata</i>
Palomas		<i>Columba sp.</i>
Guiragchuro		<i>Pheuticus chrysopeplus</i>
MASTOFAUNA		
Chucuri		<i>Mastela frenata</i>
Raposa		<i>Didelphys albiventris</i>
Ratón doméstico		<i>Mus musculus</i>
FAUNA DOMÉSTICOS		
Vaca		<i>Bos primigenius</i>
		<i>Taurus</i>
Perro		<i>Canis lupus familiaris</i>
Gato		<i>Felis catus</i>
Gallina		<i>Gallus gallus domesticus</i>
Chancho		<i>Sus scrofa domesticus</i>
Ovejas		<i>Ovis orientalis aries</i>

Elaborado por: Almache A., Lema C

12.1.6. Aspectos sociales

Demografía: tamaño y composición.

El presente proyecto considerando que es de uso para abastecimiento hídrico de la población de los barrios indicados, abastece a 367 familias que, considerando un promedio de 5 miembros por familia, tiene una población de 1835 habitantes.

Tabla 21.

Según el Censo Nacional de Población y de vivienda el crecimiento de población de todo el cantón, es de 2.00% entre 1992 y 2010, con una mortalidad del 5% anual en promedio de edad entre los 70 a 80 años.

El barrio, así como en el resto de los barrios cercanos, no cuenta con un sistema de agua potable apropiado, lo que ha provocado permanentes enfermedades de tipo gástrico que se presentan en la zona. Representando un problema de salud pública.

Tabla 21. Población INEC –

2010 POBLACIÓN DEL PROYECTO			
Barrios de la “Junta de	TOTAL HOMBRES	MUJERES	agua los Ilinizas”
Monjas			
Pucará			
Chilcapamba Centro	1835	882	953
Sandoval			
Goteras 5 de Junio			
Pecillo			

Fuente: INEC (2010)

Elaborado por: Almache A., Lema C.

Principales Actividades Económicas

A nivel parroquial se tienen los siguientes datos:

Microempresas familiares o bloqueras. - Cuentan con varias microempresas, se las denomina familiares porque por lo general la mano de obra utilizada la constituye todos los miembros de la familia; los ingresos varían de acuerdo a la magnitud de la bloquera, es decir el número de máquinas y personal empleado.

La Agricultura. - La parroquia cuenta con un canal de riego Canal Central que no abastece los requerimientos de los agricultores. Cultivan maíz, papa, fréjol, cebada, alfalfa, calabazas, chochos. Por lo general está en las manos de las mujeres y niños de edad escolar, los varones trabajan en la tierra los sábados y los domingos.

Ecoturismo.- Para este tipo de práctica turística, considerando la ubicación geográfica, el piso altitudinal y la distribución geomorfológica, se puede diferenciar zonas de vida y formaciones vegetales que le hacen única a la parroquia

de Tanicuchí; pues en toda su superficie se encuentra especies en flora y fauna, propias del páramo como: aves, (pájaro brujo, colibríes, tórtolas, entre otras), reptiles como lagartijas, mamíferos como lobo, chucuri, ratón de campo; entre la flora encontramos especies nativas como: gran variedad de helechos, hierba buena, silo, guijos, retama, marco, matico, totora, caballo chupa, berros, achupalla, paja de páramo, chuquirahua, etc.

Salud pública

Según las investigaciones realizadas, las principales enfermedades que se presentan en la zona son la desnutrición general, respiratorias, y en mayor grado las gástricas, que guardan relación directa con el agua que se consume, y las condiciones higiénicas en las que viven. La tasa de morbilidad es alta por ésta situación, la misma que promedia un 20% de la población que constantemente tiene problemas de salud. (Junta de Agua los Ilinizas)

Establecimientos de salud. - Para la atención médica de la población, acuden al centro de salud tipo “C” ubicada en el sector Lasso centro.

12.2. Bases de diseño

Forma parte importante en la fase de los proyectos de ingeniería, que determina mediante cálculos la población futura, el período de diseño y caudal a tratamiento del proyecto, para obtener las dimensiones reales a diseñarse con base a la población actual. Un sistema de abastecimiento de agua está compuesto por una serie de procesos los cuales se diseñarán de acuerdo a la calidad de agua que se presente en el sistema. Para el dimensionamiento y cálculos del presente proyecto se utilizó el documento establecido por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS la “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”.

12.2.1. Población actual

La población actual de la junta de agua Los Ilinizas se obtuvo en base al Instituto Nacional Estadística y Censos (INEC), la cual se encuentra constituido por seis barrios.

$$P_o = 1835 \text{ habitantes.}$$

12.2.2. Período de diseño

El periodo de diseño se estableció en base a la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable, estableciendo un período de 30 años para plantas de tratamiento y tanques de almacenamiento. **Ver tabla 22**

Tabla 22. Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	
Obras de captación	50 a 100
Pozos	25 a 50
Conducciones de hierro	10 a 25
dúctil Conducciones de	40 a 50
asbesto cemento o PVC	20 a 30
Zanta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40

Fuente: Normas de Diseño de la SSA.

12.2.3. Población futura

La población futura se determinó con base a los siguientes datos:

DATOS:

Tasa de crecimiento (r) = 2%

Población actual (P_o) = 1835 Hab.

Período de diseño (t) = 30 años.

$$= \frac{\%}{\%} = (1 +)$$

$$= \frac{\%}{\%} = 1835(1 + 0.02)^{30}$$

$$= . = 3323h .$$

12.2.4. Caudal medio diario

El caudal medio diario se tomará en cuenta la dotación por habitante. Según la OMS la dotación es de 150 l/hab.*día.

DATOS:

Población futura (Pf) = 3323 hab.

Dotación (Dmf) = 150 lt/hab*día.

$$= \frac{3323h \cdot 150}{86400} = 5.77 \text{ / } \frac{h \cdot l}{3/}$$

$$= 0.00577$$

12.2.5. Caudal máximo diario

Caudal del día máximo de consumo se obtiene al multiplicar por el coeficiente de mayor acción, el mismo que es igual a 1.25. Datos:

Caudal medio diario (Qmed) = 5.77 lt/seg

Coeficiente (Kmd) = 1.25

$$= 1.25 \cdot 5.77 \text{ /}$$

$$= 7.21 \text{ lt/seg}$$

12.2.6. Caudal máximo horario

Caudal representado por el consumo máximo en una hora se obtiene al multiplicar el coeficiente de 2.0 y el caudal medio diario. DATOS:

Caudal medio diario (Qmd) = 5.77 /

Coeficiente = 2.00

$$= 2.00 * 5.77 \text{ lt/seg} \\ = 11.54 \text{ lt/seg}$$

12.2.7. Caudales de diseño

Para el caudal de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, se tomaron en cuenta los caudales recomendados en las Normas de Diseño de la SSA.

ESTRUCTURAS	CAUDALES
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

12.2.8. Caudal de tratamiento

Caudal referencial para el tratamiento del agua de consumo, la misma que se determinara para el caudal máximo diario más el 10%.

$$= 1.10 \cdot 5.77 \text{ lt/seg} \\ = 6 \text{ lt/seg}$$

12.2.9. Cálculo de los procesos del sistema de agua potable

Los procesos implementados para el mejoramiento de la calidad de agua de la junta los Ilinizas, se establecieron en base a los análisis realizados, que permitan establecer los procesos adecuados para el tratamiento de arsénico As, DBO5 Y DQO.

Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento que se encuentra construido en la junta, está diseñado para el almacenamiento de 53 m³.

DATOS:

Radio del tanque (r) = 2.6m

Altura del tanque (h) = 2.54m

$$= \pi r^2 h \\ = 3.1416 \cdot (2.6)^2 \cdot 2.54 \\ = 53 \text{ m}^3$$

Los criterios de diseño para el cálculo del filtro lento de arena están basados en los siguientes parámetros:

Tabla 23. Criterios de diseño para filtros lentos de arena (Kiely, 1999).

