



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO
EN LA PARROQUIA CHUGCHILÁN, PROVINCIA DE COTOPAXI**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: SONIA MARISOL AYALA MILLINGALLI

TUTOR: EDUARDO ALBERTO MIGUEL ARAQUE ARELLANO

Quito – Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Sonia Marisol Ayala Millingalli con documento de identificación N° 0504579517
manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o
parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 21 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Sonia Marisol Ayala Millingalli

0504579517

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Sonia Marisol Ayala Millingalli con documento de identificación No. 0504579517, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicado en la Parroquia Chugchilán, Provincia de Cotopaxi”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Sonia Marisol Ayala Millingalli

0504579517

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano con documento de identificación N° 1707253090, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADO EN LA PARROQUIA CHUGCHILÁN, PROVINCIA DE COTOPAXI, realizado por Sonia Marisol Ayala Millingalli con documento de identificación N° 0504579517, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Eduardo Alberto Miguel Araque Arellano M.Sc.

1707253090

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me apoyaron hacer realidad este sueño en especial a mis padres por ser pilares fundamentales de mi vida, por estar presente en mis dificultades dándome ánimos y mostrando su apoyo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y salud para seguir adelante y poder culminar la carrera universitaria y a mi familia por su apoyo incondicional.

A la Universidad Politécnica Salesiana y a los ingenieros quienes transmitieron un conocimiento, criterio profesional para realizar este proyecto, ya que con todos sus conocimientos y enseñanzas que brindaron para lograr a ser grandes profesionales.

Al Ingeniero Miguel Araque, por prestarse a orientarnos en este proyecto, y a toda la dedicación y constancia dada para lograr nuestra meta de manera adecuada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Línea Base	4
1.1.1 Ubicación Geográfica	4
1.1.2 Clima.....	5
1.1.3 Temperatura	6
1.1.4 Precipitación	6
1.1.5 Características del Suelo.....	7
1.1.6 Tipos de Suelo.....	7
1.1.7 Uso del Suelo	7
1.1.8 Demografía	8
1.1.9 Infraestructura y Acceso a Servicios Básicos	8
1.1.10 Actividad Económica.....	9
1.1.11 Salud	10
1.1.12 Riesgos Naturales.....	10
1.2 Objetivos:	11
1.2.1 Objetivo General.....	11
1.2.2 Objetivo Específico.....	11
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
2.1 Agua Residual	12
2.2 Contaminantes de Aguas Residuales.....	12
2.3 Características Físicas del Agua Residual.....	13
2.3.1 Temperatura.	13
2.3.2 Turbiedad	14
2.3.3 Sólidos Totales.....	14
2.4 Características Químicas del Agua Residual	15
2.4.1 DBO5	15
2.4.2 DQO.....	15
2.4.3 Materia Orgánica	15
2.4.4 Metales Pesados	16
2.4.5 pH.....	16
2.4.6 Potencial de Óxido Reducción.....	16

2.4.7	Nitrógeno y Fósforo.....	16
2.4.8	Oxígeno Disuelto	17
2.4.9	Cloruros.....	17
2.5	Características Biológicas del Agua Residual.....	17
2.5.1	Microorganismos	17
2.5.2	Patógenos	18
2.6	Caudal.....	18
2.7	Medición de Caudales	18
2.8	Muestreo de Aguas Residuales	18
2.9	Clasificación de las Muestras.....	19
2.9.1	Muestreo Simple o Instantáneos	19
2.9.2	Muestreo Compuesto	19
2.10	Proyección de la Población	19
2.11	Método Geométrico.....	19
2.12	Sistema de Alcantarillado.....	20
2.13	Tipos de Sistema de Alcantarillado.....	20
2.13.1	Alcantarillado Separado.....	21
2.13.2	Alcantarillado Combinado	21
2.14	Tratamiento de Aguas Residuales	21
2.14.1	Pretratamiento	21
2.14.2	Tratamiento Primario	21
2.14.3	Tratamiento Secundario	22
2.14.4	Tratamiento Terciario	22
2.14.5	Tratamiento por Lodos Activados	22
2.15	Marco Legal	24
2.15.1	Constitución de la República del Ecuador	25
2.15.2	Código Orgánico Ambiental	26
2.15.3	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento de Aguas... 27	
2.15.4	Ley Orgánica de Salud.....	27
2.15.5	Acuerdo No. 061 Reforma del VI del TULAS	28
2.15.6	Acuerdo 097A Reforma de Texto Unificado de Legislación Ambiental	29
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1	Materiales	31
3.1.1	Materiales Para el Muestreo In Situ.....	31

