



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“PROPUESTA DE UN DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO LAS AMÉRICAS, CANTÓN PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA, PERÍODO 2021-2022”

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

Autoras:

Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel

Remache Araque Andrea Fernanda

Tutor:

Daza Guerra Oscar René

LATACUNGA – ECUADOR
Febrero 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel, con cédula de ciudadanía No. 0502974066 y Remache Araque Andrea Fernanda, con cédula de ciudadanía No. 0550252118, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, período 2021 - 2022”, siendo el Ing. Oscar René Daza Guerra, Mg Tutor del presente trabajo; y, eximimos 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.

Latacunga, 20 de febrero del 2023

Wilma Isabel Pullupaxi Pumashunta
Estudiante
CC: 0502974066

Andrea Fernanda Remache Araque
Estudiante
CC: 0550252118

Ing. Oscar René Daza Guerra Mg.
Docente Tutor
CC: 0400689790

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 **WILMA ISABEL PULLUPAXI PUMASHUNTA**, identificada con cédula de ciudadanía **0502974066** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor 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. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, período 2021 - 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017 - Marzo 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2022 – Marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022

Tutor: Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra.

Tema: “Propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, período 2021 - 2022”

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, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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 **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

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

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

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

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 20 días de febrero del 2023.

Wilma Isabel Pullupaxi Pumashunta
LA CEDENTE

Dr. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

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 **REMACHE ARAQUE ANDREA FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550252118** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, período 2021 - 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017 - Marzo 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2022 – Marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022

Tutor: Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra.

Tema: “Propuesta de un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, período 2021 - 2022”

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, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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 **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

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

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

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

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

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 20 días de febrero del 2023.

Andrea Fernanda Remache Araque
LA CEDENTE

Dr. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“PROPUESTA DE UN DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO LAS AMÉRICAS, CANTÓN PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA, PERÍODO 2021-2022”, de Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel y Remache Araque Andrea Fernanda de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2023

Ing. Oscar René Daza Guerra Mg.
DOCENTE TUTOR
CC: 0400689790

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel y Remache Araque Andrea Fernanda , con el título del Proyecto de Investigación: “**PROPUESTA DE UN DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO LAS AMÉRICAS, CANTÓN PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA, PERÍODO 2021-2022**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 20 de febrero del 2023

Lector 1 (Presidente)	Lector 2
PhD. Manuel Patricio Clavijo Cevallos Mg.	Ing. José Antonio Andradre Valencia Mg.
CC: 0401332101	CC: 0502524481

Lector 3
Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo.
CC: 0502205164

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, también a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme aceptado ser parte de ella, de igual manera a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos.

De igual manera a mi esposo por haber sido un apoyo fundamental, para poder cumplir me meta y poder formarme como profesional, a mi madre y mis hermanas, por poder contar con ellos siempre, en los buenos y en los malos momentos, por ser unos verdaderos amigos, y ser impulsadoras directas para llegar a este momento, de igual manera a mis amigas en especial Katy, Víctor y Camila por haber contado con su apoyo en todo momento.

Wilma Isabel Pullupaxi Pumashunta

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y haberme guiado en todo este transcurso de mi vida universitaria, brindándome su sabiduría que me permitirme vivir este momento, que desde pequeña soñé, obtener mi título universitario y fuerza para enfrentar cada una de las adversidades que se presentaron en este largo tiempo

A mi querida Universidad Técnica De Cotopaxi por darme oportunidad de ser parte esta prestigiosa institución a mis docentes quienes fueron los mentores para poder obtener los conocimientos necesarios para mi formación, en especial a mi tutor Ing. Oscar Daza quien con su paciencia, enseñanza y guía ha hecho posible el desarrollo de la presente investigación.

A mis padres Edgar Remache y Jeni Araque porque siempre lucharon por mi bienestar, he sido testigo de sus sacrificios y hoy por fin su sueño y el mío se ve consolidado. Los amo. A mis hermanos Alejandro y Alex porque siempre hemos estado juntos.

A mis abuelitos paternos Bertha Cevallos y Alfonso Remache, mis abuelitos maternos Rafael Araque y Olga Suarez que han seguido paso a paso mi vida y han sido fundamentales para la realización de este sueño. Gracias infinitas.

Andrea Fernanda Remache Araque

DEDICATORIA

Debo agradecer a Dios por sus bendiciones brindadas, quien supo guiarme por el buen camino y me ayudo a vencer mis miedos para seguir adelante en mi vida profesional.

A mi madre por los consejos, su tiempo y su amor en los momentos más complicados.

De igual manera a mi esposo Oscar por su apoyo y comprensión a mi hija y a mi hermana, por sus consejos.

Agradezco también en especial al PhD. Manuel patricio Clavijo por sus sabios consejos y brindarme sus conocimientos. A mi alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas y darme el honor de formarme como profesional dentro de sus aulas. A mis profesores de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente quienes me brindaron la asesoría y el tiempo necesario para poder desarrollar el presente proyecto y concluirlo con éxito. A mis amigos en especial a Katy, Víctor y Camila por su compañía y apoyo incondicional.

Wilma Isabel Pullupaxi Pumashunta

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis grandes pilares de la vida, a mis amados padres Edgar y Jeni, sin ustedes nada de esto sería posible, sin su ayuda nunca hubiese llegado hasta aquí y quienes me enseñaron a ser una persona humilde, respetuosa con grandes valores

A mis hermanos Alex y Alejandro quienes igual me apoyaron en todo momento. A mis abuelitos Bertha, Alfonso, Olga y Rafael (+) quienes me cuidaron desde pequeña y siempre me decía, que nunca deje de creer en mí, que acabe mis estudios para así poder ayudar en casa.

A mis tíos y tías, quien siempre me han acompañado en este largo camino académico y de vida, riéndonos de todo lo que nos pasaba y de las ocurrencias que vivíamos. A mi enamorado Darwin por extenderme su mano en los momentos más difíciles y por el apoyo incondicional brindado cada día.

Andrea Fernanda Remache Araque

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “PROPUESTA DE UN DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO LAS AMÉRICAS, CANTÓN PUYO, PROVINCIA DE PASTAZA, PERÍODO 2021-2022”

AUTORAS: Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel
Remache Araque Andrea Fernanda

RESUMEN

El presente trabajo de investigación surge con la finalidad de proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales móvil que está ubicada en el Barrio Las Américas cantón Puyo provincia de Pastaza, tiene como objetivo desarrollar un diseño de una planta de tratamiento móvil. La metodología que se aplicó estuvo basada en una investigación descriptiva exploratoria con un enfoque mixto cualitativo- cuantitativo y desarrollado con un diagnóstico completo en relación al manejo actual de residuos sólidos en el país, SENAGUA mencionan que alrededor del 12% de aguas residuales domésticas, industriales son tratadas, pero 88% resultan sin un tratamiento por ella la empresa, busca implementar un diseño que permitan tratar estas aguas en un solo proceso economizando en recolección, tratamiento con el fin de determinar las medidas a tomar y el plan de control para las actividades propuestas. Se realizó un muestreo del agua residual para su posteriormente llevar al laboratorio y realizar el análisis fisicoquímico, para determinar la carga contaminante del agua residual, se obtuvo que los parámetros analizados se encuentran dentro del límite máximo permisible. Como resultado del tratamiento el sistema de tratamiento tendrá un caudal de 0.68 ltrs/h una velocidad de sedimentación de 5.22 m y el diámetro de la tubería será de 1 ½”. Por lo tanto, el propósito del trabajo de investigación es contribuir a futuro en los ámbitos ambiental, social y económico con la implementación de este diseño por parte de la empresa u por otras instituciones ya sean públicas o privadas.

Palabras clave: Contaminantes, DBO, DQO, caudal, normativa, descarga, tanque IMHOFF, móvil.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES
THEME: “PROPOSAL OF A DESIGN OF A WASTEWATER TREATMENT PLANT
IN THE LAS AMERICAS NEIGHBORHOOD, PUYO CANTON, PASTAZA
PROVINCE, PERIOD 2021-2022”.

AUTHORS: Pullupaxi Pumashunta Wilma Isabel

Remache Araque Andrea Fernanda

ABSTRACT

The present research work arises with the purpose of proposing a design of a mobile wastewater treatment plant that is located in the Barrio Las Americas canton Puyo province of Pastaza, its objective is to develop a design of a mobile treatment plant. The methodology that was applied was based on a descriptive exploratory investigation with a mixed qualitative-quantitative approach and developed with a complete diagnosis in relation to the current management of solid waste in the country, SENAGUA mentioned that around 12% of domestic, industrial wastewater They are treated, but 88% resulting without treatment by the company, seeks to implement a design that treats these waters in a single process, saving on collection, treatment in order to determine the measures to be taken and the control plan for the proposed activities. . A test of the residual water was carried out for its subsequent performance in the laboratory and performance of the physicochemical analysis, to determine the polluting load of the residual water, it was obtained that the parameters analyzed are within the maximum permissible limit. As a result of the treatment, the treatment system will have a flow rate of 0.68 liters/h, a sedimentation velocity of 5.22 m, and the diameter of the pipe will be 1 ½”. Therefore, the purpose of the research work is to contribute to the future in the environmental, social and economic environment with the implementation of this design by the company or by other institutions, whether public or private.

Keywords: Contaminants, BOD, COD, flow, regulations, discharge, IMHOFF tank, mobile.

CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN.....	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
5. OBJETIVOS.....	5
5.1. Objetivo General	5
5.2. Objetivos específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Agua.....	6
7.2. Uso del agua.	7
7.3. Distribución y usos del agua.....	7
7.3.1. Consumo de agua.....	7
7.3.2. Consumo total por persona	8
7.3.3. Consumo doméstico	8
7.3.4. Consumo comercial.....	9
7.3.5. Consumo industrial	9
7.4. Contaminación del agua	10
7.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales	11
7.6. Importancia del tratamiento de las aguas residuales	15
7.7. Aguas residuales	15
7.8. Características de las Aguas Residuales	16
7.8.1. Características Físicas	16
7.8.2. Sólidos.....	16

7.8.3. Sólidos totales (ST)	16
7.8.4. Sólidos sedimentables	16
7.8.5. Turbiedad.....	16
7.8.6. Color.....	16
7.8.7. Olor.....	17
7.8.8. Conductividad.....	17
7.9. Características Químicas	18
7.9.1. Demanda de Oxígeno	18
7.9.2. Demanda química de Oxígeno (DQO):	18
7.9.3. Grasas y aceites.....	18
7.9.4. Ph.....	18
7.9.5. Fosfatos.....	18
7.9.6. Amonio.....	19
7.9.7. Nitratos.....	19
7.10. Características Biológicas.....	19
7.11. Tipos de aguas residuales.....	19
7.11.1. Aguas residuales urbanas.....	19
7.11.2. Aguas residuales industriales	19
7.12. Pretratamiento de Aguas Residuales.....	20
7.12.1. Desbaste.....	20
7.12.2. Desarenador.....	20
7.12.3. Remoción de Grasas o Aceites.....	21
7.13. Tratamientos de Aguas Residuales.....	21
7.13.1. Tratamientos primarios.....	21
7.13.2. Tanques de Flotación.....	21
7.13.3. Sedimentador Primario.....	21
7.14. Tratamiento Secundario.....	22
7.14.1. Tratamiento con Lagunas de Estabilización.....	22
7.14.2. Filtros percoladores.....	23
7.14.3. Tratamientos anaerobios.....	23
7.14.4. Tratamientos aerobios.....	23
7.15. Tratamientos terciarios	24

7.15.1. Tratamiento de fangos	24
7.15.1.1. Reducción del poder de fermentación.....	24
7.15.1.2. Reducción de volumen	24
7.15.1.3. Digestión..	24
7.15.1.4. Espesamiento	24
7.15.1.5. Deshidratación y secado	25
8. MARCO LEGAL.....	25
8.1. Constitución de la república del ecuador	25
8.2. Acuerdo ministerial 061.	26
8.3. Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD - 2010).....	26
8.4. Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULAS). ANEXO I DEL LIBRO IV.....	27
8.5. Código orgánico del ambiente.....	29
8.6. Acuerdo no 61. reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria.....	30
8.7. Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua	30
9. VALIDACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA.....	31
10. METODOLOGÍA	31
10.1. Método.....	31
10.1.1. Nivel de Estudio.....	31
10.2. Modalidad de investigación	31
10.2.1. Método Inductivo	32
10.3. Tipo de Investigación	32
10.3.1. Investigación bibliográfica.....	32
10.3.2. Investigación descriptiva	33
10.4. Técnicas e instrumentos.....	33
10.4.1. Técnica....	33
10.4.1.1. Observación in situ.....	33
10.4.2. Instrumentos:	33
10.4.2.1. AutoCAD 2023.....	33
10.4.2.2. ArcGIS.....	33

10.4.2.3. Estación Total y GPS	33
10.4.2.4. Cámara.....	34
10.4.2.5. Libreta De Campo.....	34
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
11.1. Caracterización diagnóstica del sitio de estudio	34
11.1.1. Descripción general del área de estudio.....	34
11.2. Características biofísicas del área de estudio.....	37
11.2.1. Clima.....	37
11.2.2. Uso del suelo y cobertura vegetal.....	37
11.3. Aspectos climáticos.	38
11.3.1. Precipitación	38
11.3.2. Recursos hídricos	39
12. RESULTADOS.....	39
12.1. Análisis químico.....	39
12.2. Diseño de la planta de tratamiento.....	41
12.2.1. Cálculos... ..	41
12.2.1.1. Capacidad de operación de la planta de tratamiento	41
12.2.1.2. Diseño del cribado	42
12.2.1.3. Cálculo del desarenador.....	44
12.2.1.4. Tanque Imhoff	46
12.2.1.5. Filtro percolador.....	46
12.2.1.6. Lecho de secado.....	47
12.2.1.7. Cálculo del diámetro de la tubería.....	47
12.3. Procesos de funcionamiento de la planta de tratamiento	47
12.4. Ventajas del diseño de la planta móvil.....	49
12.5. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales instalada en un contenedor.....	49
12.6. Enfoque general	52
13. IMPACTOS	52
13.1. Impacto económico	52
13.2. Impacto Social	52
13.3. Impacto ambiental	52

14. CONCLUSIONES.....	53
15. RECOMENDACIONES.....	54
16. BIBLIOGRAFÍA.....	55
17. ANEXOS.....	60
17.1. ANEXO 1.- Registro Fotográfico.....	60
17.2. ANEXO 2.- Análisis químico del agua.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del proyecto de investigación.....	3
Tabla 2 Matriz de actividades por objetivos.....	5
Tabla 3 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	27
Tabla 4 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	28
Tabla 5 Coordenadas de la zona de estudio.....	34
Tabla 6 Comparación con los límites máximos permisibles.....	39
Tabla 7 Análisis de los parámetros de la muestra de agua que cumplen y no cumplen los límites permisibles	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del Agua	7
Figura 2 Distribución del Consumo de Agua por Actividad	9
Figura 3 Ubicación Georreferenciada los Puntos del área de Implementación de la Planta	32
Figura 4 Ubicación de la Zona de Estudio: Barrio las Américas Cantón Puyo Provincia de Pastaza.....	35
Figura 5 Ubicación del Área de Implementación Barrio las Américas	36
Figura 6 Clima de Zona de Estudio	37
Figura 7 Precipitación de la Zona de Estudio.....	38
Figura 8 Diseño de la Planta de Tratamiento	50
Figura 9 Esquema de la Planta Móvil.....	51
Figura 10 Reconocimiento del Terreno para la Toma de Coordenadas.....	60
Figura 11 Montaje de Estación Total.....	60
Figura 12 Delineamiento del Área	61

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Propuesta de un Diseño de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en El Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza, Periodo 2021 - 2022”.