PARÁMETROS	NIVEL OTORGADO
Periodo de operación (h/d)	24
Periodo de diseño (años)	8 – 12
Velocidad de filtración (m/h)	0.1 – 0.3
ALTURA DE ARENA (m)	
Inicial	0.8

Mínima	0.5
Diámetro efectivo	0.15 – 0.30
Altura de lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.25
Altura de agua sobrenadante (m)	0.75
Borde libre (m)	0.1
Área superficial máxima por modulo (m ²)	<100

Fuente: Kiely, 1999

Dimensiones para el filtro lento de arena

DATOS:

Caudal de diseño (Qd) = 6 lt/seg

Velocidad de filtración (Vf) = 0.3 m/h

$$\frac{.0001^3 \cdot 3600}{1} = \dots$$

$$= 72 \frac{21^3/h}{2}$$

$$= \sqrt{\frac{2^*}{\dots}}$$

$$= \sqrt{72^2 \cdot 3.1416}$$

$$= 4.78 =$$

13. CONCLUSIONES

- El área de estudio se encuentra a 3118 msnm, clima templado anual en promedio; temperatura de 10,4 °c. y su precipitación 876,59 mm promedio. La precipitación es bimodal el primer periodo de lluvia ocurre de febrero a mayo, seguido de octubre a diciembre y un periodo seco se junio a septiembre. El suelo del lugar se caracteriza por ser suelos molisoles, ya que en su mayor parte es de color negro y con gran abundancia de materia orgánica, conformado por su textura arcillosa, esto se lo pudo determinar mediante una calicata de profundidad de un metro.
- La calidad de agua de las vertientes Rasuyacu – Pagta y Soltero Huayco, es buena cumpliendo con la normativa vigente del Ecuador Tulsma, Anexo I tabla 2. Sin embargo, los parámetros de As, DQO y DBO5 exceden en 0,12, 0,21, 0,61 mg/l respectivamente los límites. Siendo necesario el diseño de la planta de tratamiento de agua potable.
- La planta de tratamiento de agua estará conformada de acuerdo a los estudios realizados, y las especificaciones técnicas para la construcción, la misma que su infraestructura tendrá los procesos unitarios tales como tanque de almacenamiento previo al tratamiento, un filtro lento de arena en combinación con el carbón activado y tanque de desinfección o cloración.

14. RECOMENDACIONES

- Los representantes de la junta los Ilinizas deberán efectuar estudios previos a la instalación de la planta de tratamiento, tanto el área de instalación como análisis de calidad de agua de las vertientes, ya que por alteraciones de los aspectos climatológicos pueden existir cambios representativos.
- Para garantizar a la junta una planta de tratamiento funcional se deberán aplicar estrictamente las especificaciones técnicas y criterios de diseño contenidos en este estudio, para garantizar la calidad y el buen funcionamiento, los mismos establecidos en la norma de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS (IEOS) la “NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES”.
- Para la oxidación del arsenito (III) a arseniato (IV), que se puede realizar al agregar una concentración de cloro, también se la puede realizar a través de una bomba que ayude a inyectar oxígeno el mismo que permitirá la oxidación de dicho metal, este proceso es necesario para el tratamiento ya que es una mejor manera de manipular el metal y su eliminación o reducción de su concentración será mayormente eficaz.
- Elaborar junto a los barrios que integran la junta de agua los Ilinizas, proyectos de reforestación con plantas nativas del lugar en las áreas cercanas a las fuentes de captación de agua, para ayudar a disminuir la erosión, aumentar la infiltración en el área y fortalecer el aumento de caudal.
- Realizar estudios de factibilidad de diseño hidráulico (desarenadores), en las captaciones debido a que su estructura no es la adecuada para su

aprovechamiento, por la cual puede existir pérdida de caudal como también permitir el acceso de insectos que produzcas contaminación microbiológica.

- Después de la ejecución del proyecto, capacitar al personal que se responsabilizara del sistema de agua sobre mantenimiento y operación, para que exista un funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento.

15. BIBLIOGRAFÍA

Libros

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. (2002). Calidad y tratamiento del agua. 1era Edición. Editorial McGraw-Hill. España.
2. Bansal, R., Donnet, J., Stoeckli M., H., Rodríguez-Reinoso, F. Activated Carbon. (Elsevier 2006) Vol. 3, 1766-1827 (2002) (1992).
3. Barrenechea Martel, A., Maldonado Yactayo, V., & Aurazo de Zumaeta, M. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. In Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: teoría. Tomo I (pp. 2-56). CEPIS.
4. CARRILLO, E. LOZANO, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult. Tesis para optar por el título de Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá – Colombia.
5. Carrillo, V. Y., & Muñoz, N. E. S. (s. f.). ELABORACION DE UN FILTRO A BASE DE CARBON ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPO DE COCO CON EL PROPOSITO DE REDUCIR LA DUREZA EN EL AGUA POTABLE. 119.
6. Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial, (029), 153-170.
7. EUROPEAN COMMUNITY ENVIRONMENT LEGISLATION (1992). Calidad del agua (7 volúmenes). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo
8. Félez Santafé, M. (2009). Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos.

9. Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., DElia, M., & Paris, M. (2003). Protección de la calidad del agua subterránea. Banco Mundial.
10. Hernández, k., & Ortez C. (2006). Descontaminación por el método de adsorción en agua de pozos y agua lluvia destinada al consumo humano en comunidades rurales ubicadas al sur del departamento de la libertad , Revista Uniandes, San Salvador.
11. Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Revista interdisciplinar de gestión ambiental, 2(23), 12-19.
12. Lozano-Rivas, W. (2012). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Bogotá: Universidad Nacional Abierta ya Distancia–UNAD.
13. Luna, D., Gonzalez, A., Gordon, M., Termofluidos, A., & Pablo, A. S. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. 10.
14. Mañay, J. V. P. (2013). MEJORAMIENTO DEL CARBÓN ACTIVADO CONTAMINADO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE. 157.
15. OMS., O. P. A. S. (2010). Guías para la calidad del agua potable. Organization of American States, General Secretariat.
16. OROZCO, (2003). “Contaminación Ambiental”. Thomson Editores, España
17. PIZZI, NICHOLAS G. (2007). Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. Editorial AWWA. Estados Unidos.

18. Reinoso, Francisco, (2005) “Carbon activado: estructura, preparaci´on y aplicaciones”, Revista Uniandes, Colombia, 66–69.
19. Revelli, G. R., Sbodio, O. A., & Costa, G. V. (2016). Estudio epidemiol´ogico de arsénico en agua subterránea para consumo humano en el territorio del Cluster Lechero Regional, Argentina. Acta toxicológica argentina, 24(2), 105-115.
20. Romero, M. (2008). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Boletín Electrónico [Internet]. [citado 2012 jun 16], 8, 1-12.
21. Spuhler, M. A. (2018). Filtración lenta de arena. BID Mejorando vidas.

Legislación

1. CONTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, Ley orgánica de recursos hídricos registro oficial N° 305-2014.
2. EUROPEAN COMMUNITY ENVIRONMENT LEGISLATION (1992). Calidad del agua (7 volúmenes). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
3. IEOS, E. X. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. 1992.
4. Ministerio del Ambiente (13 de febrero del 2015). Acuerdo N° 028 Reforma del Libro del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Quito. Ecuador: Registro Oficial.