3.1.2	Materiales Utilizados Para el Análisis de Laboratorio	31
3.1.3	Equipos Utilizados en la Etapa de Laboratorio.....	32
3.2	Muestreo.....	33
3.2.1	Sitio del Muestreo	33
3.3	Metodología de Campo	34
3.3.1	Muestreo de Agua Residual	34
3.3.2	Medición de Caudal	35
3.3.3	Turbidez	36
3.3.4	pH - Temperatura – Conductividad - POR	36
3.3.5	Oxígeno Disuelto	37
3.3.6	Metodología de Análisis de Laboratorio.....	37
3.3.7	Determinación de Sólidos	37
3.3.8	DQO	39
3.3.9	DBO5	39
3.3.10	Pruebas de Jarras.....	40
3.3.11	Lodos Activados	43
3.3.12	Metodología de Análisis Estadístico.....	44
3.4	Diseño.....	46
3.4.1	Población de Diseño	46
3.4.2	Índice de Crecimiento de la Población	46
3.4.3	Periodo de Diseño	47
3.4.4	Proyección de la Población.....	47
3.4.5	Caudal de Diseño	48
3.5	Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residual de Lodos activados	48
3.5.1	Diseño de Criba.....	48
3.5.2	Diseño de la Trampa de Grasas	50
3.5.3	Diseño de Sedimentador Primario	52
3.5.4	Diseño de Sedimentador Secundario	55
3.5.5	Diseño de Tanque de Cloración.....	58
3.5.6	Diseño de Tanque de Aireación.....	59
3.6	Estudio de Sostenibilidad.....	61
3.6.1	Análisis Social	61
3.6.2	Análisis Técnico.....	61
3.6.3	Análisis Económico	62

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1	Resultados	65
4.2	Parámetros In Situ	65
4.3	Resultados en Laboratorio.....	65
4.3.1	Parámetros Físicos	65
4.3.2	Parámetros Químicos	66
4.3.3	Parámetros Biológicos	67
4.3.4	Resultados de la Prueba de Tratabilidad.....	67
4.3.5	Resultados de los Lodos Activados	68
4.3.6	Biodegradabilidad de Agua Residual.....	69
4.4	Resultado de Dimensionamiento de la PTAR.....	70
4.4.1	Dimensionamiento de Canal de Ingreso	70
4.4.2	Dimensionamiento de la Criba.....	70
4.4.3	Dimensionamiento de la Trampa de Grasa.....	71
4.4.4	Dimensionamiento del Sedimentador Primario	72
4.4.5	Dimensionamiento del Sistema de Aireador.....	74
4.4.6	Dimensionamiento del Tanque de Aireación.....	74
4.4.7	Dimensionamiento del Sedimentador Secundario	75
4.4.8	Dimensionamiento del Tanque de Cloración.....	76
4.4.9	Cantidad de Cloro	77
4.4.10	Dimensionamiento de Lecho de Secado de Lodos	77
4.4.11	Resultados de Análisis Social	78
4.5	Discusión.....	81
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones.....	85
6	BIBLIOGRAFÍA	86
7	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Los principales contaminantes	12
Tabla 2	Listado de materiales utilizados para el muestreo in situ	31
Tabla 3	Listado de materiales utilizados para análisis en el laboratorio	32
Tabla 4	Listado de equipos utilizados para análisis en el laboratorio	32
Tabla 5	Determinación del caudal	36
Tabla 6	Detalle de materiales, equipos y reactivos a utilizar en laboratorio	40
Tabla 7	Tipo y dosis optima del coagulante-floculante	44
Tabla 8	Presupuesto para la ejecución de la Planta	62
Tabla 9	Costo de adquisición de equipos	63
Tabla 10	Resultados de los análisis in situ	65
Tabla 11	Resultados de los análisis físicos	65
Tabla 12	Resultados de los análisis químicos	66
Tabla 13	Resultados de los análisis biológicos	67
Tabla 14	Resultados de la prueba de tratabilidad antes y después de su tratamiento	67
Tabla 15	Resultados de los lodos activados	68
Tabla 16	Índice de biodegradabilidad de agua residual	69
Tabla 17	Dimensionamiento del canal de ingreso	70
Tabla 18	Dimensionamiento de la criba	70
Tabla 19	Dimensionamiento de la trampa de grasa	71
Tabla 20	Dimensionamiento del sedimentador primario	73
Tabla 21	Dimensionamiento del sistema de aireador	74
Tabla 22	Dimensionamiento del tanque aireación	74
Tabla 23	Dimensionamiento del sedimentador secundario	75
Tabla 24	Dimensionamiento del tanque de cloración	76
Tabla 25	Cantidad de cloro	77
Tabla 26	Lecho de secado de lodos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación del proyecto.....	5
Figura 2	Amenaza por riesgos naturales.....	10
Figura 3	Proceso de Lodos Activados Convencional.....	23
Figura 4	Tabla de los límites permisibles.....	30
Figura 5	Mapa de ubicación del punto de muestreo.....	33
Figura 6	Variación de la concentración de DQO con el tiempo de aireación.....	46
Figura 7	Obras preliminares.....	61
Figura 8	Criba.....	71
Figura 9	Trampa de grasa.....	72
Figura 10	Sedimentador primario.....	73
Figura 11	Tanque de aireación.....	75
Figura 12	Sedimentador secundario.....	76
Figura 13	Tanque de cloración.....	77
Figura 14	Lecho de secado.....	78
Figura 15	Interpretación de la pregunta N° 1.....	79
Figura 16	Interpretación de la pregunta N° 2.....	79
Figura 17	Interpretación de la pregunta N° 3.....	80
Figura 18	Interpretación de la pregunta N° 4.....	80
Figura 19	Interpretación de la pregunta N° 5.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Toma de muestra de agua residual	91
Anexo 2	Muestra de agua residual envasado para su conservación	91
Anexo 3	Materiales utilizados en el análisis de laboratorio	92
Anexo 4	Determinación de valores de DQO	93
Anexo 5	Determinación de los sólidos sedimentables	93
Anexo 6	Prueba de tratabilidad a escala laboratorio	94
Anexo 7	Formulario de preguntas	94
Anexo 8	Resultados de laboratorio.....	95
Anexo 9	Resultado de Laboratorio	96
Anexo 10	Esquema general de la planta de tratamiento de aguas residuales	97