Lugar de ejecución:

Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza.

Institución, Unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombre del equipo de investigadores

Tutor: Ing. Oscar René Daza Guerra Mg

Estudiante 1: Srta. Wilma Isabel Pullupaxi Pumashunta

Estudiante 2: Srta. Andrea Fernanda Remache Araque

LECTOR 1: PhD. MSc, Manuel Patricio Clavijo Cevallos

LECTOR 2: Ing. Mg José Antonio Andradre Valencia,

LECTOR 3: MSc. Isaac Eduardo Cajas Cayo

Área de Conocimiento:

Ambiente, Recursos Hídricos.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo y conservación de los Recursos Hídricos

Línea de Vinculación de la Facultad:

Línea 1 Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el Desarrollo Humano y Social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad la contaminación del agua es un problema global, esta no solo ocurre en los países industrializados o menos industrializados, sino que esto sucede en todos los sectores en una mayor o menor magnitud. La humanidad tiene la idea que este recurso natural indispensable para la vida humana, animal, vegetal es inagotable, estudios científicos han demostrado que este recurso se está agotando por el mal uso y por la contaminación inconsciente del ser humano.

La investigación se basa en problemas ambientales que dañan el medio ambiente, los recursos naturales, la salud de las personas en los alrededores debido a la presencia de bacterias, virus causados por el vertimiento de las aguas residuales e industriales que genera olores desagradables, presencia de insectos, roedores. También se da el problema que estas aguas residuales se filtran al subsuelo y como consecuencia se tenga la contaminación posterior del nivel freático. Es por ello que, mediante la siguiente investigación se diseñó una planta de tratamiento móvil para tratar aguas residuales de los habitantes del Barrio Las Américas.

Se escogió este tema de investigación ya que en la actualidad los cuerpos hídricos son contaminados con vertimientos directos a los ríos, que generan el ser humano en su día a día por diversas actividades teniendo en cuenta que no en todos los lugares se da el tratamiento a estas aguas antes de ser descargadas al medio ambiente , por lo que este proyecto de investigación plantea el diseño de una planta de tratamiento que permitirá tratar aguas residuales, con la facilidad de transportarla de un lugar a otro según la necesidad del lugar en el que se va a tratar. Contribuyendo de esta forma al cuidado del medio ambiente y al ámbito económico ya que al ser una planta de tratamiento móvil los costos en comparación con la ejecución de una planta de tratamiento convencional serán menor. Además de contribuir al ámbito social ya que se reducirá la presencia de malos olores, mosquitos e incluso el agua tratada se podrá utilizar en riego o ser devuelta a su cauce natural pero ya libre de contaminantes.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Se detalla en la Tabla N.-1 los beneficiarios directos a los habitantes la Parroquia

Tabla 1

Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios directos		Beneficiarios indirectos	
Población del barrio las Américas		Empresa Gestora	
Hombre	447	Hombres	10
Mujeres	416	Mujeres	7
Total: 863		Total: 17	

Fuente: (INEC, 2010), AMSER.S.A.

Elaborado por: Las autoras

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El tratamiento de aguas residuales en Ecuador se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias están contaminando los ríos, también las aguas subterráneas y humedales, causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana. Por ello, el tratamiento de aguas residuales en Ecuador es un problema prioritario a resolver para poder minimizar los daños ambientales ocasionados por el vertimiento de aguas no tratadas, considerándose como un tema de salud pública.

Por lo que, el agua es uno de los recursos naturales indispensable para la vida, sin embargo, el hacer uso de este recurso en las diversas actividades humanas y/o industriales traen como resultado un agua contaminada que no puede verterse directamente al medio ambiente,

pues es un agua que contiene diferentes elementos y que puede incidir en la conservación de la salud, la seguridad pública y la preservación del medio ambiente.

Las aguas residuales son un problema ya que si no son tratadas pueden contaminar ríos, lagos etc., causando daños al medio ambiente, poblaciones de peces y vida silvestre. Por esta razón las plantas de tratamiento de aguas residuales es la principal solución para que el agua vuelva al medio ambiente de forma segura para los humanos, animales y plantas.

El 30% de la población mundial tiene escases del agua, se dice que 844 millones de habitantes no tendrían acceso al agua y del porcentaje restante 6 de cada 10 no tendrían servicios de saneamiento.

Cualquier actividad humana requiere del uso de agua, y con esto es imposible no hacer cambios en su calidad. Por lo tanto, el grado de contaminación depende del tipo de actividad o uso en que se utilice, dependiendo de ello, del tipo de procesamiento requerido para respetar la calidad y características ambientales de dicho recursos y características de origen.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) son parámetros de diseño ampliamente usados que reflejan el contenido orgánico total que posee el efluente. En los efluentes agroindustriales, el contenido de materia orgánica medido como DBO y DQO es uno de los problemas principales que debe ser tomado en consideración para el diseño del sistema de tratamiento.

La caracterización de los efluentes, particularmente los industriales, se ha convertido en un requisito fundamental debido a que es muy variable de acuerdo a las peculiaridades de cada proceso productivo que lo genera. La caracterización involucra la determinación de los parámetros convencionales como son DQO, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal (NH_4^+), sólidos suspendidos (SS).

5. OBJETIVOS:

5.1. Objetivo General

- Diseñar una planta de tratamiento móvil para tratar aguas residuales en el Barrio Las Américas.

5.2. Objetivos específicos

- Analizar el efluente a tratar y los aspectos biofísicos del área para la determinación de las condiciones del diseño.
- Generar el dimensionamiento de cada operación unitaria mediante estándares de tratamientos de aguas residuales.
- Establecer el diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

En la siguiente tabla se detallan las actividades y resultados esperados de acuerdo a los objetivos planteados.

Tabla 2

Matriz de actividades por objetivos

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Analizar el efluente a tratar y los aspectos biofísicos del área para la determinación de las condiciones del diseño.	Recopilación de información del sitio de estudio. Determinación de los puntos de muestreo. Toma de muestras.	Recolección de datos y coordenadas del sitio de estudio mediante observación in situ y revisión bibliográfica.	Caracterización de la zona de estudio. Determinación de parámetros básicos a tener en cuenta para el desarrollo del diseño de la planta de tratamiento.
O.2.- Generar el dimensionamiento de cada operación unitaria mediante estándares de tratamientos de aguas residuales.	Determinación de las necesidades de la empresa o del barrio para diseñar un modelo de planta de tratamiento. Identificación de la normativa vigente que	Revisión bibliográfica de la normativa para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Establecimiento de las medidas óptimas para el diseño de la planta de tratamiento móvil de acuerdo a los parámetros evaluados.

	se debe tomar en cuenta para la implementación del diseño.		
O.3.- Establecer el diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales.	Determinación de los procesos unitarios adecuados para el tratamiento físico de aguas residuales para la planta de tratamiento. Dimensionamiento de los procesos para el diseño de la planta de tratamiento móvil. Elaboración del diseño de la planta de tratamiento.	Revisión bibliográfica de los procesos dentro de las fases de tratamiento de aguas residuales.	Diseño de la planta de tratamiento móvil para el tratamiento de aguas residuales a tratar por la empresa AMSER.

Elaborado por: Las autoras (2022)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Agua

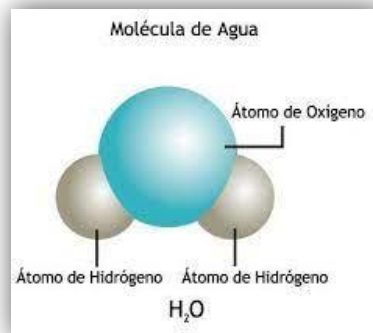
Según (Cirelli, 2012) menciona el agua es un elemento esencial para la vida y cubre más del 70% de la superficie del planeta; Se encuentran en océanos, lagos y ríos. En el aire en el suelo. Es la fuente y fuerza de la vida, ayuda a regular el clima global y con su enorme poder formó la Tierra. (p.4)

El agua, un recurso vital esencial para la vida, se ha convertido en un tema urgente de seguridad nacional que requiere de la cooperación internacional. La comunidad internacional ha abordado el tema de la calidad y disponibilidad del agua aplicando gradualmente los principios de la gestión integrada de los recursos hídricos. Esto ha llevado a muchos países a adoptar políticas, estrategias, legislación y sistemas de información nacionales, así como mecanismos de coordinación, financiación y aplicación para regular el ciclo de gestión del agua desde el punto de vista de la explotación. Extraer, distribuir y utilizar agua dulce hasta su recuperación y tratamiento. y reutilizarlo. Y finalmente de vuelta al medio ambiente (Valdivia Alvarado et al., 2021).

Aunque el tema del agua se centra principalmente en las necesidades humanas, es necesario recalcar su importancia como factor clave para el desempeño y preservar los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Sin agua asegúrese de su función el mantenimiento de los ecosistemas naturales se deteriora, se pierde biodiversidad y por ende proporcionar o reducir la calidad de los bienes y servicios ambientales para la sostenibilidad de la comunidad.

Figura 1

Estructura del Agua



Fuente: Valdivia Alvarado 2021

7.2. Uso del agua.

Los tres grandes usos que la actividad humana demanda hídrica que son: la agricultura, la Industria y el consumo urbano, es evidente que en los países del Norte, es decir los más desarrollados tienen una actividad industrial mayor demanda hídrica en este sector es mayor, en cuanto a los países con ingresos medio y bajos ocurre algo similar pero en el sector agrícola, sin embargo el uso doméstico es cercano al 20 % en el continente Americano y en Europa, siendo menor al 10 % en el resto del mundo, sin embargo en escala mundial el resultado es que el consumo agrícola tiene una mayor relevancia y la ha tenido a lo largo de la historia, el consumo y el uso va en aumento en todos y cada uno de los usos (Inés, 2013).

7.3. Distribución y usos del agua

7.3.1. Consumo de agua

Para el consumo de agua a nivel global está distribuida de siguiente manera; En el planeta Tierra, el 97% del agua es salada. El 3% restante es agua dulce, lo justo para el consumo. Pero el 2% se encuentra en los casquetes polares y los glaciares, y el 0,6% en las aguas

subterráneas. Un 0,002% superficie de ríos y lagos y 0,001% vapor de agua. En total, solo el 0,003% del agua del planeta está disponible para el consumo.

Frente al consumo de agua el (MSP, 2021) menciona que “Dentro de 20 años, las dos terceras partes de la humanidad vivirán con escasez de agua y en el año 2050, la mitad de la población mundial sufrirá por la falta de agua suficiente para beber, cocinar y asearse”, en el cual al ser un recurso indispensable para la vida muchas veces no es apta para el consumo, a causa de 1 de cada 5 no dispone de fuentes de agua cercanas y de calidad.

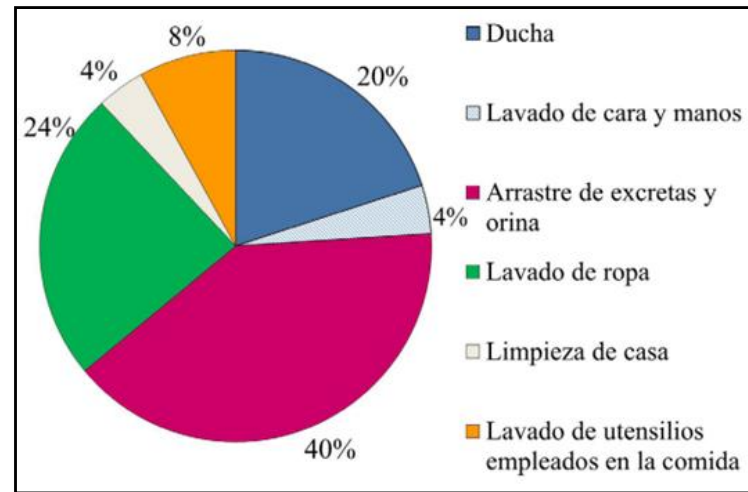
7.3.2. Consumo total por persona

(Protegidas, 2019), menciona en base a “Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona necesita 10 litros de agua al día (5 o 6 cubos grandes) para cubrir sus necesidades, tanto de bebida como de saneamiento. “Son los índices de relación entre el volumen total de agua producida diariamente y el número de habitantes servidos, en el cual se expresa, en general, en litros por persona y por día (L/(persona-d) (Brière & Pizarro, 2005).

7.3.3. Consumo doméstico

El agua doméstica incluye toda el agua que se utiliza en el hogar para diversos usos como aseo personal, lavado de ropa, riego de jardines, llenado de piscinas y en general este consumo se repone Consumo adicional de agua para pequeños comercios (tiendas de abarrotes, ferreterías, gasolineras, iglesias, etc.). Dependiendo del país y la región, el consumo local varía mucho. El consumo público a menudo se suma a este nivel de consumo.(Brière & Pizarro, 2005).