5. Normas, I. N. E. N. Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. CPE INEN, 5, 9-1.

Páginas web

1. Andrea V. Vaca. (2016). Arsénico en Aguas y suelos de Tumbaco: un estudio de las fuentes y procedimientos tecnológicos para mitigar su impacto ambiental. Recuperado 14 de febrero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/290820881_Arsenico_en_Aguas_y_suelos_de_Tumbaco_un_estudio_de_las_fuentes_y_procedimientos_tecnologicos_para_mitigar_su_impacto_ambiental
2. American Public Health Association APHA, AWWA, WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones DIAZ DE SANTOS.
Disponible:http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
3. Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2010). Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. *Información tecnológica*, 21(3), 87-96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642010000300010>
4. Carrillo, V. Y., & Sánchez Muñoz, N. E. (2013). Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable (Bachelor, Universidad de El Salvador). Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5307/>

5. Camacho, C., & Cristina, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, (29). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=337428495008>
6. Chang Gómez, J. (2012) Calidad del agua. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201,2,3.pdf>
7. Chauca Chicaiza, A. F., & Orozco Cantos, L. S. (2012). Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado para la Dosificación de Cloro en el Tratamiento de Agua Potable en la Comunidad San Vicente de Lacas (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)
8. Eliana Fernanda Calvo, J. E. C. N., & Lorena Trejos Bedoya, J. D. G. M. (2015). PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PTAP : Tipos de PTAP. Recuperado 14 de febrero de 2019, de <http://plantasdetratamientodeaguapotablesena.blogspot.com/p/tipos-de-ptap.html>
9. Girbau, G. (2002). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente [Ebook] (pp. 1,5). Sanchón MV. Retrieved from <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>
10. Goel R., Kapoor S.K., Misra K. y Sharma R.K. (2004). Removal of arsenic from water by different adsorbents. *Indian J. Chem. Tech.* 11, 518–525.
11. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en Colombia IDEAM; Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental SSA y Conservación

del Recurso Hídrico CINARA; Universidad Tecnológica de Pereira UTP. 2001. Modelo de Selección de Tecnologías SELTEC.

12. LORENZO ORTEGA, (2017). Metodos indirectos para la estimación de poblaciones ocultas.Rev. Esp. Salud Publica [online]. Vol.91,
13. Mañay, P., & Vicente, J. (2013). Mejoramiento del carbón activado contaminado en el tratamiento de agua potable. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2286>
14. Payeras, A. (2013). Parámetros de Calidad de las Aguas. Retrieved from <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#pH>
15. Río Arronte, G. (2018). Propiedades del agua. Recuperado de <https://agua.org.mx/propiedades-derl-agua/>
16. Salazar, A., & Natividad, M. (2016). Implementacion de un prototipo de filtro a base de carbón activado para una mejor disposición final de los vertidos de la quesera la COCIHC Colta. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4894>
17. Sevilla, U. (s. f.).(2009) MÁSTER EN INGENIERÍA DEL. 89. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36127315/Manual_del_carbon_activo.pdf
18. Smedley P.L. y Kinniburgh D.G. A (2003) .review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry.

- 19.** Swimtonic Technology. (2018). La importancia del agua para la vida. Disponible en: <https://www.swimtonictech.com/es/2018/03/22/la-importancia-del-agua-la-vida/>

- 20.** Tamayo, M. (2011). El agua: un preciado líquido. Museo Nacional de Historia Natural. La Habana, Cuba. Obtenido de: <https://www.ecured.cu/Agua>

16. ANEXOS

Anexo 1.- Presupuesto

FILTRO				
RUBRO	U	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Hormigón f'c=210kg/cm2	m3	6,12	270,00	1652,40
Hierro de 12mm	Hg	255,45	2,80	715,26
Tubería HG de 3''	m	18,00	15,00	270,00
TOTAL:				2637,66
HIPOCLADOR				
COMPONENTES	MATERIALES		EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	TOTAL
Instalación equipo de cloración	807,33		30,00	837,33
Caseta con malla	1,149,89		240,40	1390,29
TOTAL (\$):				2227,62
			SUBTOTAL:	4865,28
			IMPREVISTO 15%	729,79
			TOTAL(\$):	5595,07

Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 2.- Eficiencia de remoción filtro lento de arena.

PARÁMETRO	RANGO (%)
Demanda biológica de oxígeno DBO5	65 - 90
Demanda química de oxígeno DQO	60 - 80
Sólidos suspendidos totales	60 - 75

Fuente: IDEAM et al, 2001. Modelo SELTEC

Anexo 3.- Materias primas y tecnologías de activación del CA

Materia Prima	Activación	Dureza De La Abrasión	Tamaño De Poros
Madera De Pino	Deshidratación Química1	30-50	Macroporoso
Madera De Pino	Térmica2	40-60	Mesoporoso
Carbón Mineral Bituminoso	Térmica2	70-80	Mesoporoso
Concha De Coco	Térmica2	90-99	Microporoso

Fuente: (Sevilla)

Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 4.- Recopilación de datos de precipitación de la estación Saquisilí PV.

PRECIPITACIÓN EN (mm)														
Estación	año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	suma
M0375	1990	40,5	35,5	45,5	70,0	23,2	26,8	7,8	4,2	17,5	113,7	28,7	75,9	489,3
M0375	1991	30,5	22,6	115,7	33,8	82,8	35,8	29,8	8,9	87,0	290,3	406,0	320,4	1463,6
M0375	1992	68,3	84,6	98,5	97,4	82,9	63,6	40,0	28,7	50,8	79,6	95,2	87,0	876,6
M0375	1993	54,6	76,2	156,7	137,1	77,4	12,2	66,5	8,0	87,2	75,9	51,3	135,1	938,2
M0375	1994	68,3	84,6	98,5	97,4	82,9	63,6	40,0	28,7	50,8	79,6	95,2	87,0	876,6
M0375	1995	25,0	64,0	55,0	127,0	104,3	28,3	106,7	33,0	14,0	67,0	136,0	87,4	847,7
M0375	1996	164,0	162,3	134,0	153,5	188,6	89,0	51,0	17,0	13,0	108,0	25,0	28,1	1133,5
M0375	1997	115,8	82,0	94,0	97,4	82,9	63,6	63,0	30,0	99,0	76,0	229,3	68,0	1101,0
M0375	1998	112,0	124,3	104,0	97,4	66,0	106,0	66,0	92,0	62,0	94,0	95,2	61,0	1079,9
M0375	1999	63,7	102,6	102,7	86,0	89,8	80,6	40,8	48,2	181,9	55,0	68,1	149,7	1069,1
M0375	2000	60,8	149,2	121,8	209,9	258,1	156,4	48,7	65,3	147,8	36,0	37,9	75,1	1367,0
M0375	2001	106,5	51,8	107,2	116,2	96,1	94,1	19,8	31,5	63,5	5,6	57,5	94,8	844,6
M0375	2002	81,1	107,0	167,5	134,2	75,6	46,1	40,8	13,7	15,0	92,9	102,0	90,7	966,6
M0375	2003	69,6	93,3	61,2	100,9	74,5	88,2	15,0	7,8	22,9	80,9	108,1	69,2	791,6
M0375	2004	43,4	50,0	58,3	97,7	82,9	28,1	60,5	38,2	59,5	80,9	108,6	103,5	811,6
M0375	2005	45,8	66,6	185,6	96,9	56,1	84,8	32,0	60,9	23,1	71,5	50,2	99,5	873,0
M0375	2006	107,1	146,4	142,3	118,1	75,9	74,9	15,3	29,2	27,6	50,0	155,3	93,6	1035,7
M0375	2007	53,3	33,4	142,4	119,8	109,5	74,4	47,6	48,0	21,9	75,1	109,2	118,4	953,0
M0375	2008	105,5	130,2	141,0	105,1	105,1	79,4	23,0	51,8	27,1	64,0	81,0	49,9	963,1
M0375	2009	83,7	27,4	25,5	49,6	58,5	51,1	18,2	3,0	11,3	54,5	57,0	7,9	447,7
M0375	2010	31,0	47,1	44,0	60,0	48,0	84,5	60,0	7,0	20,0	79,6	56,4	131,0	668,6
M0375	2011	85,2	76,5	41,2	13,2	3,6	21,9	22,8	2,2	14,0	4,8	64,5	13,9	363,8
M0375	2012	10,2	130,5	65,4	97,4	7,2	8,6	5,7	2,7	50,8	101,1	47,7	20,8	548,1
M0375	2013	13,1	82,7	56,9	21,5	56,9	63,6	40,0	28,7	50,8	74,3	19,2	20,6	528,3
	Máxima	164,0	162,3	185,6	209,9	258,1	156,4	106,7	92,0	181,9	290,3	406,0	320,4	1463,6
	Mínima	10,2	22,6	25,5	13,2	3,6	8,6	5,7	2,2	11,3	4,8	19,2	7,9	363,8
	Promedio	68,3	84,6	98,5	97,4	82,9	63,6	40,0	28,7	50,8	79,6	95,2	87,0	876,6