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el método de los lodos activados del efluente proveniente de la población de la Parroquia Chugchilán al ser agua residual doméstico, para realizar el muestreo se consideró de referencia el método APHA “Standard Methods for examination of water and wastewater” y la norma técnica ecuatoriana: NTE INEN 2169:2013 y NTE INEN 2176:2013, mediante la obtención de los parámetros de calidad a escala laboratorio con los lodos, se aireó durante 24 horas para asegurar que el sistema mantenga aerobio durante la prueba. El parámetro de DQO inicial fue de 352 mg/L y se consiguió bajar a 76 mg/L, y posteriormente los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial No. 097-A. Para conocer si el tratamiento propuesto es adecuado para este efluente se determinó el índice de biodegradabilidad la cual se obtuvo un índice promedio de 0,46 esto indica que el tratamiento biológico mediante lodos activados queda acorde a este tipo de efluente. Al obtener los resultados tanto como en la fase de campo y laboratorio, y con la ayuda de ciertos parámetros teóricos como sustento bibliográfico, en función de caudal y población futura se procedió con los cálculos para el dimensionamiento de cada una de las unidades y diseñar la planta de tratamiento con la ayuda del programa AutoCAD.

Como fin de este trabajo se obtuvo planos de diseño para su construcción que consta de: criba, sedimentador primario, trampa de grasas, sedimentador secundario, sistema de aireación, tanque de cloración y lecho de secados. Por último, se realizó un análisis económico, técnico y social.

Palabras claves: Planta de tratamiento, aguas residuales, caracterización, dimensionamiento, estudio sostenibilidad.

ABSTRACT

The following research work aims to design a wastewater treatment plant using the activated sludge method for the effluent from the population of the Chugchilán parish, as it is domestic wastewater. To perform the sampling, the APHA method "Standard Methods for examination of water and wastewater" and the Ecuadorian technical standard were used as reference: NTE INEN 2169:2013 and NTE INEN 2176:2013, by obtaining the quality parameters at laboratory scale with the sludge, it was aerated for 24 hours to ensure that the system maintains aerobic during the test. The initial COD parameter was 352 mg/L and was lowered to 76 mg/L, and subsequently the results obtained were compared with the maximum permissible limits of Ministerial Agreement No. 097-A. To determine whether the proposed treatment is adequate for this effluent, the biodegradability index was determined and an average index of 0.46 was obtained, which indicates that biological treatment using activated sludge is appropriate for this type of effluent. After obtaining the results both in the field and laboratory phase, and with the help of certain theoretical parameters as bibliographic support, in terms of flow and future population, we proceeded with the calculations for the sizing of each of the units and design of the treatment plant with the help of the AutoCAD program.

At the end of this work, design plans were obtained for its construction, consisting of: screen, primary settling tank, grease trap, secondary settling tank, aeration system, chlorination tank and drying bed. Finally, an economic, technical and social analysis was carried out.

Key words: Treatment plant, wastewater, characterization, sizing, sustainability study.

1 INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente es un problema que se ha ido desarrollando en los últimos años en todo el mundo. Por esta razón, es vital tomar acciones para prevenirla ya que pueden provocar daños irreversibles. La descarga de estos efluentes directamente al medio ambiente ha traído problemas como: los malos olores, enfermedades respiratorias (Cuatis Chavez, 2018). Sin embargo, a través de los estudios e investigaciones de estos efluentes, se puede llevar a cabo un tratamiento adecuado, permitiendo que estas aguas puedan ser reutilizadas en actividades exclusivas dependiendo de su calidad.

En América Latina, la mitad de la población cuenta con servicio al alcantarillado, recolectan 52.000.000 m³ /día de aguas residuales, y se espera que sólo el 6% de ellas reciben un tratamiento adecuado antes de ser vertidas en los cuerpos de agua o en los campos agrícolas. Las aguas residuales son uno de los principales problemas debido a su incorrecto tratamiento que incumplen las normas ambientales y por falta de formación medioambiental. Debido a la falta de concienciación, la población muchas veces suele verter las aguas residuales a los ríos, quebradas sin realizar ningún tratamiento. Esto provoca enfermedades a la salud y el medio ambiente (Allazo Roman y otros, 2017). En la actualidad, las directrices medioambientales exigen que las aguas contaminadas no se viertan en los arroyos, los ríos y la naturaleza sin algún tipo de tratamiento

Las iniciativas medioambientales orientadas a la gestión de las aguas residuales deben coordinarse con las autoridades competentes para contribuir a la mejora de la calidad de vida de los seres humanos y los ecosistemas, permitiendo el desarrollo social, físico y económico de la sociedad.