Los consumos según la OMS están distribuidos de la siguiente manera como se lo representa en la siguiente figura 1(BLANCO S et al., 2014).

Figura 2*Distribución del Consumo de Agua por Actividad***Fuente:** OMS, 2014.

7.3.4. Consumo comercial

El uso comercial es el consumo de agua al que se aplica el recurso tasas de actividad de comercio. (Brière & Pizarro, 2005) definen “el consumo comercial representa el agua concebida a los comercios y a los centros comerciales.

7.3.5. Consumo industrial

(Brière & Pizarro, 2005), definen al consumo industrial al agua otorgada a las empresas, excepto las empresas que tienen sus propias fuentes de alimentación de agua.

Otros autores la mencionan como “aquella que está destinada a aplicaciones domésticas y terciarias que no necesitan calidad de agua potable. A esta agua la llamamos también a menudo agua bruta o agua de consumo”(Léxico, 2022).

En lo que respecta al consumo industrial podemos mencionar ciertos criterios que están dentro del consumo tales como, que industrias consumen más agua, en referencia a una publicación por parte de (Aqua, 2022) determina que:

El agua se utiliza en todas las industrias independientemente de su destino. Ya sea para la fabricación de automóviles, la producción de alimentos o la gestión de residuos. Sin embargo,

el consumo de agua industrial variará según la industria en términos de la cantidad y el tipo de agua utilizada.

- Industria química El 25%, la mayoría de estas instalaciones cuentan con sistemas de recuperación, lo que permite reutilizar el agua purificada en el proceso.
- Industria agrícola y ganadera. Constituyen el 17%. La industria de bebidas incorpora el agua que se consume en su producto final.
- Producción y procesamiento de metales. Representan el 13% del consumo de agua industrial. Las instalaciones de fabricación de elementos de acero consumen grandes cantidades de agua debido al uso de sistemas de refrigeración.
- Industrias metalúrgicas. Con un 7 %, consumen agua en el proceso de fabricación para generar agua abrasiva y proporcionar refrigeración al sistema.
- Industrias involucradas en el consumo de solventes orgánicos. El incinerador usa 5%.
- Industrias de gestión de residuos. Usan el 1% porque los rellenos sanitarios solo proporcionan agua en tanques para fines de saneamiento y reutilizan el agua de lluvia recolectada en estanques para fines insalubres.

7.4. Contaminación del agua

Se define como la acumulación de una o más sustancias extrañas en el agua que pueden causar un gran número de consecuencias, entre ellas el desequilibrio en la vida de los organismos vivos (animales, plantas y humanos).

En temas de contaminación al agua los contaminantes del agua incluyen microorganismos, bacterias, virus, hongos y parásitos de una parte, y química simple o compleja de otra. Entre los químicos que pueden representar mayor peligro para la salud de las personas se encuentran los metales pesados, los materiales radiactivos, los pesticidas, los fertilizantes, los derivados del petróleo, los desechos industriales tóxicos, los jabones y las drogas legales e ilegales, entre los automóviles (Gómez-Duarte & Gómez-Duarte, 2018). Podemos mencionar que es la alteración de la calidad del cuerpo receptor de sus propiedades fisicoquímicas.

En cuanto a la contaminación de las aguas en el Ecuador (Isch L., 2021), menciona que:

La contaminación del agua es un fenómeno social, económico y ambiental complejo que constituye uno de los obstáculos más graves para una "vida digna" en el deterioro de la calidad del recurso hídrico.

El país es famoso y tiene un impacto significativo y de gran alcance en el impacto ambiental de sus actividades mineras, especialmente de hidrocarburos y extracción de minerales, que causan daños ambientales con daños graves y duraderos, impacto en la salud y el bienestar humano y los ecosistemas.

La contaminación se ha convertido en un problema cotidiano visible. Diversas actividades industriales y eliminación de aguas residuales. Provenientes de ciudades sin ningún tratamiento, son la mayor fuente de contaminación del agua. Además de esto es vivir con el pastoreo de ganado cerca de los arroyos y las malas prácticas también causan contaminación en pequeña escala. Las actividades manufactureras con mayor impacto contaminante son las actividades minero - petroleras, industriales y agrícolas, debido al uso excesivo de agroquímicos y químicos en el uso de cada uno de sus procesos de producción. (p.09) (Chávez, 2018) afirma lo siguiente:

Proporcionar agua potable y saneamiento es importante para proteger el medio ambiente, promover la salud y aliviar la pobreza. Se estima que el 80% de las enfermedades y más de un tercio de las muertes en los países en desarrollo son causados por el consumo de agua contaminada y, en promedio, hasta una décima parte del tiempo de trabajo de cada persona se iban perdiendo por causa de enfermedades en relación con la calidad el agua.

7.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Para evitar otros efectos negativos o incluso la contaminación del medio ambiente y de las propias personas, es necesario desarrollar mecanismos o procesos que reduzcan o completamente (según el uso posterior) la contaminación contenida en ellos.

Actualmente, con el avance de la tecnología, se ha hecho posible investigar muchos tipos diferentes de tecnologías de tratamiento de agua. Para ello, se debe tener en cuenta la realidad local. En general, puede ser que, en los países desarrollados, una serie de posibles tecnologías limitado por la presencia de ecosistemas más estrictos; mientras en países en desarrollo número de opciones tecnológicas para el tratamiento del agua los residuos pueden ser más grandes debido a los diferentes estándares de calidad (Beguiría, 2016).

Un sistema de tratamiento de aguas residuales es implementado para cumplir objetivos principales que permitan la depuración del agua entre los principales podemos mencionar los siguientes:

- ✓ Reducir la contaminación y sus efectos.
- ✓ Mantener un equilibrio ecológico satisfactorio.
- ✓ Velar por la limpieza del medio ambiente.
- ✓ Anticipar el desarrollo urbano e industrial protección ambiental.

(Beguería, 2016) menciona: Que la consecuencia de la utilización del agua para consumo, y desarrollo de determinadas actividades, se generan aguas de menor valor conocidas como aguas residuales.

Por lo tanto, la clasificación del sistema de tratamiento de aguas por la naturaleza:

- **FÍSICO:** Su objetivo es cambiar físicamente las propiedades de los contaminantes. En este subgrupo encontramos:
 - **Sedimentación:** Separación de sólidos por gravedad con una densidad superior a la de un líquido. Como resultado, los sólidos se depositarán en el fondo del dispositivo, donde serán descargados.
 - **Filtración:** Los contaminantes serán retenidos debido a la retención causada por la intrusión de medios porosos en la corriente líquida. El sólido quedará retenido en la superficie o dentro del medio poroso. Los medios porosos comúnmente utilizados son arena, carbón, vidrio y cerámica porosa.
 - **Evaporación:** El objetivo es concentrar la solución proporcionando energía. El propósito es evaporar un líquido de una solución o suspensión.
 - **Flotación:** Separación por diferencia de densidad de impurezas sólidas con densidad superior a la del líquido. Puede ser natural o inducida si se introduce aire para promoverla.
 - **Extracción:** Se elimina un contaminante de una masa líquida al entrar en contacto con otro líquido insoluble en el que el contaminante es más soluble.
 - **Adsorción:** El contaminante se adherirá física o químicamente a la superficie del sólido. El carbón activado y la zeolita se utilizan a menudo como sólidos en este proceso.
 - **Desorción:** una masa líquida entra en contacto con el aire, por lo que se le transmite una sustancia contaminante. Este proceso también se conoce como "stripping".

- **QUÍMICOS:** Su finalidad es provocar la destrucción química de los contaminantes o convertir el químico en otro producto fácilmente separable. En este subgrupo encontramos:
 - **Coagulación - floculación:** Los sólidos pequeños se separan por floculación (floculación - floculación) de manera que se pueda aumentar el tamaño del sólido y se utilizan algunos tratamientos físicos descritos anteriormente para lograr la separación. Los coagulantes y floculantes se utilizan generalmente para mejorar la unión de partículas sólidas.
 - **Precipitación química:** Al agregar muchos aditivos, el contaminante soluble se convierte en un contaminante insoluble o la solubilidad del líquido disminuye. La leche de limón o el carbonato de sodio, entre otros, se suele utilizar como aditivo. Luego, los contaminantes se eliminan mediante tratamientos físicos.
 - **Oxidación/reducción química:** Son reacciones en las que las moléculas de un reactivo pierden electrones (oxidación) mientras que las moléculas de la otra sustancia ganan (reducción). Se utilizan aditivos oxidantes como el peróxido de hidrógeno, el ozono o el cloro y agentes reductores como el sulfuro de sodio.
 - **Intercambio iónico:** Los líquidos al entrar en contacto con los sólidos intercambian fácilmente iones, cationes o aniones. La resina se utiliza como material de intercambio sólido.
 - **Ósmosis inversa:** El agua pasa a través de una membrana semipermeable que separa soluciones de diferentes concentraciones. La membrana es permeable al agua, pero retiene los contaminantes disueltos. Se aplica presión a la solución más concentrada para empujar el agua hacia la dirección de la menos concentrada, aguas abajo del flujo osmótico normal.
 - **Reducción de electrolitos:** Las reacciones redox ocurren en las superficies de los electrodos, el cátodo y el ánodo. Da como resultado la deposición de contaminantes en uno de los electrodos, que generalmente es el electrodo.
- **TÉRMICOS:** Esta alta temperatura se utiliza para descomponer los contaminantes. Las especies minerales producen cenizas y gas puro y descomponen los compuestos orgánicos en dióxido de carbono, agua y gas halógeno. En este subgrupo encontramos:
 - **Oxidación húmeda:** la fase líquida está en contacto con el aire a una temperatura de 150-325 °C y una presión de 2.000 a 20.000 kPa. Este proceso se utiliza en corrientes de desechos que contienen contaminantes en bajas concentraciones, pero que aún son tóxicos para los procesos biológicos.

- **Oxidación crítica:** Este proceso se produce a la temperatura y presión críticas del agua, 374 °C y 25,3 MPa, donde la materia orgánica es completamente miscible y las sales son insolubles.
- **Combustión:** El proceso de destrucción térmica. El líquido se introduce en el quemador, en la llama o en la cámara de combustión y al mismo tiempo se introduce oxígeno. Opera a temperaturas de 1000 a 1700 grados centígrados.
- **Biológicos:** Su objetivo es provocar cambios químicos en las propiedades de los contaminantes a través de mecanismos biológicos y bioquímicos. En este subgrupo encontramos:
 - **Filtro bacteriano:** Los microorganismos se inmovilizan en un soporte y el líquido pasa a través de él. El oxígeno requerido se introduce en el sistema por viento natural o forzado.
 - **Lodo activado:** líquido que contiene microorganismos que entran en contacto con el líquido a limpiar. Este proceso es aeróbico y se introduce oxígeno a través de aireadores o aireadores superficiales.
 - **Lago de aireación:** mismo procedimiento que antes, pero usando tanques poco profundos.
 - **Biodiscos:** El proceso intermedio entre un filtro bacteriano y un lodo activado. Los microorganismos se depositarán en grandes superficies. Esta superficie estará parcialmente sumergida en el interior de la barrica de vino mixto. La ventilación se crea mediante la rotación continua de la superficie de montaje.
 - **Digestión Anaeróbica:** La diferencia entre este proceso y el anterior es que no hay oxígeno para realizar la descomposición.

Mientras tanto en base a lo mencionado por la autora plantea según el tamaño del contaminante eliminado encontramos los niveles de depuración del sistema de tratamiento de aguas residuales generalmente consta de tres etapas:

- Primario, las aguas residuales se mantienen temporalmente en un estanque de sedimentación donde los sólidos pesados pueden asentarse en el fondo mientras que el aceite, la grasa y los sólidos más ligeros flotan en la parte superior.
- Segundo es la eliminación de materiales biológicos disueltos y suspendidos, que pueden requerir un proceso de separación para eliminar los microorganismos del agua de proceso antes de la descarga o un tercer tratamiento.

- Terciario a veces se define como más que un tratamiento primario y secundario para permitir el drenaje en un ecosistema altamente sensible o frágil. El agua es desinfectada antes de ser vertida a arroyos, ríos y lagos o puede ser utilizada para el riego de fincas u otros residuos finales que especifiquen las organizaciones al respecto. En su caso, se puede utilizar para la recarga subterránea (Pérez Martín et al., 2016, p. 4).

7.6. Importancia del tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es el proceso de convertir estos contaminantes en una sustancia que puede devolverse al ciclo del agua con problemas ambientales mínimos o reutilizarse para otros fines según sea necesario.

Existen plantas especiales de tratamiento de aguas residuales que se encargan del tratamiento de las aguas residuales industriales, así como del tratamiento de las aguas residuales municipales. Estos tratamientos implican una serie de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los componentes nocivos (Contyquim, 2022) afirman lo siguiente:

El tratamiento de aguas residuales es importante para mantener el ciclo del agua y el medio ambiente, ya que permite un mejor acceso al agua potable, evita problemas de salud derivados de la exposición a los componentes de las aguas residuales, reduce los costos de energía y reduce los niveles de contaminación.

7.7. Aguas residuales

Las aguas residuales contienen una pequeña cantidad de sólidos en relación con el peso del agua. Aproximadamente, una tonelada de agua residual tiene una libra de sólidos, los cuales se pueden encontrar en solución, en suspensión o sedimentados. Los distintos procesos ya mencionados tienen como uno de sus objetivos lograr la mayor separación de los sólidos

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que proviene del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por una red de alcantarillada. Según su origen, las aguas residuales de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

7.8. Características de las Aguas Residuales

7.8.1. Características Físicas

Las principales consideraciones para establecer la calidad del agua que se basan en las características físicas que en las químicas y biológicas. de esta forma se desea un agua incolora, insípida e inodora.

7.8.2. Sólidos

Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuos después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C No se define como solido aquella que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor.

7.8.3. Sólidos totales (ST)

Los sólidos totales hacen referencia a los residuos de material presentes en un cuerpo de agua mismos que pueden influir de forma negativa en la calidad del agua (Marín & Osés., 2013).