RESUMEN

Mes	Precipitación en mm		
	Máxima	Mínima	Promedio
ene	164,0	10,2	68,3
feb	162,3	22,6	84,6
mar	185,6	25,5	98,5
abr	209,9	13,2	97,4

may	258,1	3,6	82,9
jun	156,4	8,6	63,6
jul	106,7	5,7	40,0
ago	92,0	2,2	28,7
sep	181,9	11,3	50,8
oct	290,3	4,8	79,6
nov	406,0	19,2	95,2
dic	320,4	7,9	87,0

Fuente: INAMHI (1990-2013)
Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 5.- Recopilación de datos de temperatura de la estación de código M0120 Cotopaxi
– Clirsén -Iee.

ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
M0120	1990	8,9	8,7	8,7	8,5	8,6	8,8	8,8	8,9	8,8	8,6	8,9	9,3
M0120	1991	9,1	9	9	8,6	8,5	8,4	8,6	8,4	8,6		8,1	8,5
M0120	1992	8,6	8,6	8,6	8	8,3	8,2	8,4	8,9	8,5	8,4	8,5	8,6
M0120	1993	8,3	8,1	8	8	8,2	8,6	8,5	8,6	8,3	8,4	8,2	8,6
M0120	1994	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6
M0120	1995	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6
M0120	1996	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6
M0120	1997	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6
M0120	1998	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6
M0120	1999	8,6	8,5	8,4	8,3	7,5	7,5	7,4	7,6	7,3	7,5	8,2	7,9
M0120	2000	8,6	6,3	8,4	6,9	6,6	8,1	8,1	8,2	7,2	8,4	7,3	8,5
M0120	2001	6,7	8	7,3	7,6	8,3	7,4	7,6	7,1	6,9	9	8	8,9
M0120	2002	8,6	8,6	8,1	8,3	8,7	7,2	8,1	7,6	8,5	8,1	7,2	8,8
M0120	2003	8,8	9,1	8,5	8,6	8,7	7,7	7,6	7,9	8,1	8,6	8,5	8,6
M0120	2004	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,5
M0120	2005	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,5
M0120	2006	8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,5
M0120	2007	9,2	8,9	8,1	7,8	8,7	7,7	7,7	7,7	8,2	8,5	8,5	8,6
M0120	2008	8,8	8,1	8	8,1	8,2	8,5	8	8	7,9	7,8	6,9	8
M0120	2009	8	8,2	8,6	8,3	8,5	7,9	8,2	8,9	9	8,2	8,4	9,2
M0120	2010	9,4	9,7	9,3	9,4	9	7,9	7,9	8	8,2	8,2	7,8	8
M0120	2011	8,2	8,4	7,9	8,3	8,6	8,7	8,1	9,1	8,1	8,6	8,9	8,3
M0120	2012	8,4	8,6	8,7	8,3	8,5	8,4	8,4	8,3	8,8	8,6	8,1	9,1
M0120	2013	9,5	8,9	9,1	9,1	8,3	8,5	8,3	8,3	8,2	8,6	9,1	8,6
PROMEDIO		8,6	8,5	8,4	8,3	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	8,4	8,2	8,6

altura de la estación (m) =	3510
altura del proyecto (m) =	3188
disminución por cada 100 m de altura (°C) =	0,65

Debido a la variación altitudinal se procedió a disminuir 0.65°C por cada 100 m (gradiente vertical de temperatura) (Sendiña 2006) (Tabla 2). Los datos faltantes fueron menores o iguales al 10% por tanto se aplicó el método de la media aritmética

$$t_p = t_e - \frac{0,65 \cdot (a_p - a_e)}{100}$$

t_p = temperatura del proyecto
 t_e = temperatura de estación meteorológica
 a_p = altura del proyecto
 a_e = altura de la estación meteorológica

ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
M0120	1990	11,0	10,8	10,8	10,6	10,7	10,9	10,9	11,0	10,9	10,7	11,0	11,4
M0120	1991	11,2	11,1	11,1	10,7	10,6	10,5	10,7	10,5	10,7	2,1	10,2	10,6
M0120	1992	10,7	10,7	10,7	10,1	10,4	10,3	10,5	11,0	10,6	10,5	10,6	10,7
M0120	1993	10,4	10,2	10,1	10,1	10,3	10,7	10,6	10,7	10,4	10,5	10,3	10,7
M0120	1994	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,7
M0120	1995	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,7
M0120	1996	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,7
M0120	1997	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,7
M0120	1998	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,7
M0120	1999	10,7	10,6	10,5	10,4	9,6	9,6	9,5	9,7	9,4	9,6	10,3	10,0
M0120	2000	10,7	8,4	10,5	9,0	8,7	10,2	10,2	10,3	9,3	10,5	9,4	10,6
M0120	2001	8,8	10,1	9,4	9,7	10,4	9,5	9,7	9,2	9,0	11,1	10,1	11,0
M0120	2002	10,7	10,7	10,2	10,4	10,8	9,3	10,2	9,7	10,6	10,2	9,3	10,9
M0120	2003	10,9	11,2	10,6	10,7	10,8	9,8	9,7	10,0	10,2	10,7	10,6	10,7
M0120	2004	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,6
M0120	2005	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,6
M0120	2006	10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,5	10,3	10,6
M0120	2007	11,3	11,0	10,2	9,9	10,8	9,8	9,8	9,8	10,3	10,6	10,6	10,7
M0120	2008	10,9	10,2	10,1	10,2	10,3	10,6	10,1	10,1	10,0	9,9	9,0	10,1
M0120	2009	10,1	10,3	10,7	10,4	10,6	10,0	10,3	11,0	11,1	10,3	10,5	11,3
M0120	2010	11,5	11,8	11,4	11,5	11,1	10,0	10,0	10,1	10,3	10,3	9,9	10,1
M0120	2011	10,3	10,5	10,0	10,4	10,7	10,8	10,2	11,2	10,2	10,7	11,0	10,4
M0120	2012	10,5	10,7	10,8	10,4	10,6	10,5	10,5	10,4	10,9	10,7	10,2	11,2
M0120	2013	11,6	11,0	11,2	11,2	10,4	10,6	10,4	10,4	10,3	10,7	11,2	10,7
PROMEDIO		10,7	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,2	10,3	10,3	10,1	10,3	10,7

RESUMEN

T media °C			
meses	Promedio	Max	Min
ene	10,7	11,6	8,8
feb	10,6	11,8	8,4
mar	10,5	11,4	9,4
abr	10,4	11,5	9,0
may	10,4	11,1	8,7

jun	10,2	10,8	9,3
jul	10,2	10,5	9,5
ago	10,3	11,2	9,2
sep	10,3	11,1	9,0
oct	10,1	11,1	9,6
nov	10,3	11,2	9,0
dic	10,7	11,3	10,0
Promedio	10,4	11,2	9,2

Fuente: INAMHI (1990-2013)
Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 6.- Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	UNIDAD	Límite Máximo Permissible
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	C		Condición Natural +/- 3 grados
Turbiedad		UTN	10

Nota:

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

Fuente: TULSMA (2015)

Anexo 7.- Toma de muestras del agua de consumo de la “Junta Los Ilinizas”.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C

Anexo 8.- Calicata en el área del proyecto.