Con el incremento de la población en áreas rurales y subdurales, existe la necesidad de tratar las aguas residuales. Como alternativas a estos problemas se ha venido implementando tecnologías de tratamiento para estos efluentes como un mecanismo para prevenir la contaminación

Actualmente, el vertido de aguas residuales en la Parroquia de Chugchilán, sin tratamiento previo, ocasiona problemas de proliferación y de salud para la población. Para contribuir a la mitigación del impacto ambiental, es indispensable diseñar de una planta de tratamiento de aguas servidas que permita la descontaminación eminente de los efluentes y proporcione bienestar y salud a las comunidades. Según datos del GAD Parroquial Rural Chugchilán, el 98% de los recursos hídricos están descubiertos a la contaminación, principalmente por basura, heces de los animales, agroquímicos; el 2% están protegidas (Mora, 2015).

Para el presente trabajo experimental se realizó el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del efluente de la Parroquia de Chugchilán para su respectiva evaluación. De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, se dimensiono una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el método de lodos activados para su descarga y que se ajuste a los límites permisibles de la normativa ambiental vigente para así controlar el problema de contaminación.

El método de lodos activados es un proceso de tratamiento convencional que remueve la materia orgánica de las aguas residuales y es ampliamente utilizada a nivel internacional, porque es un sistema de mezcla completa capaz de estabilizar los residuos en medio aerobio. Al realizar este sistema de tratamiento no solo será de beneficio para el medio ambiente, sino que también mitigará los contaminantes y los posibles riesgos a la salud, con el fin de dar una mejor calidad

de vida (Yamelit, 2014). Los lodos activados son un bioproceso donde interfieren los microorganismos, los cuales por medio del sistema de aireación genera la degradación, su implementación tiene beneficios como: el precio de financiación no es tan excesivo, un área no tan grande para la construcción, y su rendimiento para descontaminar el agua es mucho más eficiente.

1.1 Línea Base

1.1.1 Ubicación Geográfica

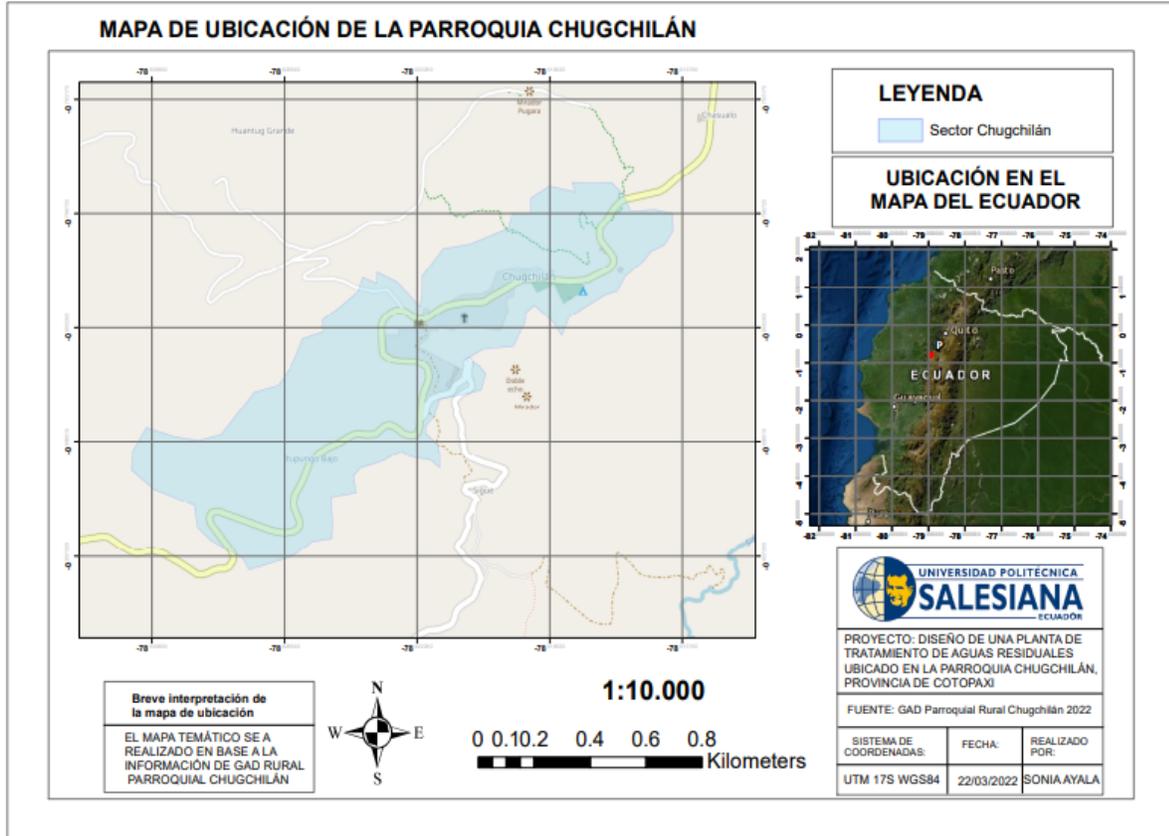
Chugchilán pertenece al cantón Sigchos, está situada al sureste del cantón y al noroeste de la provincia de Cotopaxi, con una extensión territorial de 32.250 hectáreas, posicionada a 2.860 metros sobre el grado del mar (Mora, 2015). Las barreras de la parroquia Chugchilán son las siguientes:

- Sur: Guangaje y Pilaló
- Norte: Cantón Sigchos
- Este: Isinlivi y Guangaje
- Oeste: Pucayacu y el Tingo.