7.8.4. Sólidos sedimentables

Se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica conocida como el cono de Inhoff, en el transcurso de un periodo de 60 minutos.

7.8.5. Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión (Ayala y Gonzales, 2008, p.55).

7.8.6. Color

El agua residual suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Cuando llega a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica.

El color es un parámetro mediante el cual se pueden clasificar las aguas residuales, lo que específicamente se refiere a la edad de la misma. En primera instancia el agua residual toma un color gris, sin embargo, cuando las condiciones hacen que la presencia de oxígeno desaparezca esta agua va adquiriendo un color más oscuro hasta finalmente llegar a negra. En forma cualitativa, el color se puede ser usado para estimar las diferentes condiciones generales del agua residual como son:

- **Color café claro:** El agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga.
- **Color gris claro:** Se caracteriza de las aguas que haya sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en el sistema de recolección.
- **Color gris oscuro o negro:** Se trata en general las aguas sépticas que haya sufrido una fuerte descomposición bacteria bajo condiciones anaerobias.

El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (GREFA VEGAY, 2013)

7.8.7. Olor

El agua residual reciente tiene un olor algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica se debe a la presencia del sulfuro de hidrógeno (Huevo podrido) que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de Microorganismos anaerobios.

7.8.8. Conductividad

La conductividad del agua se expresión numérica de su habilidad para trasportar una corriente eléctrica que depende de la concentración total de las sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual haga la determinación. A cualquier cambio en la cantidad de las sustancias disueltas en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, que implica en el cambio, por esta razón el valor de conductividad se usa mucho en el análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido solido disueltos.

7.9. Características Químicas

7.9.1. Demanda de Oxígeno

“Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos en la transformación de la materia orgánica en CO₂ y el nuevo material celular. Asimismo, incluye la cantidad de oxígeno requerido para llevar a cabo la nitrificación.

7.9.2. Demanda química de Oxígeno (DQO):

Es el oxígeno consumido por una muestra de agua residual de dicromato de potasio después de 2 o 3 h de reflujó con ácido sulfúrico concentrado. Casi todas las sustancias orgánicas se oxidan en su totalidad, con excepción de compuestos como la piridina, el benceno o el tolueno” (Noyola, Vega y Ramos, 2000, p.17).

7.9.3. Grasas y aceites.

Estas sustancias representan un problema para el tratamiento del agua residual, ya que tienden a flotar y a formar una capa en la superficie del agua, la cual impide la transferencia de los gases entre el aire y el agua, quizá el más importante sea el oxígeno.

7.9.4. pH

El intervalo adecuado de pH para que se desarrolle la vida tiene un margen estrecho, en un rango de pH 5 y 9, las aguas residuales con valores menores a 5 y superiores a 9 tienen un tratamiento más complicado mediante agentes biológicos. Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo de agua, el pH de este cuerpo receptor será alterado, de allí necesidad de que los efluentes de las plantas de tratamiento deben ser descargados dentro de los límites específicos para descargas a cuerpos receptores (Torrente, 2018).

7.9.5. Fosfatos

La concentración de fosfatos en un agua natural es importante para poder evaluar el riesgo de eutrofización. En sí este elemento suele ser el factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de los vegetales y también con gran aumento de su concentración pueden provocar la eutrofización de las aguas.

7.9.6. Amonio

Es el final de la reducción de sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas. En aguas oxigenadas, él se oxida a NO₂ y después a NO₃ por acción bacteriana. Dado que existe un equilibrio acido-base entre amoniaco y amonio, el valor del pH del agua y así la actividad de cada tipo bacteriano concreto.

7.9.7. Nitratos

Proceden de disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, y de la contaminación por efluentes agrícolas e industriales. En aguas de superficie no contaminadas no suelen superar los 10 mg/L, pero en aguas subterráneas contaminadas por abonados pueden superar ampliamente los 50 mg/L. Las aguas depuradas vía biológica pueden contener cantidades importantes de NO₃ mediante el conocido proceso de nitrificación biológica.

7.10. Características Biológicas.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, bacterias y arqueobacterias, la mayoría de los organismos pertenecen al grupo de bacterias. La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas, incluye las algas, los hongos y los protozoos.

7.11. Tipos de aguas residuales

7.11.1. Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas se componen de aguas residuales de las zonas de vivienda y aguas residuales de la limpieza urbana.

- Las aguas residuales domésticas son aguas compuestas por agua, líquidos y diversas sustancias que provienen del agua de los hogares.
- Aguas residuales de alcantarillado urbano son este tipo de aguas residuales las que provienen de empresas de limpieza urbana a cargo de los municipios y empresas privadas que prestan servicios en los municipios(Hidrotec, 2021).

7.11.2. Aguas residuales industriales

El agua industrial consiste en aguas residuales industriales directas y aguas residuales agrícolas y animales.

- Aguas residuales industriales. Se refiere a cuerpos de agua en los que se acumulan desechos y fluidos de fábricas y centros de producción.
- Aguas residuales agrícolas y animales. Está asociado a cuerpos de agua que provienen de la explotación agrícola y ganadera. Estos incluyen contaminantes de origen orgánico y microorganismos (Hidrotec, 2021).

7.12. Pretratamiento de Aguas Residuales.

El tratamiento preliminar incorpora procesos de acondicionamiento de las aguas residuales, como la remoción de arena, elementos gruesos, flotantes, sedimentables, aceites y grasas. Las unidades utilizadas en el tratamiento preliminar son: reja, tamiz, desarenador y desengrasado. En las PTAR sin suministro de energía eléctrica que reciben las aguas residuales por bombeo, se podrían incorporar rejas automáticas en la última estación de bombeo como una opción para asegurar un eficiente cribado del afluente a las PTAR.

En el pretratamiento se efectúa un desbaste (rejas) para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivo y un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Un desarenado, para eliminar las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión y un desengrasado para eliminar los aceites presentes en el agua servida, así como elementos flotantes. Como principales procesos de tratamiento preliminar tenemos: desbaste, tamizado, desarenador, desengrasador y desaceitador.

7.12.1. Desbaste.

Esta operación consiste en hacer pasar el agua servida a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en Desbaste fino, Desbaste grueso” “En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea Reja de gruesos, Reja de finos

7.12.2. Desarenador.

Los desarenadores serán preferentemente de limpieza manual, si incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores pueden ser a gravedad de flujo horizontal o helicoidal. Los primeros pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular. Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm

7.12.3. Remoción de Grasas o Aceites.

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. El desaceitado consiste en una separación líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para descomponer las grasas y mejorar la flotabilidad. Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

7.13. Tratamientos de Aguas Residuales

7.13.1. Tratamientos primarios

El tratamiento primario que recibe las aguas residuales consiste principalmente en la remoción de sólidos suspendidos flocculantes bien mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante precipitación química. En algunos casos se puede utilizar la coagulación como auxiliar del proceso de sedimentación

7.13.2. Tanques de Flotación

El proceso de flotación se usa en aguas residuales para remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación. Una vez que los sólidos han sido elevados a la superficie del líquido, son removidos en una operación de desnatado. El proceso requiere un mayor grado de mecanización que los tanques convencionales de sedimentación; su uso deberá ser justificado ante el organismo competente.

7.13.3. Sedimentador Primario.

La separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido que es la fase continua y el de las partículas, las cuales constituyen la fase discreta. Para que se produzca la separación entre el líquido y los sólidos pueden seguirse dos caminos: aquellas partículas que tienen un peso específico mayor que el del agua sedimentada, y que aquellas otras con un peso específico menor que el del agua flotante. Se puede pues utilizar la sedimentación o la flotación para separar del agua servida los sólidos en suspensión presentes en ella.

7.14. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario remueve la materia orgánica biodegradable (carga orgánica) y los sólidos en suspensión, lo que es necesario para cumplir los LMP de la DBO5, DQO y sólidos suspendidos. La tecnología de tratamiento secundario que más se aplica es del tipo lagunas: anaerobias, facultativas y aireadas, en forma individual o en combinación. Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales, en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno).

Dependiendo de la forma en que estén soportados los microorganismos, existen dos grandes tipos de procesos.

Este tratamiento debe hacerse cuando a pesar del tratamiento primario, las aguas negras tienen más sólidos orgánicos disueltos en suspensión o solución, que los pueden ser asimilados por las aguas receptoras. La descomposición de los sólidos orgánicos en el tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios o anaerobios que los transformaran en sólidos o inorgánicos estables. Los que se usan para el tratamiento secundario son:

- Filtros de percoladores con tanques de sedimentación secundaria.
- Tanques de aeración.
- Lodos activados con tanques de sedimentación simple.
- Aeración por contacto.
- Filtros intermitentes de arena y/o grava,

Estanques de estabilización (Bolaños Gomez, 2013)

7.14.1. Tratamiento con Lagunas de Estabilización.

Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual. El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de

tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos.

7.14.2. Filtros percoladores.

Se conocen también como filtros biológicos o biofiltros. Como medio de filtración se puede utilizar gravilla, pizarra, coque, carbón, y trozos de plástico rígido, de alrededor de 2m de profundidad, y con el material graduado cuidadosamente en tamaños desde 25 hasta 150 mm de diámetro, poniendo el tamaño mayor en el fondo, se construye todo el lecho, con desagüe inferior. Así dispuesto, permite que el aire fluya libremente de abajo hacia arriba a través de todo el filtro por convección natural, mientras el líquido permeable hacía abajo por gravedad.

7.14.3. Tratamientos anaerobios

El procesamiento secundario, también conocido como biorremediación, se realiza por la acción de microorganismos que consumen materia orgánica y la transforman en nuevas células que son fácilmente degradables o eliminables. Las células nuevas que forman grumos pesados deben separarse del agua para completar el tratamiento. Los principales microorganismos que intervienen en el sistema de tratamiento son: bacterias, protozoos y metazoos (Nuevo, 2018).

7.14.4. Tratamientos aerobios

Los sistemas aeróbicos de tratamiento de aguas residuales utilizan la capacidad de los microorganismos para asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en las aguas residuales para crecer por sí mismos, en presencia de oxígeno, que actuará como aceptor de electrones en la oxidación de materiales orgánicos.

Los más utilizados son los lodos activados y los métodos de tratamiento de bajo costo: lechos microbianos, biorreactores, bioadhesivos, estanques de turba, filtros verdes y lagos (Condorchem, 2017). Se puede considerar "mixta", ya que se da tanto en procesos aerobios como anaerobios, dependiendo de la profundidad. En todos estos procesos, la materia orgánica se descompone en dióxido de carbono y metales oxidados.

7.15. Tratamientos terciarios

Este proceso pretende complementar los procesos anteriores, eliminando así componentes que no son eliminados por el tratamiento secundario, es decir, sirve para obtener aguas residuales puras, en lugar de eliminar nutrientes, exceso de materia orgánica y compuestos tóxicos. Los compuestos que comúnmente se eliminan son:

- Bacterias y virus.
- Sólidos totales y disueltos.
- Fosfatos y nitratos.
- Huevos y quistes de parásitos.
- Algas.
- Radionucleidos (Bastidas & Esther, 2017)

7.15.1. Tratamiento de fangos

7.15.1.1. Reducción del poder de fermentación

En cualquier proceso de tratamiento de aguas residuales, combinado con agua pura, una amplia gama de los lodos o lodos deben ser tratados adecuadamente. Según la forma de tratamiento y la naturaleza de los contaminantes a eliminar, serán lodos la mayoría de ellos son de naturaleza inorgánica u orgánica (Lhoist, 2022).

7.15.1.2. Reducción de volumen

Consiste en la concentración del fango para hacer más fácil su manejo.

7.15.1.3. Digestión

No es más que para lodos de naturaleza orgánica. En el proceso aeróbico (similar al lodo activo) o anaeróbico (consumo de energía).

7.15.1.4. Espesamiento

Es la concentración de la papilla la que eliminará el agua que pueda contener y reducirá su volumen gracias a los ventiladores que la mueven, además, cuenta con un molinillo para eliminar los pelos que pueda contener.

7.15.1.5. Deshidratación y secado

Con el objetivo de eliminar el agua del lodo con la mayor precisión posible. Por lo general, con un paso de preacondicionamiento.

Método más utilizado: filtrado al vacío, filtro prensa, filtro transportador, centrífuga, evaporador térmico o en lecho de secado.

Entra en un tanque con un catalizador agregado para controlar el olor, luego se seca donde pasa por 5 filtros para reducir el volumen.

8. MARCO LEGAL

Para la investigación y desarrollo de este tema se ha tomado en cuenta la Constitución de la República del Ecuador, así como sus disposiciones, acuerdos, leyes, reglamentos, ordenanzas y decretos, en un contexto ambiental sociedad, haciendo referencia a un sistema de conservación de la biodiversidad con un enfoque en la conservación, la gestión y el uso sostenible, como se analiza a continuación:

8.1. Constitución de la república del ecuador

Decreto Legislativo 0

Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008

Última modificación: 01-ago.-2018

Se fundamentó principalmente en la Constitución de la República del Ecuador del Registro Oficial No 449, publicada el lunes 20 de octubre de 2008. Donde, en el Título II, hace referencia a los derechos, capítulo segundo de los derechos del Buen Vivir, sección segunda del Ambiente Sano, Artículo 14 y 15.

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, Sumak Kawsay, además se declara de interés público del ambiente, conservación de ecosistemas, prevención de daño ambiental y recuperación de espacios degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

8.2. Acuerdo ministerial 061.

Según el Acuerdo Ministerial 061 en su parágrafo 1 del agua, menciona en sus artículos de 209 y 211 respectivamente lo siguiente:

Art. 209 De la calidad del agua. - Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores.

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

Art. 211 Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. - La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

8.3. Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización

(COOTAD - 2010)

En el artículo 54, la letra “k” indica que la contaminación ambiental debe ser regulada, prevenida y controlada en el territorio del Estado junto con las políticas ambientales nacionales; Si bien se establece en el inciso “1” del mismo artículo, que los servicios deben prestarse en atención a necesidades colectivas sin reserva legal expresa a favor de otros niveles de gobierno, así como la preparación, manejo y venta de alimentos; matadero, mercado y cementerio. En las facultades del gobierno, la letra “d” indica que se deben prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas servidas, manejo de residuos sólidos y los servicios que establece la ley.