Anexo 9.- Recolección de información a los usuarios de la “Junta de agua Los Ilinizas”.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C

Anexo 10.- Captaciones adjudicadas a la “Junta de agua Los Ilinizas”.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 11.- Resultado del análisis del agua.



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQMA- 139-11	
Orden de trabajo	No.	139	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml	1000	
Identificación	M6	Agua entubada para consumo humano	
Sitio		Soltero Guayco	
Parroquia		Toacaso	
Cantón-Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicita		Sr. Alex Almache - Sr. Cristian Lema	
Fecha de muestreo		30-11-18	8h15
Fecha de informe		07-12-18	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
ph	U pH	6.5	S.M. 4500-H+ B
Turbiedad	NTU	1.2	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	773.4	S.M. 2520 B
Sólidos Totales	mg / L	495	S.M. 2540 B
Sólidos Disueltos	"	490	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	5	S.M. 2540 D
Dureza Total	"	268	S.M. 2340 C
Dureza Carbonatada	"	268	cálculo
Dureza Cálcica	"	92	S.M. 3500-Ca D
Cloro libre residual	"	0	S.M. -4500- Cl B
Boro	"	0.38	Mam-80 - HACH 40
Arsénico	"	0.15	S.M. Apha 3114 B
Oxígeno Disuelto	"	8.5	S.M. Apha - 4500- O C
DBO 5	"	51	S.M. Apha - 5210 - B
DQO	"	8.6	S.M. Apha - 5220 - D
Colibacilos Totales	ufc/ 100 ml.	127	Colilert- S.M.
Colibacilos Fecales	ufc/ 100 ml.	0	Colilert- S.M.
OBSERVACIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULSMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Tabla 2 Límites Máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que unicamente requieren desinfección, así como en Norma NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos			

LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL

 DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
 CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
 Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0984 069372
 E-mail: envalc50@hotmail.es * Ambato - Ecuador



LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQMA- 140-11	
Orden de trabajo	No.	140	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml	1000	
Identificación	M6	Agua tanque almacenamiento	
Síto		Rasuyaco	
Parroquia		Toacaso	
Cantón-Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicita		Sr. Alex Almache - Sr. Cristian Lema	
Fecha de muestreo		30-11-18	
Fecha de informe		07-12-18	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
ph	U pH	6.9	S.M. 4500-H+ B
Turbiedad	NTU	2.8	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	548.4	S.M. 2520 B
Sólidos Totales	mg / L.	351	S.M. 2540 B
Sólidos Disueltos	"	344	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	7	S.M. 2540 D
Dureza Total	"	182	S.M. 2340 C
Dureza Carbonatada	"	182	cálculo
Dureza Cálcica	"	56.8	S.M. 3500-Ca D
Cloro libre residual	"	0	S.M. -4500- Cl B
Boro	"	0.41	Mam-80 - HACH 40
Arsénico	"	0.17	S.M. Apha 3114 B
Oxígeno Disuelto	"	8.6	S.M. Apha - 4500- O C
DBO 5	"	21	S.M. Apha - 5210 - B
DQO	"	33.6	S.M. Apha - 5220 - D
Colibacilos Totales	ufc/ 100 ml.	158	Collert- S.M.
Colibacilos Fecales	ufc/ 100 ml.	0	Collert- S.M.
OBSERVACIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULSMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Tabla 2 Límites Máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que unicamente requieren desinfección, así como en Norma NTE INEN 1108 Agua Potable. Requisitos			

LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL

 DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

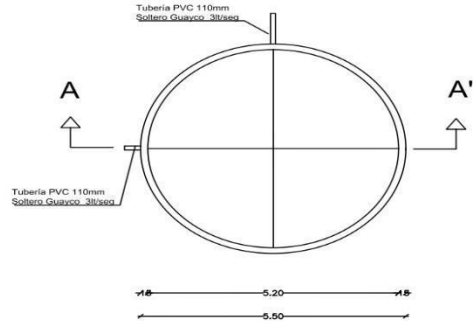
Dr. Enrique Vayas López M.Sc

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
 CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS
 Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0984 069372
 E-mail: enva105@hotmail.es * Ambato - Ecuador

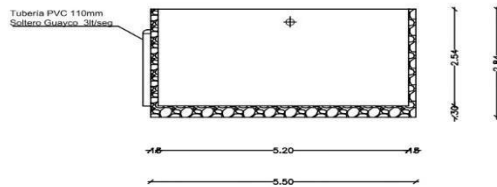
Anexo 12. Planos de los procesos para la purificación del agua.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE
PLANTA