La parroquia de Chugchilán tiene 31 comunidades y la cabecera parroquial agrupada en 4 zonas, ocho de las cuales pertenecen a la zona subtropical: Sarahuasi, Tilinche, Guarumal, Galápagos, Aza Cruz, Yana Yacu, Fátima y Tilipulo San Pedro y las 24 comunidades pertenecen a la zona andina o serranía estas son: El Rodeo, Chinaló Alto, Chinaló Bajo, Guasumbini Bajo, Guasumbini Chico, Chasualó, Itualó, Sigue, Itupungo, Guantug, Yacuchaqui, Chugchilán Centro Tunducto, Cóndor Ucto, Moreta, Cuisana, La Moya, Shiñacunga, Chaupi, Pilapuchin, Guayama Grande, Guayama San Pedro y Jataló (Cisneros , 2016)

Figura 1

Mapa de ubicación del proyecto



Nota: El mapa muestra la ubicación de la parroquia Chugchilán. Fuente: GAD parroquial rural Chugchilán. Elaborado por la autora, 2022

1.1.2 Clima

Esta zona montañosa occidental recibe altas precipitaciones debido a la majestuosa presencia de la variedad montañosa con esbeltas y agudas elevaciones que pueden ramificarse mediante el uso de estructuras menores que emergen de las cepas de la falla montañosa central o corren paralelas a las grandes estructuras montañosas meridionales. La parroquia Chugchilán se divide en tres zonas altitudinales que son:

1.1.2.1 Zona Alta.

Se encuentra entre los Ilinizas y en los cerros de Yanahurco es una zona de alta montaña, existe una alta humedad y nubosidad a una temperatura media inferior a 20°C. Precipitaciones superiores a 1000 mm anuales.

1.1.2.2 Zona Media.

Se encuentra en la zona interandina, Isinliví, Sigchos, Chugchilán es una zona con pendientes de 50 a 60% que implica riesgos erosivos a una temperatura promedio de entre 12°C a 20°C. Precipitaciones entre los 500mm a 2000mm anuales.

1.1.2.3 Zona Baja.

Se encuentra en el extremo norte del cantón, en el monte subtropical húmedo, específicamente en las Pampas y Palo quemado en esta zona la vegetación es siempre verde que permite el crecimiento de las selvas tropicales a una temperatura de 25°C. Precipitaciones entre los 3000mm llegando hasta 6000mm anuales.

1.1.3 Temperatura

En la parroquia de Chugchilán, la temperatura común tiene una amplia variación anual, pero, la temperatura anual común es de 5°C con un máximo de 17,34°C y un mínimo de 8,40°C. Las temperaturas más bajas surgen entre octubre, noviembre y diciembre (6,40°C a 2,10°C) y las más altas entre abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre (24,45°C) (Mora, 2015).

1.1.4 Precipitación

Según las estadísticas del PDOT de Chugchilán, las precipitaciones varían considerablemente de una región a otra. Dice que, tanto en el altiplano como en las zonas subtropicales, las precipitaciones disminuyen a partir de mayo y la estación seca se prolonga

hasta noviembre. En el sector interandino, puede haber una duración típicamente húmeda de septiembre a diciembre.

1.1.5 Características del Suelo

La topografía de la zona del proyecto es relativamente plana y hay zonas totalmente irregulares con pendientes pronunciadas y escarpes. En estas zonas el suelo es más adecuado para la conservación de la flora herbácea y la agricultura.

1.1.6 Tipos de Suelo

La parroquia Chugchilán posee los siguientes tipos de suelos:

- Suelos de cangahua fuertes y resistentes
- Arenosos
- Arcillosos
- Pedregosos y rocosos de barro
- Calcáreos

1.1.7 Uso del Suelo

El mayor porcentaje del uso de suelo en la parroquia Chugchilán se encuentra ocupado por bosques nativos, mosaicos agropecuarios.

Según la actualización del PDOT, año 2020, el noventa por ciento de las comunidades indican que las tierras en su mayoría están siendo utilizadas para la agricultura de chocho, maíz, papa, mora, y un tres por ciento de las comunidades indican que las tierras están siendo utilizadas en su mayoría en la actividad forestal especialmente de plantas exóticas (Cisneros , 2016).

1.1.8 Demografía

1.1.8.1 Población.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), para el censo de población y vivienda del año 2010, la parroquia Chugchilán tiene una población de 7.811 habitantes. Según las proyecciones realizadas a través de la SENPLADES, Subsecretaría de Información, Dirección de Normas y Metodología, la parroquia Chugchilán proyecta una población de 8. 285 habitantes para el año 2020.

1.1.8.2 Vivienda.

En la parroquia Chugchilán las viviendas son construidas a base de adobe, bloque o ladrillo, madera, Hormigón (losa, cemento), Asbesto (eternit, eurolit), Zinc, Teja, Palma, paja u hoja.

Según el CENSO 2010 del INEC, en la parroquia hay 1.491 viviendas, de las cuales el cincuenta y ocho por ciento son propias y están pagadas en su totalidad, el 26% son propias, pero fueron adquiridas por donaciones o herencias, el trece por ciento son prestadas por medio de un familiar que ha emigrado, el 1% son alquiladas, el uno por ciento es propias, pero están siendo pagadas, el 1% se encuentran para servicios y el 0,1% están en anticresis (Mora, 2015).