8.4. Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULAS). ANEXO I DEL LIBRO IV

Establece el límite de agua residual antes de vaciar a los canales naturales. La siguiente tabla establece los límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Tabla 3

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivas o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

La siguiente tabla establece los límites de descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

Tabla 4

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1.000
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Califormes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1.600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

8.5. Código orgánico del ambiente

Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:

Art. 28.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes, corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional, así como las dictadas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, Metropolitanos y Municipales:

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, conformidad con las reglas establecidas en este código.

Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos al suelo con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto.

Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las

fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia.

8.6. Acuerdo no 61. reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria

Art. 211.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. - La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

8.7. Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

Art. 11.- Infraestructura hidráulica. Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

Las obras o infraestructura hidráulica podrán ser de titularidad pública, privada o comunitaria, según quien las haya construido y financiado, aunque su uso es de interés público y se rigen por esta Ley.

Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua.

Art. 37.- Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento.

Art. 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.

9. VALIDACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

¿La propuesta de una planta de tratamiento para aguas residuales, constituye una alternativa para reducir, costes, transporte para evitar la contaminación del medio ambiente?

Si, debido a la facilidad de transporte y facilidad de operación de la planta de tratamiento ya que permite utilizarla en diferentes sectores (industrias, hogares, campamentos mineros, campamentos de construcción, áreas remotas, etc.) sectores que por su actividad necesitan tratar las aguas residuales producto de sus procesos. Con esta propuesta los sectores beneficiados podrán tratar sus aguas residuales sin tener que implementar una planta de tratamiento fija, por lo tanto, reduce costos en comparación a la construcción de una planta de tratamiento convencional, esta propuesta a su vez contribuye al medio ambiente ya que las aguas residuales podrán regresar a los cuerpos hídricos o a su vez darles uso para cultivos o actividades agrícolas que se desarrollan en la zona, sin causar contaminación ambiental alguna.

10. METODOLOGÍA

10.1. Método

10.1.1. Nivel de Estudio

Este proyecto es de tipo exploratorio, ya que se empleó la revisión de fuentes bibliográficas de diferentes autores, es cuantitativa, ya que se basa en la recolección y análisis de datos, centrándose en el análisis dimensional del diseño del tratamiento. Con el objetivo de comprender y solucionar importantes problemas que se presentan en el proceso de tratamiento de aguas residuales del sector industrial.

10.2. Modalidad de investigación

En el presente estudio se utilizó la modalidad de campo y documental, mediante la cual se recolecto datos del sitio de estudio como se muestra en la **Figura. 3**, para ello se realizó

revisiones bibliográficas, diálogos con personas de la parroquia y las observaciones de campo pertinentes. La investigación bibliográfica va de la mano ya que permitirá conocer los estándares normados para la implementación de la planta y el tipo de agua residuales a tratar.

Figura 3

Ubicación Georreferenciada los Puntos del área de Implementación de la Planta



Fuente: Las autoras

10.2.1. Método Inductivo

Este método es uno de los más usuales, dentro del cual sobresalen cuatro pasos fundamentales como lo son:

1. La observación de hechos para el registro.
2. La clasificación y el estudio de hechos.
3. La derivación inductiva que parte de los hechos y hacia una generalización.
4. Este método dentro de la investigación permitió analizar los hechos y fenómenos particulares generados dentro de la empresa.

10.3. Tipo de Investigación

10.3.1. Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación permite a los investigadores la recopilación de información complementaria para sustentar los datos o procesos que se han de derivar de las visitas in situ estableciendo así conceptos e ideas claras para el desarrollo óptimo de la investigación. Para

ello se utilizaron las siguientes bases de datos: fuentes bibliografía, PDOT del cantón Puyo y Regulaciones Ambientales vigentes.

10.3.2. Investigación descriptiva

Este tipo describe datos de investigación, en este caso permitió delimitar la zona de influencia donde se realiza la propuesta de la implementación de la planta de tratamiento, el cual se desarrollará en un terreno ubicado en el Barrio Las Américas, Cantón Puyo, Provincia de Pastaza. Esta área se encuentra inmersa en el bosque nativo de la zona, existen fuentes de agua cercanas al área de implementación del proyecto, las cuales son captadas para el aprovechamiento del desarrollo agrícola y consumo de la comunidad. El lugar de implementación se encuentra en la vía al Tena.

10.4. Técnicas e instrumentos

10.4.1. Técnica

10.4.1.1. Observación in situ

Se utilizo esta técnica en la investigación ya que permite la recolección de datos e información, que involucra la observación de hechos y la realidad en el área de estudio, permitiendo determinar los aspectos que inciden negativamente en la calidad de vida. agua.

10.4.2. Instrumentos:

10.4.2.1. AutoCAD 2023

El programa de AutoCAD permitió el desarrollo del diseño de la planta de tratamiento con las respectivas medidas.

10.4.2.2. ArcGIS

Este sistema de información geográfica permitió la elaboración del mapa de ubicación donde se pretende implementar la planta de tratamiento móvil.

10.4.2.3. Estación Total y GPS

Estos instrumentos facilitaron la toma de puntos del sitio de estudio para la elaboración de los respectivos mapas.

10.4.2.4. Cámara

Permitió capturar imágenes fotográficas del sitio de estudio durante el desarrollo de la investigación.

10.4.2.5. Libreta De Campo

Facilito las anotaciones de la información recopilada mediante la visita in situ.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Caracterización diagnóstica del sitio de estudio

11.1.1. Descripción general del área de estudio

El área de estudio de investigación para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales es en el barrio las Américas, la misma se encuentra ubicada en la Provincia de Pastaza, cantón Puyo como se muestra en la Figura 4 y 5. Tiene una extensión de 100,000 m². La ciudad se encuentra situada en los flancos externos de la cordillera oriental de los Andes, al occidente de la Provincia de Pastaza. Se encuentra a 940 msnm a una latitud de 0°59′-1″ y una longitud de 77° 49′0″W. Cuenta con un clima cálido y húmedo. A lo largo del año tiene una precipitación constante por lo que no hay una estación seca bien definida y tiene una temperatura promedio 15°C y 32°C. La temperatura promedio anual es 20°C, debido a que las estaciones del año no son sensibles en la zona ecuatorial, tiene exclusivamente dos estaciones. Las precipitaciones se hacen presente durante todo el año, por lo que en esta zona no se registra estaciones secas.

Tabla 5

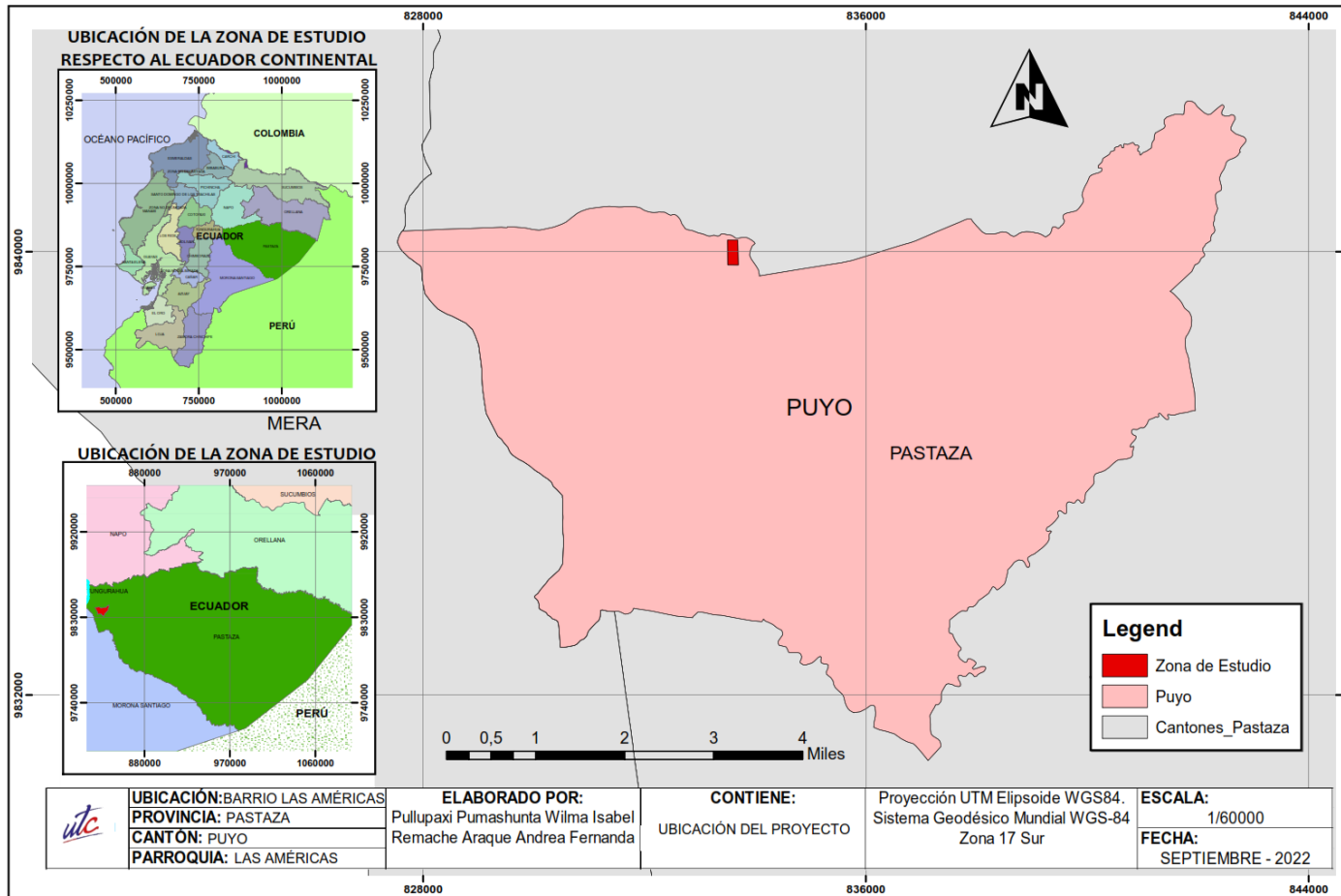
Coordenadas de la zona de estudio

Puntos	X	Y
1	833695	9839760
2	833687	9840208
3	833501	9840211
4	833503	9839761

Elaborado: Las autoras

Figura 4

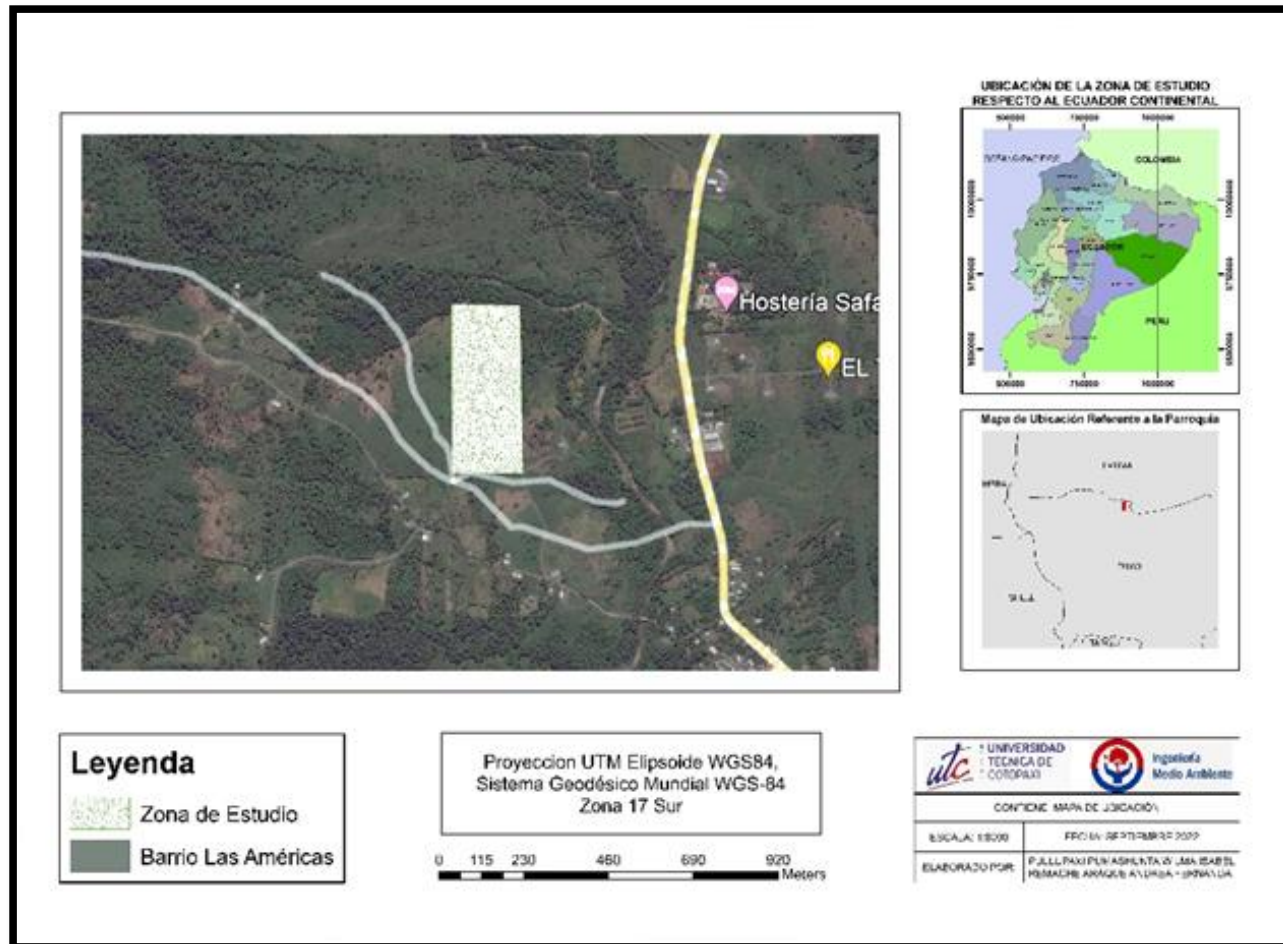
Ubicación de la Zona de Estudio: Barrio las Américas Cantón Puyo Provincia de Pastaza



Elaborado por: Las autoras

Figura 5

Ubicación del Área de Implementación Barrio las Américas



Elaborado por: Las autoras

11.2. Características biofísicas del área de estudio

11.2.1. Clima

En la parroquia las Américas la temperatura máxima es de 26.6°C, la temperatura mínima es de 17.4°C y la temperatura media mensual es de 21. 1°C. La precipitación anual aproximadamente de 4752 mm, durante el año se registra una época menos lluviosa en los meses de agosto y septiembre. La humedad relativa en la zona es alta, tiene un valor promedio anual 88.4%. El clima de la parroquia corresponde a dos tipos: lluvioso subtropical y muy húmedo tropical como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6

Clima de Zona de Estudio



Elaborado por: Las autoras

11.2.2. Uso del suelo y cobertura vegetal

La Provincia de Pastaza tiene una superficie de 2.964.151,97 hectáreas aproximadamente, de las cuales 2.612.822,65 hectáreas es decir el 88,15 % corresponde al bosque primario de la Amazonia, el 6,93 % es decir 205.470,43 hectáreas se utilizan en actividades agropecuarias, el

3,26 % o sea 96.562,15 hectáreas corresponde a humedales. Otros usos del suelo corresponden a la vegetación arbustiva y herbácea con el 1,16 % es decir 34.328,79 hectáreas, en el rubro otras áreas se ubican el 0,09 % es decir 2.691,75 hectáreas, mientras que las zonas urbanas ocupan 2.454,73 hectáreas lo que significa el 0,08 %, el área indeterminada corresponde a 9.821,47 hectáreas lo que significa 0,33 %; de acuerdo al estudio realizado en el año 2008 por parte del TNC, sobre uso del suelo y cobertura vegetal.