Esc. 1:100

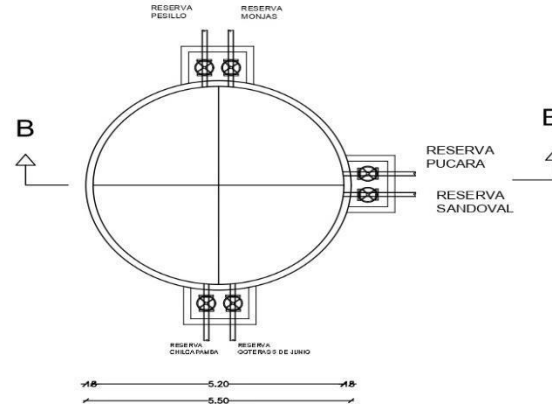


CORTE A - A'
Esc. 1:100

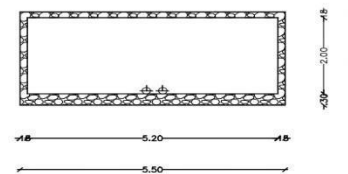


TANQUE PREVISTO PARA ALMACENAMIENTO FINAL
PLANTA

Esc. 1:100



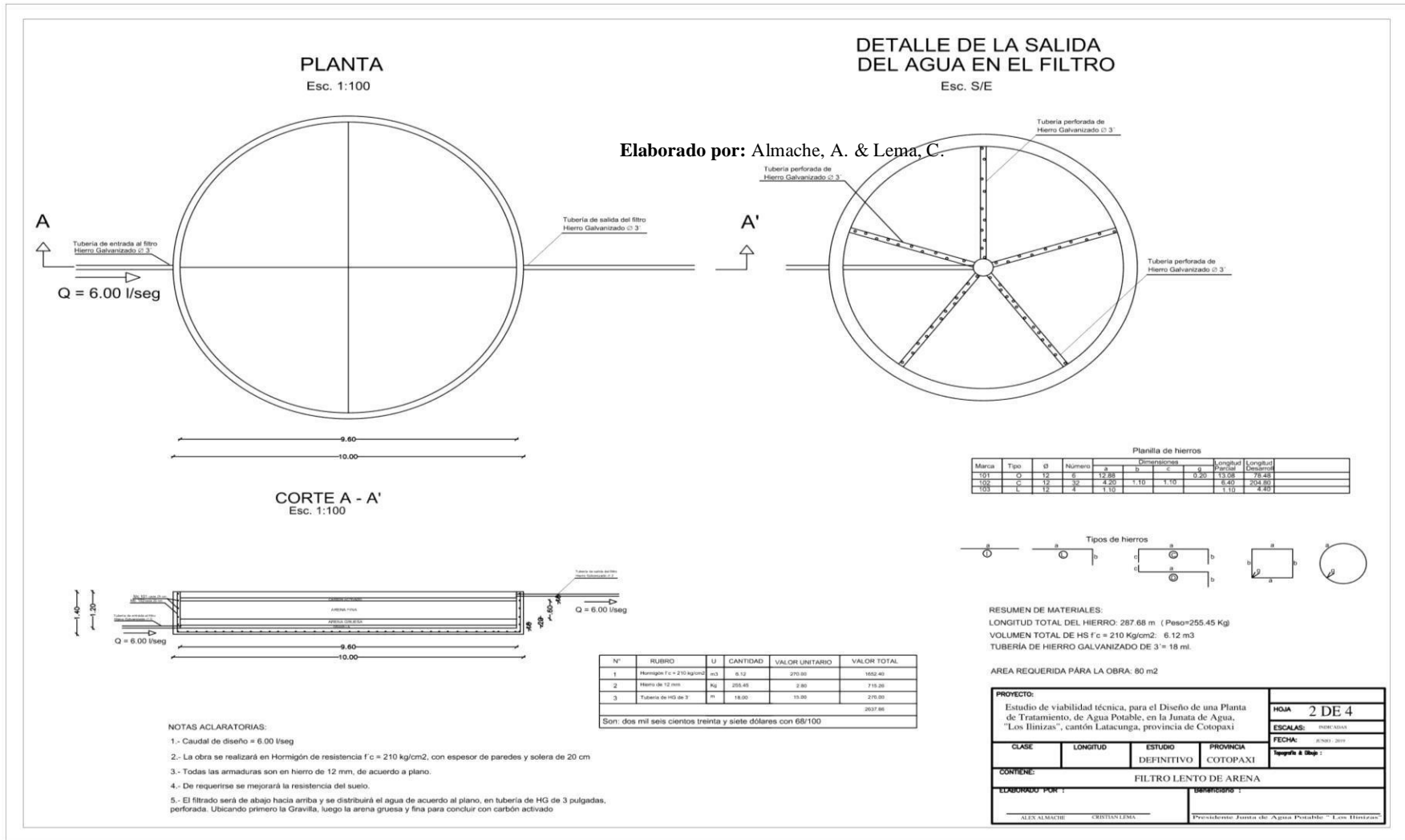
CORTE B - B'
Esc. 1:100



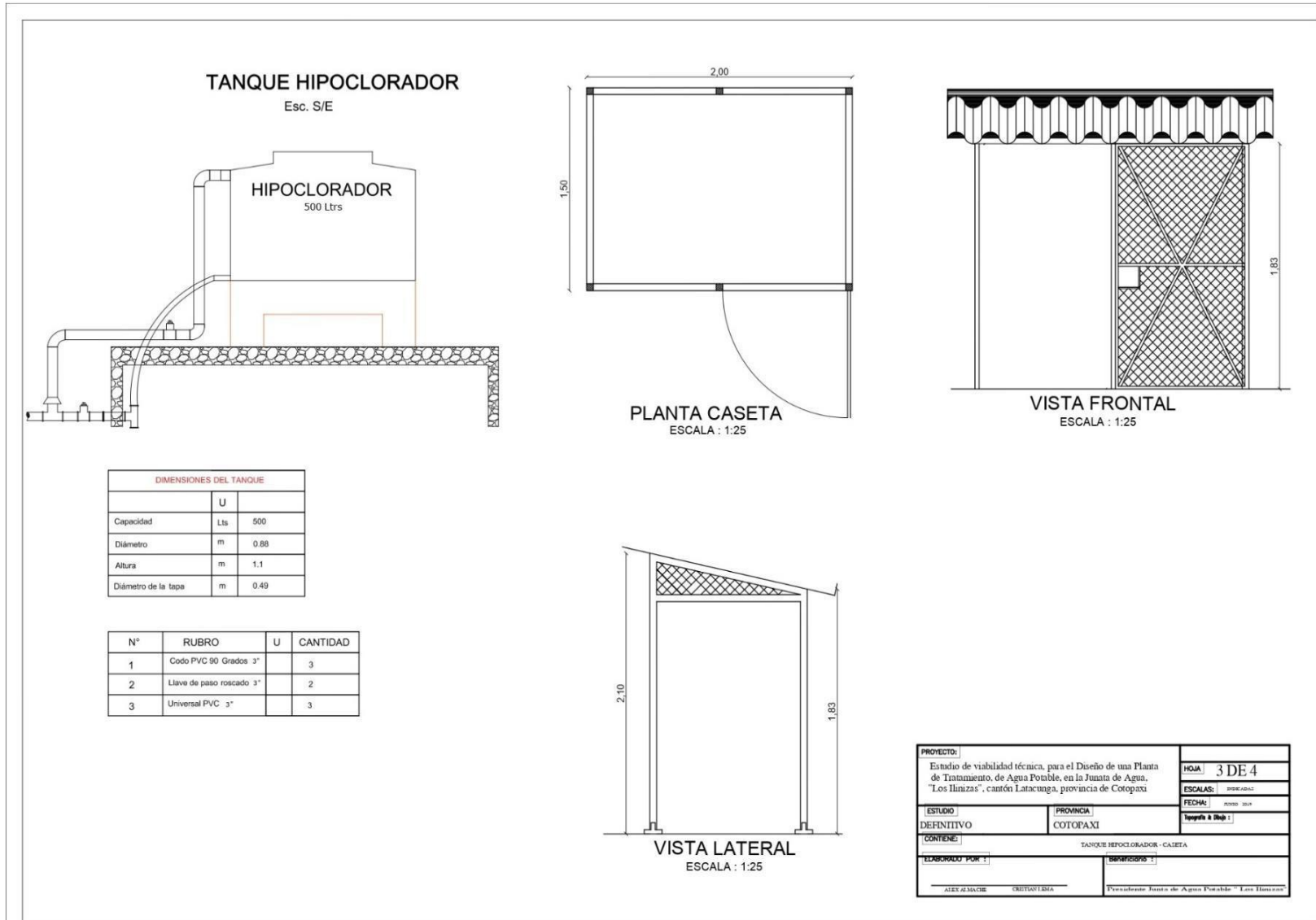
N°	TANQUE NUEVO	U	CANTIDAD
1	Valvula de bronce rosada		6
2	Hierro de 12 mm	Kg	255.45
3	Tubería de HG de 3"	m	18.00

PROYECTO: Estudio de viabilidad técnica, para el Diseño de una Planta de Tratamiento, de Agua Potable, en la Junata de Agua, "Los Ilimizas", cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi		HOJA: 1 DE 4
ESTUDIO DEFINITIVO		ESCALAS: INDEFINIDAS
PROVINCIA: COTOPAXI		FECHA: JUNIO 2014
CONTIENE: TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE - TANQUE PREVISTO PARA ALMACENAMIENTO FINAL		Topografía & Diseño:
ELABORADO POR: ALEX ALMACHE - CRISTIAN LEMA	Beneficiario: Presidente Junta de Agua Potable "Los Ilimizas"	