1.1.9 Infraestructura y Acceso a Servicios Básicos

1.1.9.1 Servicio de Agua.

Red pública: En la parroquia Chugchilán, el agua llega a las viviendas a través de métodos de saneamiento y desinfección. El 45,61% de las viviendas adquiere el agua del dispositivo de agua potable, que consta de serie, conducción, garaje, desinfección y distribución a través de unas tuberías de PVC. El resto de las familias abastecen agua desde las corrientes naturales como Rio, Vertiente, Acequia y los pozos en donde se hace un orificio o túnel vertical

perforado en la tierra, hasta alcanzar la reserva de agua subterránea. Y también existe otros medios de donde se puede generar el agua, pueden ser aguas lluvias, o través de compras de botellones el 4,96% de familias abastecen de estos medios (Cisneros , 2016).

En la Parroquia de Chugchilán, la Municipalidad desde 1999 ha asumido una posición crítica dentro de la provisión de agua para uso humano, dentro de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua intercomunal de las 31 comunidades, el 48% (15 grupos) están legalizados como Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP), las cuales podrían ser responsables de la administración, operación y mantenimiento de sus estructuras de agua, el descanso de las comunidades tienen sistemas básicos que consisten en llevar agua a través de una manguera a las casas.

1.1.9.2 Servicio de alcantarillado.

En 2016, el GAD Municipal Sigchos patrocina sistemas de alcantarillado sanitario en los sectores de Chugchilán y Chasualó con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de esos sectores y hacer un uso correcto de este proveedor.

El resto de las familias ya no cuentan con ninguna máquina de eliminación de excretas, sin embargo, cuentan con fosas sépticas, pozos negros y letrinas para la eliminación de excretas. El 0,94% se vierte inmediatamente en ríos y arroyos, que pueden ser fuentes de proliferación de enfermedades.

1.1.10 Actividad Económica

Las actividades económicas de la parroquia Chugchilán están relacionadas con el comercio y la provisión de ofrendas. Dentro de esta zona, existe la comercialización de mercancías provenientes de la agricultura, la ganadería y la avicultura, las actividades que se desarrollan en esta zona rural, la mayor parte de la población Chugchilán se dedican al sector

primario que es la producción, principalmente la producción de chocho, mora y maíz la fuente principal para abastecer económicamente. También dedican a diversidades actividades económicas y hay otros grupos que son empleados públicos, jornaleros y albañiles.

1.1.11 Salud

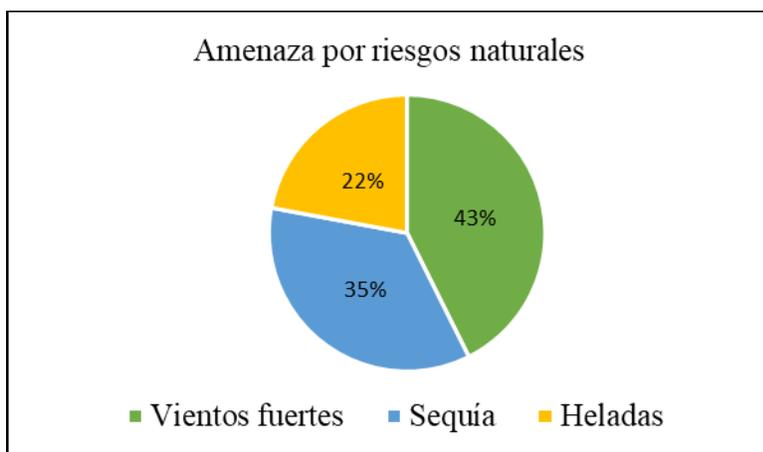
El Ministerio de Salud Pública de Ecuador ejerce la función de orientación, elaboración de planes, coordinación, control y gestión de la salud pública, en la parroquia de Chugchilán cuentan con un sanatorio que tiene 1 médico general, 3 médicos rurales, 4 enfermeras, 1 auxiliar de datos, 1 auxiliar de farmacia y 1 odontólogo. Las enfermedades más comunes en Chugchilán son la gastritis, la inflamación de las vías urinarias, la faringitis y el resfriado común (Mora, 2015).

1.1.12 Riesgos Naturales

Los riesgos naturales más comunes en la Chugchilán son: Vientos fuertes con un 33,8 %, sequia con un 28 % y heladas con un 17,5 %.

Figura 2

Amenaza por riesgos naturales



Nota: Las principales amenazas. Fuente GAD Parroquial Rural Chugchilán. Elaborado por la autora, 2022.

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales a partir de la caracterización de las aguas servidas y pruebas de tratabilidad, para conseguir un efluente que cumpla con la normativa ambiental vigente, en Parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos.

1.2.2 Objetivo Específico

Llevar a cabo la caracterización de las aguas residuales, mediante el análisis de sus parámetros físicas, químicas y microbiológicas para identificar los tipos de contaminantes en Parroquia Chugchilán.

Determinar el sistema de tratamiento más eficiente de las aguas residuales en base al resultado de la prueba de tratabilidad a escala laboratorio para dimensionar las unidades de la planta de tratamiento de aguas servidas.