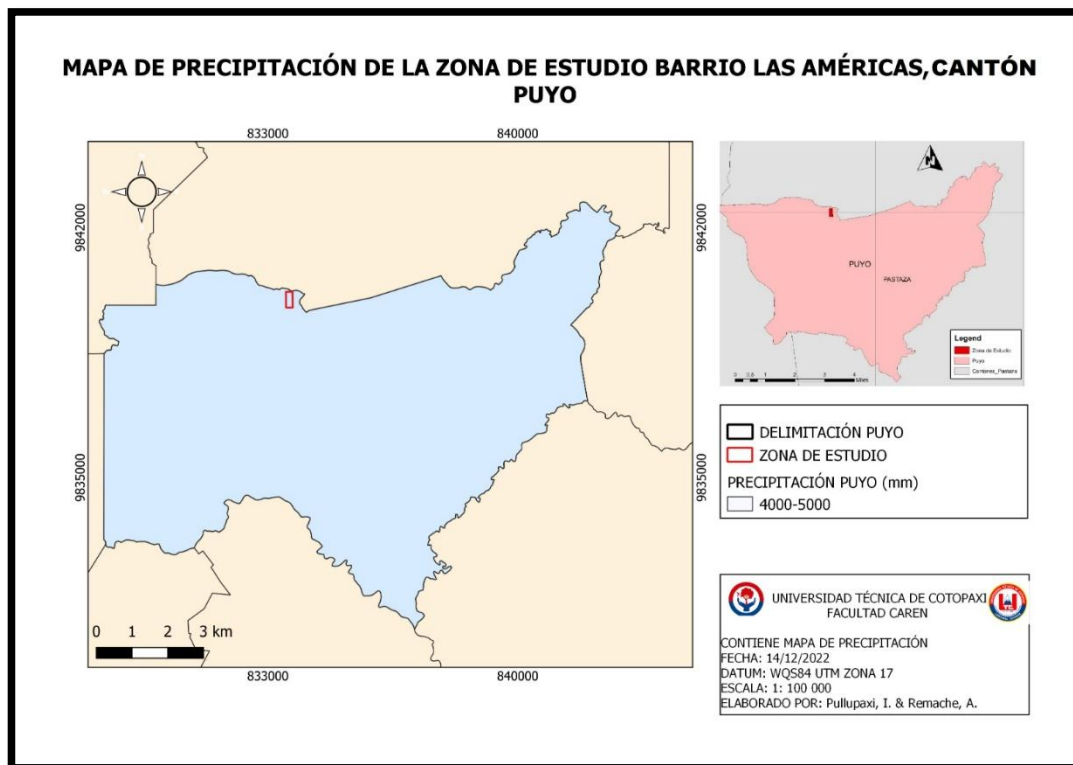
11.3. Aspectos climáticos.

11.3.1. Precipitación

La precipitación media anual del cantón Pastaza, se registra un promedio de 3600 mm. La distribución de esta precipitación es mucho más alta hacia el oeste del cantón donde puede llegar hasta 4000 mm, y en el lado oriental ésta es menor y puede fluctuar entre los 3100 mm y los 3400 mm como se muestra en la **Figura. 7**.

Figura 7

Precipitación de la Zona de Estudio



Elaborado por: Las autoras

11.3.2. Recursos hídricos

En el cantón Puyo se ubican tres cuencas hidrográficas. La cuenca del río Pastaza nace en la meseta ecuatoriana, en la confluencia del Río Patate y el Río Chambo y tiene una superficie de 2.318.390,12 ha; presenta un relieve homogéneo y suave, se caracteriza por zonas de alto hidromorfismo, terrazas bajas sujetas a inundaciones periódicas, terrazas medias y colinas bajas. El río es de cauce ancho y displayado. La cuenca del río Tigre que se forma de la confluencia de los ríos Conambo y Pintoyacu, los cuales tienen sus nacientes en los Andes del Ecuador, tiene una superficie de 881.209,83 ha; presenta una condición propia de los trópicos húmedos, posee entre 2.000 y 4.000 mm de pluviosidad y su lecho es profundo y navegable todo el año. Finalmente, a la cuenca del río Napo vierten sus aguas los ríos Anzu, Arajuno, y Curaray que nacen en la Provincia de Pastaza, tiene una superficie de 5.958.097,52 ha.

12. RESULTADOS

12.1. Análisis químico

En la presente investigación se analizó la calidad de las aguas residuales del Barrio las Américas tomando parámetros fisicoquímicos de las mismas para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales acorde a las condiciones presentadas por las aguas residuales a tratar. En la tabla 4 se puede observar que los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la tabla 5 de Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tabla 6

Comparación con los límites máximos permisibles

Parámetros	Unidad	Límite Máximo permisible	Resultado del Análisis de agua
Potencial de Hidrogeno	pH	7.68	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	17	250
Aceites y Grasas	mg/l	37.3	70
Solidos Totales	mg/l	247	1600
Solidos Sedimentados	mg/l	0.4	20
Solidos Suspendidos	mg/l	220	45

Elaborado por: Las autoras

Tabla 7

Análisis de los parámetros de la muestra de agua que cumplen y no cumplen los límites permisibles

TIPO	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MEDIDO EN EL LABORATORIO	LIMITE PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
ANÁLISIS QUÍMICO	PH (20°C)		7.68	5 -9	Dentro del valor permisible
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	Mg/l	275	250	NO CUMPLE
	Demanda Química de Oxígeno (DQO).	Mg/l	575	500	NO CUMPLE
	Aceites y Grasas	Mg/l	13.22	100	Dentro del valor permisible
	Solidos totales	Mg/l	1864	1600	NO CUMPLE
	Solidos sedimentables	Mg/l	8.00	20	Dentro del valor permisible
	Solidos Suspendidos	Mg/l	947	220	NO CUMPLE

Elaborado por: Las autoras

12.2. Diseño de la planta de tratamiento

Dentro de la propuesta del diseño de la planta de tratamiento móvil se tomó en cuenta los siguientes procesos:

Tratamiento primario

- Entrada de las aguas residuales
- Cribado
- Desarenador

Tratamiento secundario

- Tanque IMHOFF
- Filtro percolador
- Agua residual tratada.

12.2.1. Cálculos

12.2.1.1. Capacidad de operación de la planta de tratamiento

La capacidad de la operación de la planta móvil se tomó como referencia 863 habitantes del Barrio Las Américas que cuenta con 218 familia que son oriundas del barrio, se considera con un promedio de los valores establecidos en la Organización Mundial de la Salud que el consumo del agua por personas es de 15 litros. Realizamos una operación que es consumos es igual a familias multiplicado por personas por familias y multiplicamos por el consumo del agua al día nos da un resultado de $16.35 \text{ m}^3 / \text{día}$. Se realizo el cálculo de caudal que es Q caudal es igual V volumen dividido para T tiempo que nos da un caudal $Q = 0.68 \text{ m}^3 / \text{h}$

CONSUMO PARA LAS 218 FAMILIAS

Consumo= Familias* Personas por Familia* Consumo Agua Dia

Consumo= $218 * 5 * 15 \text{ L Agua / Persona día}$

Consumo= 16.350 L / día

Consumo = $16.35 \text{ m}^3 / \text{día}$

Para calcular el caudal por hora se tiene:

Para realizar el cálculo de caudal utilizamos siguiente formula que es Q caudal es igual (V) volumen en metros cúbicos y dividió (T) tiempo en horas como resultado obtenemos 0.68 m³/h

$$Q = V/t$$

En donde

Q: Caudal en metros cúbicos / (m³/h)

V: Volumen en metros cúbicos m³

T: Tiempo en horas (h)

$$Q = \frac{16.35m^3}{24h}$$

$$Q = 0.68 \text{ m}^3/h$$

12.2.1.2. Diseño del cribado

El Cribado forma parte de la primera operación primaria que tiene como función principal la retención de los sólidos gruesos o voluminosos que tienen las aguas residuales, el caudal del diseño es de 0.68 m³/h, la velocidad del canal 0.2 m/s con unas dimensiones del canal 1.50 x 1.50 m, el diámetro de barrotes es de 0.6 cm la separación entre barrotes 1.2 cm.

DATOS

- Caudal de diseño $Q = 0.68 \text{ m}^3/h \implies 0.00018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- Velocidad del canal: $V = 0.2 \text{ m/s}$
- Dimensiones del canal: 1.50 x 1.50 m
- Diámetro de Barrotes: $b = 0.6 \text{ cm}$
- Separación entre barrotes: $L = 1.2 \text{ cm}$

CÁLCULO DEL ÁREA ÚTIL DEL CANAL EN LA ZONA DE REJILLA

Para realizar el cálculo del área útil del canal en la zona de rejilla utilizamos la siguiente formula que es : área útil del canal en la zona de rejilla (A_R) es igual ancho del canal en metros (B_C) multiplicado por la luz o espacio entre barrotes en metros (L) dividido por la luz o espacio entre barrotes en metros (L) más el ancho de los barrotes (b), multiplicado por uno menos el grado de colmatación (usualmente se adopta un valor 30%) (G) menos cien nos da como resultados 0.70 metros cuadrados.

$$A_R = B_C = * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$A_R = 1.50m = * \frac{0.012 m}{0.012 + 0.006 m} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$A_R = 0.70 m^2$$

CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD EN LA ZONA DE REJILLA

Para el cálculo de en la zona de rejilla utilizamos la siguiente formula que es : profundidad en la zona de rejillas en metros (P) es igual caudal de las aguas residuales (Q) multiplicado ancho de los barrotes (b), más la luz o espacio entre barrotes en metros (L) dividido uno menos el grado de colmatación (usualmente se adopta un valor 30%) (G) dividido por cien, multiplicado por la velocidad de paso entre rejillas $\frac{m^3}{s}(Vp)$ multiplicado la luz o espacio entre barrotes en metros (L) multiplicado por el ancho del canal en metros (Bc) como resultados obtuvimos la profundidad es $P = 0.064 cm$.

$$P = Q = * \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * Vp * L * Bc}$$

$$P = 0.00018 \frac{m^3}{s} * \frac{0.006 m + 0.012 m}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0.4 \frac{m^3}{s} * 0.012 * 1.50 m}$$

$$P = 0.00064 m$$

$$P = 0.064 cm$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE BARROTES

Para utilizar el cálculo de numero de barrotes utilizamos la siguiente formula que es: de número de barrotes (N) es igual ancho del canal en la zona de rejilla (B_R) menos la luz o espacio entre barrotes en metros (L) dividido para el ancho de los barrotes en metros (b) más menos la luz o espacio entre barrotes en metros (L) como resultado obtuvimos el número de barrotes es 83

$$N = \frac{B_R - L}{b + L}$$

$$N = \frac{1.50m - 0.012}{0.006 + 0.012}$$

$$N = 82.66$$

$N = 83 \text{ barros}$

12.2.1.3. Cálculo del desarenador

El desarenador tiene como principal función la remoción de las arenas y sólidos que se encuentran suspendidos en el agua residual a través de la sedimentación eliminando partículas con diámetros mayores a 0.2 mm. Para el diseño del desarenador se ocuparán las dimensiones que se obtuvieron en los cálculos realizados en el apartado, debido a que cumplen con los parámetros de diseño estipulados en el manual de los OPS. La densidad relativa de la arena 2.65 con una temperatura de 25°C, la aceleración de la gravedad es 9.81 m/s^2 , el peso específico de las partículas es 2.63 g/cm^3 , viscosidad cinemática $0.8975 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$, y el factor en función del diámetro 44.