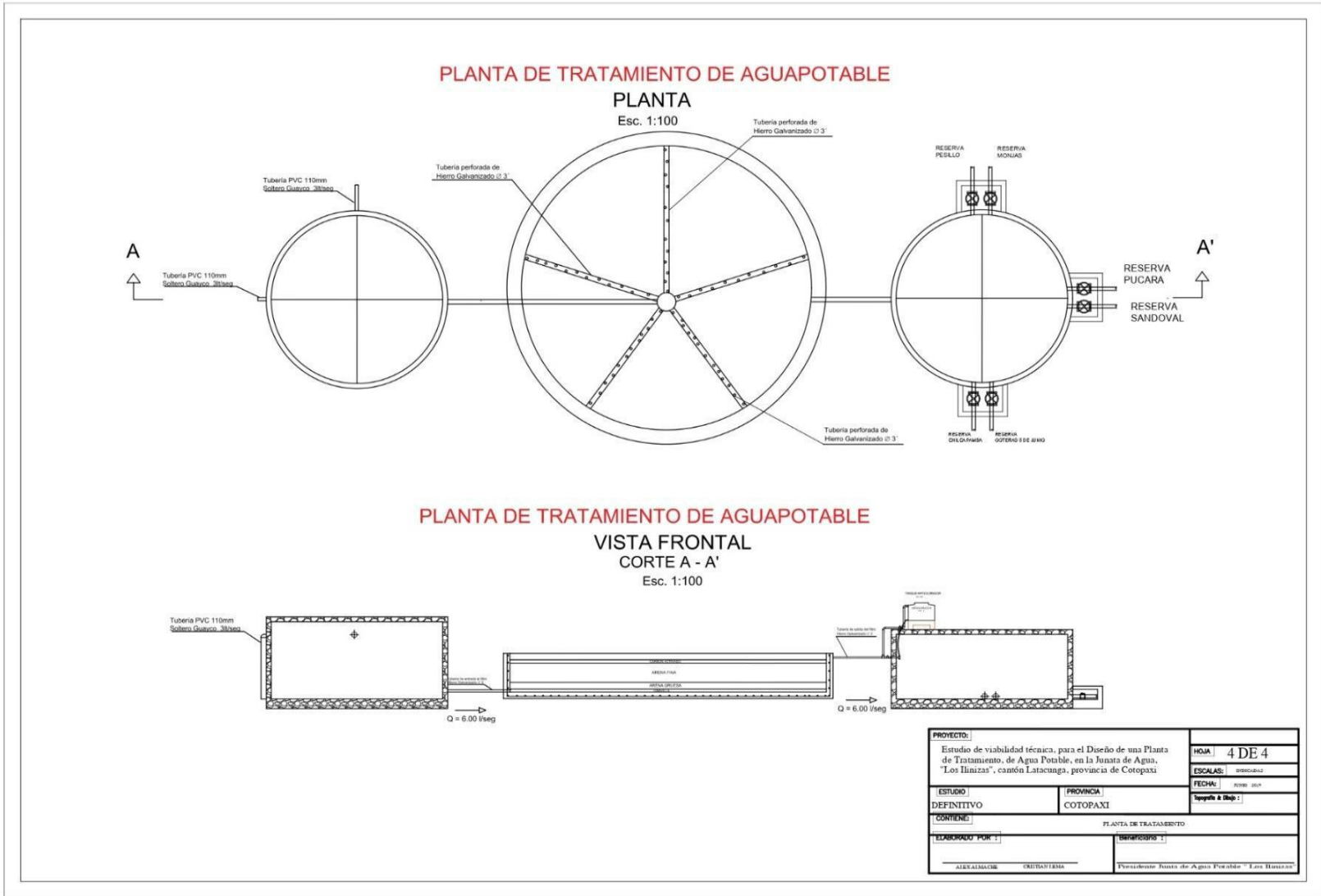
Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.



Elaborado por: Almache, A. & Lema, C.

Anexo 13. Hoja de vida de la tutora de investigación: PhD. Cand. Mercy L. Ilbay Y.

MERCY LUCILA ILBAY YUPA



DATOS PERSONALES

Apellidos: ILBAY YUPA	C.I.: 0604147900
Nombres: MERCY LUCILA	RUC. 0604147900001
Fecha de nacimiento: 30 de octubre de 1983	Lugar: Archidona
Dirección domiciliaria: Hermanas Páez y Quijano y Ordoñez	Ciudad: Latacunga
E-mail: merckyu@hotmail.com	Celular: 0987533861

FORMACIÓN ACADÉMICA

Nº	Títulos de Pregrado	Universidad	País	Año
1	ING. AGRÓNOMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ECUADOR	2011
2	ASESORA EN EL MANEJO DE PARAMOS Y ZONAS DE ALTURA	CONSORCIO CAMAREN	ECUADOR	2012
Nº	Títulos de Posgrado	Universidad	País	Año
1	MAGISTER EN RIEGO Y DRENAJE	UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR	ECUADOR	2015
2	DOCTORIS PHILOSOPHI EN RECURSOS HÍDRICOS	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	Egresada

CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS

Nº	NOMBRE	INSTITUCIÓN	PAÍS	Año
1	Planificación y evaluación educativa UNIVERSITARIA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	ECUADOR	2018
2	Regionalización Hidrológica basada en los L-MOMENTOS	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	2017

3	Como publicar un artículo exitoso en revistas internacionales	UNALM-WILEY	PERÚ	2016
4	Planificación Estratégica en Sistemas de Abastecimiento	AECID CENTRO DE FORMACIÓN-SANTA CRUZ DE BOLIVIA	BOLIVIA	2016
5	Gestión en Cuencas Hidrográficas	MINISTERIO DEL AMBIENTE-JICA	PANAMÁ	2016
6	Diseño y Sistemas de Riego por Aspersión con GESTAR V. 2014	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	2016
7	Ordenamiento territorial ante el cambio climático	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	2015
8	variabilidad climática y sus impactos en la hidrología	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	2015
9	Ingeniería y Gestión del Agua para la Generación de Empleo	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	PERÚ	2015
10	Introducción a La Meteorología y a la Climatología con Énfasis en la Agro meteorología	ESPOCH	ECUADOR	2014
11	Sistemas de Información Geográfica	ESPOCH	ECUADOR	2014

EXPERIENCIA PROFESIONAL

N°	EMPRESA-INSTITUCIÓN	POSICIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	MAGAP-DZ2RD	Analista de Riego y drenaje	11/2016	05/2017
2	SENAGUA	Analista de Estudios y Proyectos de Riego y Drenaje	3/2015	08/2015
3	GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA PROVINCIA CHIMBORAZO	Técnica especialista de Hidrología-Riego	04/2011	12/2013
4	INIAP/Programa Nacional de Fruticultura	Técnica Agropecuaria	03/2010	02/2011

Docente

N°	CURSOS - MATERIAS	INSTITUCIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	Hidrología Manejo de Integrado de Recursos Hídricos Riego y drenaje Hidráulica	UTC-CAREM- Ingeniería de Medio Ambiente y Agronómica	Junio 2017	Presente fecha
2	Riego y drenaje Diseño de Sistemas de Riego Prácticas agrícolas	ESPOCH-FRN-Ingeniería Agronómica	Marzo 2014	Febrero 2015
3	Ayudante de cátedra de Genética y fitomejoramiento	ESPOCH-FRN-Ingeniería Agronómica	Marzo 2009	Agosto 2009
4	Ayudante de cátedra de Fisiología general	ESPOCH-FRN-Ingeniería Agronómica	Marzo 2008	Agosto 2008

Ponente

N°	CURSO- SEMINARIO (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	22-11-2017	24-11-2017
2	V Congreso REDU 2017	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado _Universidad de Cuenca	05-10-2017	06-10-2017
3	Convención Científica Internacional de la UTM 2017	Universidad Técnica de Manabí (aceptado)	18-10-2017	20-10-2017
4	I Congreso Internacional de Agricultura Sustentable	UTC-Coordinación de Educación Continua	24-05-2017	26-05-2017
5	IV Congreso REDU (2016)	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado (ESPE)	01-12-2016	02-12-2016

6	XV Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología	Asociación Argentina de Agrometeorología	01-10-2014	03-10-2014
---	---	--	------------	------------