Realizar el estudio de sostenibilidad económica, técnico y social de la propuesta de diseño, a través de las encuestas y la investigación presente para la evaluación de la situación actual de la población Chugchilán.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Agua Residual

Según (Romero Rojas, 2016), indica que las aguas residuales son el resultado de la actividad humana y/o industrial, son aguas con impurezas algo que no sirve y que se encuentra en los diferentes tipos de sustancia de composición física - química y biológica que producen contaminantes sólidos y líquidos que se introduce en las tuberías o canales y conducen a través del sistema del alcantarillado para su descarga final.

A las aguas residuales también se denominan aguas negras, grises y proceden de numerosas actividades, como el doméstico, el comercial, el municipal y el pecuario. Estas aguas generalmente no tienen ninguna depuración o tratamiento y se vierten inmediatamente a los cuerpos receptores de agua. Sin embargo, para evitar la contaminación, es esencial poner en vigor sistemas de tratamiento de aguas residuales para que purifique el agua mediante la aplicación de tecnologías avanzadas con las que obtendremos agua que cumpla con los rangos autorizados en la normativa ambiental vigente.

2.2 Contaminantes de Aguas Residuales

En el siguiente cuadro enumera los principales contaminantes de las aguas residuales y sus impactos que provocan.

Tabla 1

Los principales contaminantes

Contaminantes	Consecuencia
Sólidos en suspensión	Son lodos en condiciones anaeróbicas cuando las aguas no son tratadas en ecosistemas acuáticos mantiene en suspensión.

Contaminantes	Consecuencia
Materia orgánica biodegradable	Son medidos en términos de DBO y DQO que provoca la desoxigenación del agua, afectando la fauna acuática y causando un olor desagradable
Metales pesados	Los efectos varían dependiendo del tipo de metal pueden ser descargados por los comercios e industrias.
Nutrientes	Si son descargados en medio acuático producen indeseable crecimiento de vida acuática, en exceso produce eutrofización
Sustancias causantes de desequilibrio biológico	Provocan la proliferación de hongos y plantas acuáticas
Sustancias que alteran la turbiedad, color y olor	Afecta la flora y fauna debido al aumento de la temperatura. También genera cambios en el olor, color y turbiedad.

Nota: Se presenta las causas y consecuencias de los contaminantes. Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995) Elaborador por la autora, 2022

2.3 Características Físicas del Agua Residual

2.3.1 Temperatura.

La temperatura es un parámetro totalmente crítico en las aguas residuales, comúnmente la temperatura de esas aguas es mucho más alta que la del agua de suministro, debido, a la incorporación del agua caliente provenientes de la casa o de las industriales estos cambios pueden tener efectos negativos en el entorno acuático.

2.3.2 Turbiedad

Según (Romero Rojas, 2016), la turbiedad “tiene cierta relación con los sólidos en suspensión porque impiden el paso de la luz, contribuyendo a su dispersión o absorción”. Es una medida óptica en la que se calcula la dispersión de la luz en el agua, es un parámetro para verificar la legibilidad u opacidad del agua cuando se trata de contar materia coloidal y residual en suspensión. Se mide en unidades nefelométricas de turbiedad (NTU).

2.3.3 Sólidos Totales

Particularmente para (Lazcano Carreño, 2016), los sólidos totales es la materia que se obtiene como residuo después de someter al proceso de evaporación una muestra de agua a una temperatura de entre 103 – 105°C. Tienen tamaños mayores de 1,2 μm . Los sólidos totales se clasifican en:

Los sólidos disueltos se determinan en todo tipo de las aguas residuales y constituyen material soluble y coloidal. Tienen un tamaño inferior a 1,2 μm . La oxidación biológica y la coagulación, sedimentación son necesarias para tratar este tipo de sólidos (Romero Rojas , 2010).

Los sólidos volátiles están formados por sólidos sedimentables, suspendidos y coloidales que volatilizan a las altas temperaturas tras la calcinación de la muestra se adquiere un producto final denominado sólidos fijos y forma parte de la fracción inorgánica.

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que están compuestos de materia orgánica e inorgánica, dispone de un componente coloidal y un componente disuelto. Se obtiene midiendo el volumen en un recipiente de conos de Imhoff, durante 60 minutos. La unidad de medida es de ml/L.

2.4 Características Químicas del Agua Residual

2.4.1 DBO5

Según (Romero Rojas, 2016), menciona que la DBO5 “sirve para determinar la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos durante los procesos bioquímicos de oxidación de la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias, se mide en un periodo de 5 días a una temperatura de 20 °C”.

Este parámetro se utiliza para medir el grado de la cantidad de materia orgánica biodegradable, mediante la determinación de oxígeno consumido en la degradación por las bacterias, microorganismos, aplica tanto en las aguas residuales y aguas superficiales se usa como medida de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación dentro de una muestra.

2.4.2 DQO

La Demanda Química de Oxígeno es un parámetro fundamental en el tratamiento de agua y saneamiento, se utiliza para medir la cantidad de oxígeno para descontaminar el agua procedente de muchas fuentes. “Para ello se necesita de un oxidante en un medio ácido fuerte, la DBO en agua residual suele ser mayor que la DQO” (Arocutipá Lorenzo, 2013).

2.4.3 Materia Orgánica

Estos sólidos son de base animal y vegetal en su totalidad, así también de las actividades antropogénicas. Los compuestos orgánicos se conforman por la combinación de hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno (CHON). “Los compuestos más amplios presentes en el agua residual son las proteínas con un porcentaje de 40 – 60 %, los carbohidratos 25- 50 %, y las grasas y aceites 10 %” (Lozano, 2012).