DATOS

- Diámetro de la partícula $d = 0.2 \text{ mm}$
- Caudal de diseño $Q = 0.68 \text{ m}^3/\text{h} \quad \Rightarrow \quad 0.00018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
- Densidad relativa de la arena $\rho_s = 2.65$
- Temperatura $T = 25^\circ\text{C}$
- Peso específico de las partículas $\lambda_s = 2.63 \text{ g/cm}^3$
- Aceleración de la gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$,
- Viscosidad cinemática $n = 0.8975 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$
- Factor en función del diámetro $a = 44$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE FLUJO (Velocidad de escurrimiento)

Se realizó con la siguientes formula es velocidad de flujo es igual factor en función del diámetro (a), raíz de diámetro de partícula (d) obtuvimos como resultado la velocidad de flujo 06.22 m/s

$$Vd = a\sqrt{d}$$

$$Vd = 44\sqrt{0.020cm}$$

$$Vd = 6.22 \text{ cm/s}$$

$$Vd = 0.0622 \text{ m/s}$$

ANCHO DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN (asumido)

$$B = 1.5 \text{ m}$$

ALTURA DE LA CAMARA DE SEDIMENTACIÓN

$$H = \frac{Q}{v + B}$$

$$H = \frac{0.00018 \frac{m^3}{s}}{0.0622 \frac{m}{s} * 1.5m}$$

$$H = 0.0019m$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN

$$\frac{Vs}{(g(ps - 1)n)^{\frac{1}{3}}} = 1$$

$$Vs = 1 * (g(ps - 1)n)^{\frac{1}{3}}$$

$$Vs = 1 * (981 \frac{cm}{s^2} (2.65 - 1) * 0.89 * 10^{-2} \frac{cm^2}{s})^{\frac{1}{3}}$$

$$Vs = 2.44 \frac{cm}{s}$$

CAPACIDAD DEL DESARENADOR

$$Q = 0.68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 680 \text{ L/h}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{vol}{3}}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{680}{3}}$$

$$B = \sqrt{2H}$$

$$B = \sqrt{2 * 5.97}m$$

B= 3.48 m

$$L=1,5 B$$

$$L=1,5 * 3.48 m$$

L= 5.22 m

12.2.1.4. Tanque Imhoff

El tanque Imhoff básicamente posee dos zonas claramente separadas donde su función principal en la parte superior (zona de sedimentación) se produce la decantación y por otro lado en la parte inferior (zona de digestión) se almacena el material decantado. Para el diseño del Tanque Imhoff se ocuparán las dimensiones que se obtuvieron en los cálculos realizados en el apartado, ya que de la misma manera cumplen con los parámetros de diseño estipulados en el manual de la OPS. La población de la parroquia de las Américas tiene una población de 863 Hab.

12.2.1.5. Filtro percolador

El filtro percolador opera en condiciones aeróbicas donde su función principal es dejar caer el agua residual proveniente del anterior proceso sobre el medio filtrante (material granular) para reducir de forma considerable la carga contaminante.

12.2.1.6. Lecho de secado

El lecho de secado de lodos es un proceso unitario que tiene como función principal secar al aire el lodo que proviene de los procesos de la planta de tratamiento, este proceso es natural donde cierto porcentaje de agua contenida en dichos lodos se filtra y el otro porcentaje se evapora.

12.2.1.7. Cálculo del diámetro de la tubería

Diámetro de la tubería a usar para el ingreso a la planta de un caudal de $0.68 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q = 0.68 \text{ m}^3/\text{h} \implies 1,88 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V = 0.2 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

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

$$A = \frac{1,88 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A = 0,00094 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0,00094 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D = 0.0346 \text{ m} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} * \frac{1 \text{ ''}}{2.54 \text{ cm}}$$

$$D = 1,37 \text{ pulgadas} \approx 1 \frac{1}{2} \text{ ''}$$

12.3. Procesos de funcionamiento de la planta de tratamiento

La propuesta de la planta de tratamiento cuenta con los siguientes procesos: entrada de las aguas residuales, cribado, desarenador, tanque IMHOFF, filtro percolador, desinfección y aguas residual tratada. El diseño del proceso de tratamiento propuesto se adoptará

esencialmente el caudal $0.68 \text{ m}^3/\text{h}$ que pertenece al caudal con una población de 863 habitantes de la parroquia las Américas.

El Cribado forma parte de la primera operación primaria que tiene como función principal la retención de los sólidos gruesos o voluminosos que tienen las aguas residuales, el caudal del diseño es de $0.68 \text{ m}^3/\text{h}$ la velocidad del canal 0.2 m/s con unas dimensiones del canal $1.50 \times 150 \text{ m}$, el diámetro de barrotes es de 0.6 cm la separación entre barrotes 1.2 cm .

El desarenador tiene como principal función la remoción de las arenas y sólidos que se encuentran suspendidos en el agua residual a través de la sedimentación eliminando partículas con diámetros mayores a 0.2 mm . Para el diseño del desarenador se ocuparán las dimensiones que se obtuvieron en los cálculos realizados en el apartado, debido a que cumplen con los parámetros de diseño estipulados en el manual de los OPS. La densidad relativa de la arena 2.65 con una temperatura de 25°C , la aceleración de la gravedad es 9.81 m/s^2 , el peso específico de las partículas es 2.63 g/cm^3 , viscosidad cinemática $0.8975 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$, y el factor en función del diámetro 44 .

El tanque Imhoff básicamente posee dos zonas claramente separadas donde su función principal en la parte superior (zona de sedimentación) se produce la decantación y por otro lado en la parte inferior (zona de digestión) se almacena el material decantado. Para el diseño del Tanque Imhoff se ocuparán las dimensiones que se obtuvieron en los cálculos realizados en el apartado, ya que de la misma manera cumplen con los parámetros de diseño estipulados en el manual de la OPS. La población del barrio las Américas es de 863 habitantes, la dotación 150 lts/hab/día y la contribución de sólidos suspendidos 70 gr .

El filtro percolador opera en condiciones aeróbicas donde su función principal es dejar caer el agua residual proveniente del anterior proceso sobre el medio filtrante (material granular) para reducir de forma considerable la carga contaminante.

El lecho de secado de lodos es un proceso unitario que tiene como función principal secar al aire el lodo que proviene de los procesos de la planta de tratamiento, este proceso es natural donde cierto porcentaje de agua contenida en dichos lodos se filtra y el otro porcentaje se evapora como se observa en la **figura. 8**

12.4. Ventajas del diseño de la planta móvil

La capacidad instalada de estas plantas es de 0.68 metros cúbicos por segundo (m^3/s), El rango del caudal tratado va desde 61.3 litros por segundo (l/s).

Diseño de la planta de tratamiento para aguas residuales que se pueda ubicar en un contenedor para fácil transportación y de inmediata sea puesta en operación.

Esta es una alternativa de la planta de tratamiento que presenta las siguientes ventajas:

- Sistema completo de potabilización diseñado para usar fuentes de agua de río.
- Es una planta compactada que requiere un área reduciendo operaciones en comparación a las plantas de tratamiento convencionales.
- También es de fácil uso y su manejo de igual manera.
- Tiene la capacidad para poder trabajar en lugares donde no exista energía eléctrica.
- Tiene como facilidad el bajo costo de operación.

12.5. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales instalada en un contenedor.

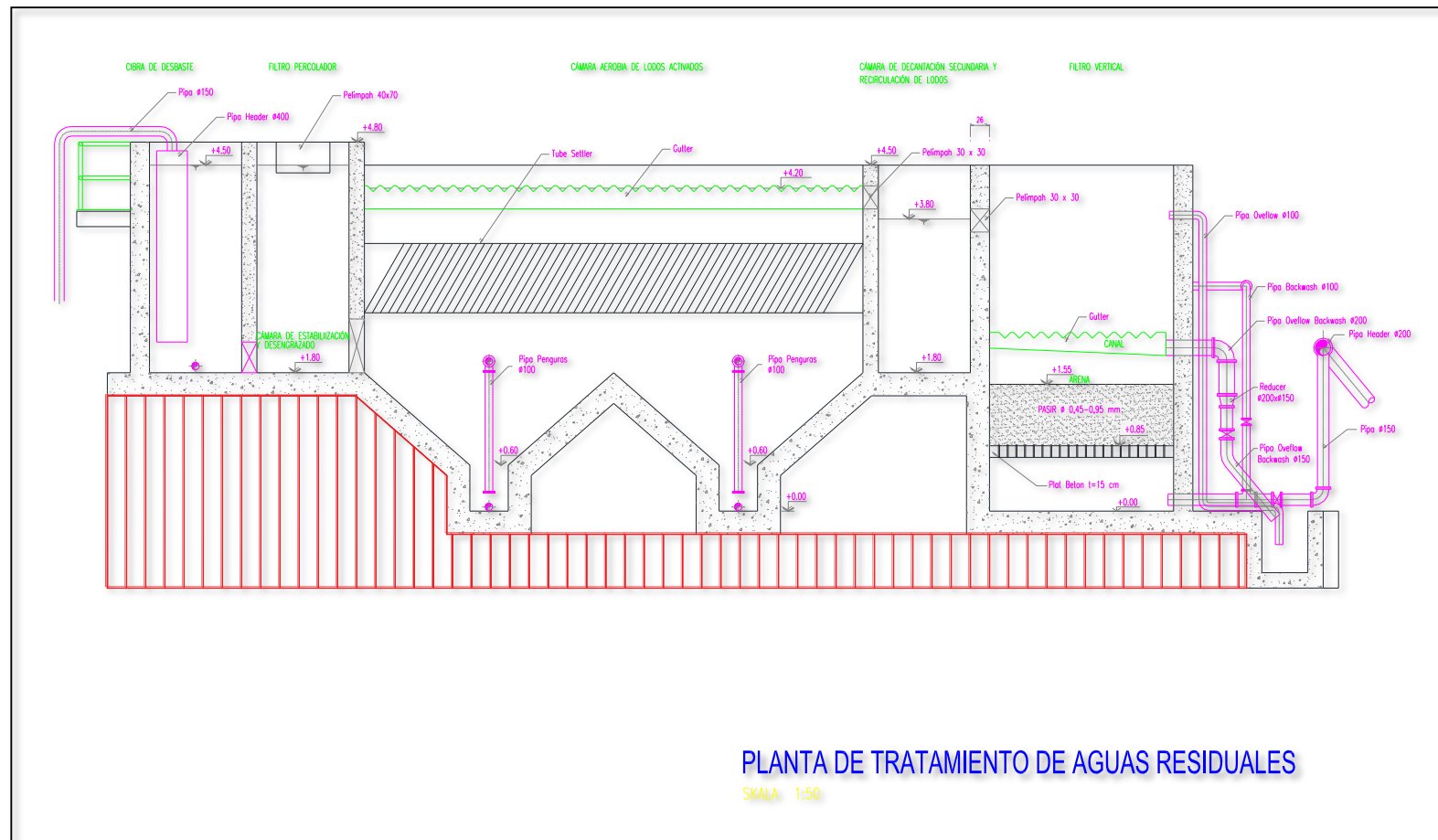
Una vez analizado el diseño de un sistema móvil de tratamiento de agua fue necesario tomar en cuenta el diseño y establecer en que los equipos y el resto de accesorios permita optimizar al máximo el espacio.

Parámetros del diseño

El principal parámetro que se consideró para el diseño de la planta de tratamiento es el espacio, tomamos en cuenta un contenedor de 20 pies de longitud por ser fácil de movilizar y ubicar en cualquier sitio.

Figura 8

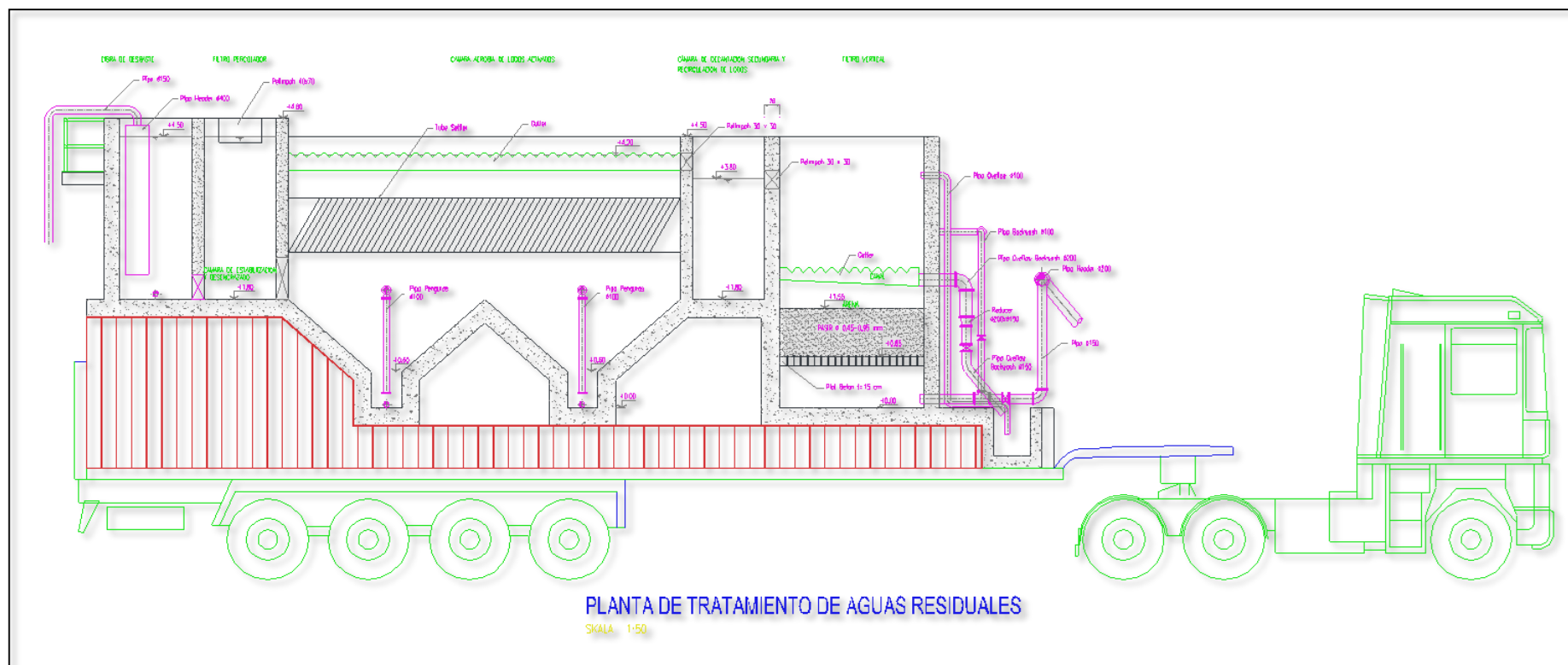
Diseño de la Planta de Tratamiento



Elaborado por: Las autoras

Figura 9

Esquema de la Planta Móvil



Elaborado por: Las autoras

12.6. Enfoque general

La viabilidad del proyecto está determinada principalmente por estudios de recursos sociales, económicos y naturales, y a su vez está encaminado a contribuir en investigaciones a futuro.