Investigación

No.	TIPO DE EXPERIENCIA	PROGRAMA	DURACIÓN
1	Evaluación espacio – temporal de la calidad del agua de la microcuenca del río Cutuchi	Universidad Técnica de Cotopaxi-ECUADOR	2018
2	Regionalización de precipitaciones en el Ecuador	Universidad Agraria La Molina-PERÚ	2016-2017
3	Impactos del cambio climático en la Hidrología de la cuenca del Río Ramis, Puno-Perú	Universidad Agraria La Molina-PERÚ	2015-2016
4	Efectos del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia del uso del agua en el cultivo de papa bajo varios regímenes riego de alta frecuencia	Universidad Agraria del ECUADOR	2014-2015
5	Implementación del control Biológico para mejorar la calidad de vida de los pequeños agricultores de los Andes ecuatorianos	INIAP-MAGAP-AgResearch-Nueva Zelanda	2011-2013

Consultoría en general

N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INSTITUCIÓN	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
1	Evaluación de la calidad del agua del río Tiliche	GAD de Cotopaxi		2017
2	“Estudio de factibilidad del sistema de riego del directorio de aguas de la comunidad la Moya - parroquia Guasuntos- cantón Alausí-provincia de Chimborazo”	GAD de Chimborazo		2016
3	Producción y Comercialización Sana, Justa y sustentable para el Sistema de Riego Chambo-Guano	Junta General De Usuarios Del Sistema De Riego Chambo-Guano- Chimborazo		2012
4	Economía agraria con la capacitación especializada en análisis de rentabilidad agropecuaria	H. Gobierno Provincial de Tungurahua		2012

CAPACITADOR, CONFERENCISTA, PONENTE, EXPOSITOR O EVALUADOR EXTERNO EN PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

CAPACITADOR			
TÍTULO	INSTITUCIÓN	LUGAR	HORAS DE CAPACITACIÓN
Curso-Taller de "Manejo de instrumentación Ambiental"	Universidad Técnica de Cotopaxi	Latacunga	40
CONFERENCISTA, PONENTE O EXPOSITOR (CHARLA, POSTER)			
TÍTULO	INSTITUCIÓN	LUGAR	MODALIDAD (CONFERENCISTA, PONENTE, EXPOSITOR ORAL O POSTER)
VI Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	Ibarra	Ponente
II Convención Científica Internacional (Aceptado)	Universidad Técnica de Manabí	Manabí	Ponente
I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotopaxi	Latacunga	Expositor
I Convención Científica Internacional	Universidad Técnica de Manabí	Manabí	Ponente
V Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	Cuenca	Ponente
I Congreso Internacional de Agricultura Sustentable	Universidad Técnica de Cotopaxi- CIDE	Latacunga	Ponente

IV Congreso REDU	La Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas para Investigación y postgrado	Quito	Conferencista1
EVALUADOR EXTERNO EN PROGRAMAS ACADÉMICOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR			
TITULO	TIPO DE PROGRAMA (TERCER NIVEL, MAESTRÍA, DOCTORADO)		UNIVERSIDAD EVALUADA
I Convocatoria para presentar proyectos de Investigación 2018	Evaluadora Externa		Universidad Técnica de Manabí

IDIOMAS

No.	IDIOMA	HABLADO %	ESCRITO %	COMPRENSIÓN %
1	Español	100	100	100
2	Portugués	50	60	80
3	Inglés	50	50	50

INFORMACIÓN ADICIONAL QUE CONSIDERE ÚTIL

OEA, Beca para estudios de doctorado
JICA-MIAMBIENTE, Beca para un curso en Panamá
AECID, Beca para un curso en Bolivia
ESPOCH, Beca para estudios de tercer nivel (Ingeniería)
Universidad, Mejor egresada y 2° Mejor Graduada del año ESPOCH –FRN-EIA
Colegio, Abanderada de la Provincia ITES “RIOBAMBA”

Anexo 14. Hoja de vida del autor: Almache Caisaguano Alex Fernando**ALMACHE CAISAGUANO ALEX FERNANDO****DATOS PERSONALES**

Nombres	Alex Fernando
Apellidos	Almache Caisaguano
Lugar y Fecha de nacimiento	Salcedo, 20 de julio de 1995
No. Cédula	050399360-2
Dirección	Parroquia Mulliquindil Santa Ana – Barrio Guanailin San Pedro
Teléfonos	0998727565
Correo electrónico	alexalmache-1995@outlook.com
Estado civil	Soltero

EDUCACIÓN FORMAL

NIVELES	INSTITUCIÓN	ESPECIALIZACIÓN/ TITULO
Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi	Egresado Ingeniería en Medio Ambiente
Secundaria	Colegio Técnico Industrial “ 19 de Septiembre ”	Bachiller en Electromecánica Automotriz

PONENTE

CURSO- SEMINARIO (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
Ponente “ I Jornada de Difusión Ambiental ”	Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental	15/07/2019	17/07/2019

CURSOS Y SEMINARIOS

NOMBRE DEL CURSO /SEMINARIO	INSTITUCIÓN	FECHA
Capacitación de Gestión Ambiental en Empresas	Bio - energy	24/11/2018
Los Recursos Hídricos en la Provincia de Cotopaxi	Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental	22/03/2018
Seminario Nacional Ambiental	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	20/04/2018
Los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia, informes de cumplimiento y auditorias en el Cantón Latacunga enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	21/11/2018

IDIOMAS

IDIOMA	HABLADO	ESCRITO	LECTURA
Español	100%	100%	100%
Ingles	50%	50%	50%

Anexo 15.- Hoja de vida del autor: Lema Quinatoa Cristian David

LEMA QUINATO A CRISTIAN DAVID



DATOS PERSONALES

Nombres	Cristian David
Apellidos	Lema Quinatoa
Lugar y Fecha de nacimiento	Tanicuchi, 10 de abril del 1995
No. Cédula	050438151-8
Dirección	Parroquia Tanicuchi – Barrio Chilcapamba Centro
Teléfonos	0995319230
Correo electrónico	cris david10lema@gmail.com
Estado civil	Soltero

EDUCACIÓN FORMAL

NIVELES	INSTITUCIÓN	ESPECIALIZACIÓN/ TITULO
Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi	Egresado Ingeniería en Medio Ambiente
Secundaria	Colegio Gral. "MARCO AURELIO SUBÍA MARTÍNEZ" Tanicuchi (2006 – 2012)	Bachiller en Aplicaciones informáticos.

PONENTE

CURSO- SEMINARIO (ÁREAS)	ENTIDADES	DE MES-AÑO	A MES-AÑO
Ponente "I Jornada de Difusión Ambiental"	Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental	15/07/2019	17/07/2019

CURSOS Y SEMINARIOS

NOMBRE DEL CURSO /SEMINARIO	INSTITUCIÓN	FECHA
Seminario Nacional Ambiental	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	20/04/2018
Los sujetos de control en planes de manejo ambiental, planes de acción, planes de emergencia, informes de cumplimiento y auditorias en el Cantón Latacunga enfocado en la educación sobre los problemas de cambio climático	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	21/11/2018

IDIOMAS

IDIOMA	HABLADO	ESCRITO	LECTURA
Español	100%	100%	100%
Ingles	50%	50%	50%



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 los señores: **ALMACHE CAISAGUANO ALEX FERNANDO**, con número de cédula C.I: **050399360-2** y **LEMA QUINATO A CRISTIAN DAVID**, con número de cédula C.I: **050438151-8**, Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **“ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN “LA JUNTA DE AGUA LOS ILINIZAS”, CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERÍODO 2018-2019”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

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

Latacunga, 26 de julio del 2019

Atentamente,

Lic. Mayra Noroña Heredia Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501955470



CENTRO
DE IDIOMAS