13. IMPACTOS

13.1. Impacto económico

La implementación de la planta de tratamiento permite generar una alternativa orientada a optimizar recursos económicos ya que contribuirá al tratamiento de aguas domesticas con la opción a trasladarse al lugar en el que se necesite esta planta de tratamiento reduciendo así la inversión económica en una planta de tratamiento convencional.

13.2. Impacto Social

El proyecto puede aportar en cuanto al ámbito social teniendo en cuenta que la contaminación hídrica por aguas residuales no solo genera daños al medio ambiente sino a su vez ocasiona problemas de salud, malos olores y presencia de roedores puesto que los ríos son contaminados por las descargas directas de aguas residuales generando malestar a los moradores de la zona.

13.3. Impacto ambiental

El diseño para la implementación de la planta de tratamiento móvil contribuirá no solo al ámbito económico y social sino a su vez este aportará con beneficios para el medio ambiente ya que permitirá realizar el tratamiento de aguas domesticas mismas que en la actualidad son un problema ambiental que genera efectos negativos al ambiente principalmente al recurso hídrico cooperando de esta forma al cuidado de los cuerpos de agua.

14. CONCLUSIONES

- El análisis efectuando del área de estudio y efluente a tratar permitió determinar lineamientos a partir de los cuales se trabajará el diseño de la planta de tratamiento móvil con la finalidad de que el diseño sea el más óptimo para el tratamiento de aguas domésticas. Con un caudal de 0.68 m³/h que pertenece al caudal con una población de 863 Habitantes.
- El estudio realizado permitió la generación del dimensionamiento y de la selección de las operaciones unitarias más adecuadas en este caso la propuesta de planta de tratamiento consta de cribado, desarenador, tanque Imhoff, filtro percolador, desinfección para el tratamiento físico de aguas residuales.
- Finalmente, mediante el estudio realizado de las características biofísicas de la zona, la normativa vigente y las operaciones unitarias seleccionadas, permitió plantear el diseño de la planta de tratamiento con un caudal de 0.68 m³/h y una velocidad de 0.2 m/s para una población de 863 Habitantes, por otro lado, para el cribado se tomó en cuenta una separación de 1.2 cm y un diámetro de 0.6 cm.

15. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el proyecto sea ejecutado por algún organismo privado o público, y a su vez se plantea que este estudio sea una base para investigaciones futuras.
- Para el correcto funcionamiento de la planta se debe establecer un programa de mantenimiento preventivo antes que correctivo lo que alargara sin duda la vida útil de la planta de tratamiento.
- Las universidades deben incentivar a sus estudiantes a realizar trabajos de investigación de manera responsable con el medio ambiente y que producto de estos estudios los procesos de salidas como: productos, servicios, etc., no afecten la calidad de vida de las demás personas, así como contaminen más el medio ambiente.
- Se recomienda realizar capacitaciones a los moradores de las comunidades que no disponen de un sistema de alcantarillado o tratamiento de aguas residuales para que opten por medios más amigables con el medio ambiente al desechar las aguas grises generadas por sus actividades diarias a los campos y/o cuerpos hídricos sin ningún tratamiento previo.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J. (Diciembre de 2014). *El Método de la Investigación*. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Banco Interamericano de Desarrollo & World Justice Project. (2020). *Indicadores de gobernanza ambiental para America Latina y el Caribe*. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Indicadores-de-gobernanza-ambiental-para-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Bergh, v., & Jeroen, C. (1996). *"Sustainable Development and Management", Ecological Economics and Sustainable Development: Theory, Methods and Applications*. Obtenido de Theory, Methods and Applications: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1
- Bolaños Gomez, I. (2013). *Diseño espacial y estructural de una planta de aguas residuales para la Universidad Tecnológica de la*. Obtenido de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9943.pdf
- Camacho, M. (2013). *Los páramos Ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. Quito. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de <file:///E:/DATOS%20DE%20USER/Desktop/cami/4713.pdf>
- Camacho, M. (2013). *LOS PÁRAMOS ECUATORIANOS: CARACTERIZACIÓN Y CONSIDERACIONES PARA SU CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE*. Recuperado el 25 de Julio de 2022, de <file:///E:/DATOS%20DE%20USER/Desktop/4713.pdf>
- CEPAL. (25 de Septiembre de 2015). *Naciones Unidas*. Recuperado el 14 de Abril de 2022, de Naciones Unidas: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/acerca-la-agenda-2030-desarrollo-sostenible>
- CEPAL, C. E. (2018). *Guía metodológica: planificación para la implementación de la Agenda 2030 en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Chuncho Morocho, C., & Chuncho, G. (2019). *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión*. Loja. Recuperado el 16 de Abril de 2022, de https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AljSh5IIPnS/view
- Dávila, G. (2006). *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Diccionario Panhispánico del español jurídico. (2022). Recuperado el 25 de Julio de 2022, de <https://dpej.rae.es/lema/sostenibilidad-social#:~:text=Sostenibilidad%20que%20busca%20fomentar%20las,la%20reducci%C3%B3n%20de%20la%20pobreza>
- Fernández, L., & Gutiérrez, M. (22 de Enero de 2013). *Scielo*. Obtenido de Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n2/art13.pdf>
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4101/S2013998rev1.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

- Fundación Wiese. (2021). *¿Qué es la asostenibilidad ambiental y como impacta en nuestras vidas?* Recuperado el 24 de Julio de 2022, de https://www.fundacionwiese.org/blog/es/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-como-impacta-en-nuestras-vidas/#Que_es_la_sostenibilidad_ambiental
- García, J. (2007). *Los indicadores de sostenibilidad en el turismo*. Obtenido de REVISTA DE ECONOMÍA, SOCIEDAD, TURISMO Y MEDIO AMBIENTE - RESTMA Nº 6: https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Garcia-31/publication/45702208_Los_indicadores_de_sostenibilidad_en_el_turismo/links/5b2692eb458515270fd59d57/Los-indicadores-de-sostenibilidad-en-el-turismo.pdf
- Giraldo, J; Sánchez, M & Ruiz, H. (08 de junio de 2020). Propuesta de indicadores ambientales para un turismo sostenible en el desierto de la Tatacoa, Huila, Colombia. *Scielo*, 239-261. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v23n54/2248-4345-seec-23-54-239.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Belisario Quevedo. (2018). *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorio De Belisario Quevedo*. Obtenido de https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2018/01/PDYOT_FINAL_2018.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia de Belisario Quevedo*. Obtenido de <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi. (11 de julio de 2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cotopaxi 2025*. Obtenido de https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/PDYOT-COTOPAXI-11julio_2018.pdf
- GREFA VEGAY, L. G. (2013). *“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – CENTRO DE FAENAMIENTO MUNICIPAL DE GANADO DE ORELLANA”*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3116/1/236T0080.pdf>
- Guanajuato, I. d. (2012). *Sistema de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad*.
- Heredia, R; Villamil, D; Banda, M. (05 de Julio de 2021). *Estudio de Interpretación Patrimonial del Cerro Putzalhua*. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/2850/6107>
- Hofstede, R. (1997 de 08 de 1997). *La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo*. Obtenido de Infoandina: http://infoandina.org/infoandina/sites/default/files/publication/files/La_Importancia_H_drica_a_del_P_amo_y_Aspectos_de_su_Manejo.pdf
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Inés, R. T. (2013). *Usos múltiples del agua como una estrategia para la reducción de la pobreza* .
- InfoTurismo. (2019). *Actividades Recreativas de Belisario Quevedo*. Obtenido de <https://cotopaxibelisarioq.wixsite.com/belisarioquevedo/actividades-recreativas-1>

- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2012). Recuperado el 24 de Julio de 2022, de <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/siaseg/modeloper.php>
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2020). *Sistema de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad*. Obtenido de <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/siaseg/cambioclimatico.php>
- Leal, Y. (2021). *La contaminación ambiental y su influencia en los*. Recuperado el 23 de Julio de 2022, de file:///E:/DATOS%20DE%20USER/Desktop/Dialnet-LaContaminacionAmbientalySuInfluenciaEnLosEcosiste-8479297.pdf
- MAATE. (s.f.). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y Sostenibilidad: <http://sinias.ambiente.gob.ec:8099/proyecto-sinias-web/start.jsf>
- Mantilla, E., Vergel, C., & López, J. (2005). *Medición de la sostenibilidad ambiental*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Marín, J., & Rojas, D. (2020). *Medición de indicadores de sostenibilidad ambiental del proyecto Páramos del Bosque Alto Andino*. Universidad EAN, Bogotá. Recuperado el 14 de Abril de 2022, de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10429/RojasLorena2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mayorga, M. (2017). *Influencia de la Gestión de la Calidad en la Huella Social*. Recuperado el 20 de Julio de 2022, de <https://core.ac.uk/download/pdf/236645166.pdf>
- Mondragón, A. R. (01 de Enero de 2002). *CULTURA ESTADISTICA Y GEOGRÁFICA*. Obtenido de ¿Qué son los indicadores?: https://www.orion2020.org/archivo/sistema_mec/10_indicadores2.pdf
- Naciones Unidas. (04 de febrero de 2019). *Metodología de monitoreo paso a paso para el Indicador Eficiencia uso del agua*. Obtenido de <https://www.unwater.org/app/uploads/2020/02/SP-Step-by-step-for-indicator-6-4-1-V20190204.pdf>
- Orellana, P. (2020). *Sostenibilidad Económica*. Recuperado el 25 de Julio de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/sostenibilidad-economica.html>
- Osorio, S. (27 de Agosto de 2016). *Turismo Comunitario en el Cerro Putzalagua*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/193/1/el-cerro-putzalagua-es-una-ruta-del-turismo-comunitario-en-cotopaxi>
- Ospina, M. (2003). *El páramo de sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá*. Bogotá. Recuperado el 16 de Abril de 2022, de <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/Paramos.pdf>
- OVACEN. (2018). *Páramo; Clima, flora, fauna y características*. Recuperado el 26 de Julio de 2022, de <https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/paramo/>
- PDyOT. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Latacunga*. Obtenido de http://latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf
- Pizarro & Cuitiño. (2002). Método de Evaluación de la Erosión Hídrica superficial en suelos desnudos. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 165-170.

- Polanco, C. (2006). Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones. *Redalyc*, 29-42.
- Portillo, S. (2020). *Indicadores ambientales: que son, tipos y ejemplos*. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <https://www.ecologiaverde.com/indicadores-ambientales-que-son-tipos-y-ejemplos-2759.html>
- Quiroga, R. (01 de Septiembre de 2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. Obtenido de División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5570/S0110817_es.pdf
- Rendón, E. (2015). *La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú*. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <file:///E:/DATOS%20DE%20USER/Desktop/%23%23common.file.namingPattern%23%23.pdf>
- Rey, C. (2022). Indicadores de sostenibilidad ambiental. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <file:///E:/DATOS%20DE%20USER/Desktop/cami/ecob,+OBMD0202110079A.PDF.pdf>
- Reyes, Q. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5570/S0110817_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, M., Vera, L., Juez, J., & Gárate, B. (01 de Mayo de 2015). *Huella Ambiental*. Obtenido de Repsol: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7007/Ha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodriguez, D. (2020). Recuperado el 26 de Julio de 2022, de <https://www.lifeder.com/caracteristicas-paramo/>
- Román, F. (2013). *Salud Ambiental y Social del Páramo en el Ecuador*. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de <https://camaren.org/documents/articulo4.pdf>
- Ropero, S. (2020). *Páramo: características, flora y fauna*. Recuperado el 25 de Julio de 2022
- SINIA. (2010). *Marco conceptual y metodológico para la construcción de indicadores ambientales*. Nicaragua. Recuperado el 18 de Abril de 2022, de https://www.eird.org/wiki/images/Marco_Conceptual_Indicadores_Ambiental.pdf
- Sistema Nacional de Información. (2014). *Objetivos, Metas e Indicadores del Plan Nacional del Buen Vivir*. Obtenido de <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document%3DSNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document/BM82&select=LB729,Acciones,+de>
- Swissinfo.ch. (2022). Documental ecuatoriano destaca la importancia de los páramos para la vida. *Swissinfo.ch*. Recuperado el 12 de Julio de 2022, de https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-p%C3%A1ramos_documental-ecuatoriano-destaca-la-importancia-de-los-p%C3%A1ramos-para-la-vida/47275228

- Terán, A., Pinto, E., Salazar, E., & Cuesta, F. (s.f.). *Conservación y uso sostenible de los páramos de Tungurahua*. Recuperado el 26 de Julio de 2022, de https://condesan.org/wp-content/uploads/2020/05/CONDESAN_2019_Monitoreo_TUNGURAHUA.pdf
- Therburg, A., D'Inca, V., & López, M. (2005). "Environmental Indicators Model Environmental Observatory". Obtenido de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitaes/3152/therburgdincalopezproyeccion3.pdf
- Torrente, S. Y. (2018). *Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en humedales construidos de flujo vertical*. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente_Sandra_TFG_2018.pdf?sequence=1#:~:text=El%20pH%20var%3%ADa%20de%203.5,et%20al.%2C%202015)
- UNAL. (2020). *Ficha de manejo de residuos sólidos*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78763/Anexo%20%20Fichas%20de%20manejo%2C%20monitoreo%20y%20seguimiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Vazquez, R., & Buenfil, M. (2012). *HUELLA HÍDRICA DE AMÉRICA LATINA :RETOS Y OPORTUNIDADES*. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de <https://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/86/63>
- Vega, L. (2013). *Dimensión Ambiental, Desarrollo Sostenible y Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo*. Recuperado el 24 de Julio de 2022, de <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP256.pdf>
- Velasquez, L., & Armas, M. (Marzo de 2013). INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LA. *SciELO*, 19-27.
- Winograd, M. (1995). *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe: hacia la sustentabilidad en el uso de tierras*. San José. Recuperado el 16 de Abril de 2022, de <http://repiica.iica.int/docs/B4099e/B4099e.pdf>
- Zarta, P. (2018). La Sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad. *Redalyc*, 409-423.

17. ANEXOS

17.1. ANEXO 1.- Registro Fotográfico

Figura 10

Reconocimiento del Terreno para la Toma de Coordenadas



Figura 11

Montaje de Estación Total



Figura 12*Delineamiento del Área*

17.2. ANEXO 2.- Análisis químico del agua