2.4.4 Metales Pesados

No existe una definición que permita enumerar y clasificar los metales pesados. Pero existe algunos criterios que pueden definir a los metales pesados

- La densidad relativa del metal
- La toxicidad
- La respuesta zoológica y botánica
- Localización de la tabla periódica

Existen algunos metales que son benéficos para los seres vivos como: cobre, zinc, molibdeno. Otros metales pesados como: mercurio, cadmio, plomo son altamente tóxicos en el medio natural y genera un gran impacto ambiental (Romero Rojas , 2010).

2.4.5 pH

El potencial de hidrógeno es un parámetro de medida de la concentración de iones en el agua, se expresa como logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno. El índice de pH en las aguas residuales comúnmente puede estar en medidas de alcalinidad o acidez, si el pH es inferior a 6 beneficia al tratamiento biológico gracias a la presencia de los hongos y las bacterias (Enriquez Colimba, 2017).

2.4.6 Potencial de Óxido Reducción

Potencial de óxido de reducción mide la energía química mediante un electrodo, es decir, la cantidad relativa de materiales que pueden ser disminuidos u oxidados, y nos permite conocer si el agua se encuentra en condiciones aerobias o anaerobias. (Romero Rojas , 2010).

2.4.7 Nitrógeno y Fósforo

El nitrógeno y fósforo son vitaminas o bioestimuladores cruciales para el crecimiento de protistas y la vegetación. El contenido total del nitrógeno se compone de: nitrógeno amoniacal,

nitrógeno orgánico, nitrógeno de nitratos y nitritos. Los datos de nitrógeno son esenciales para evaluar la posibilidad de tratar las aguas residuales mediante un tratamiento biológico; si las aguas residuales no tienen suficiente nitrógeno, se quiere añadir nitrógeno para su descomposición (Metcalf & Eddy, 1998).

2.4.8 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es una variable muy esencial para los microorganismos aerobias para que puedan mantener la respiración en el agua residual, así como en otras formas de vida. Los valores de oxígeno disuelto varían entre 6 a 9 mg/L en función de la temperatura y los aditivos químicos presentes en el agua (Caballero Arbizú, 2021).

2.4.9 Cloruros

Los cloruros en aguas naturales provienen de cloruros lixiviados de las rocas y los suelos con los que entran en contacto. Según (Romero Rojas , 2010) “En las aguas residuales los cloruros son añadidos como consecuencia del uso, las heces humanas tienen un aporte aproximado de 6g de cloruros por persona / día”. Las altas concentraciones de estas pueden causar problemas para el riego y la reutilización.

2.5 Características Biológicas del Agua Residual

2.5.1 Microorganismos

Los microorganismos existen en gran cantidad y son seres vivos muy pequeños conformados por organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias pueden ser benéficos o patógenos. Estos organismos se encargan de la descomposición y estabilización de la materia orgánica en las aguas residuales y superficiales naturales.

2.5.2 Patógenos

Las aguas residuales son un servicio de unos cuantos patógenos que incluyen coliformes, virus, bacterias y protozoos, los cuales provocan graves enfermedades en los seres humanos, junto con la disentería, el cólera y la diarrea, estos tipos de organismos son difíciles de aislar y conocer. Debido a la excesiva contaminación de estos organismos, provocan un número excesivo de muertes en países con escasos recursos sanitarios.

2.6 Caudal

“El caudal es la cantidad de agua que pasa a través de un segmento de tubería o canales en la unidad de distancia en relación con el tiempo, se expresa en metros cúbicos por segundo m³/s o litros por segundos” (IPDICC, 2017).

2.7 Medición de Caudales

Existe diversos métodos para medir el caudal, a continuación, se indica los siguientes:

- Método volumétrico
- Método área de pendiente
- Método de área de velocidad
- Método de área de velocidad

Medir el caudal es esencial a la hora de diseñar las instalaciones para la recogida, tratamiento y evacuación del agua. De este modo, las estructuras a construirse estarán a las alturas de las necesidades de la población (Metcalf & Eddy, 1998).

2.8 Muestreo de Aguas Residuales

Básicamente consiste en dar seguimiento al agua a través de muestreo de campo en diferentes periodos de tiempo para obtener datos que permita evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos mediante el análisis de laboratorio (Valencia López, 2013). De

manera general, el muestreo es determinar parámetros de las aguas residuales considerando los aspectos como: la frecuencia, el tiempo, el tipo de muestreo que no alteren las condiciones del agua y como resultado obtener valores representativos.

2.9 Clasificación de las Muestras

2.9.1 Muestreo Simple o Instantáneos

Muestreo simple es una muestra individual recogida en una hora determinada que permite examinar en un mismo tiempo, porque representa las características de las aguas residuales solamente para la hora en la que se toma.

2.9.2 Muestreo Compuesto

Es el conjunto de dos o más submuestras que aseguran representatividad y detectan los efectos de descargas variables de los contaminantes, dependiente del flujo, tiempo, volumen o localización y suministran el dato de composición promedio.

2.10 Proyección de la Población

Según (Galeano Nieto & Rojas Ibarra, 2016), menciona que la proyección es indispensable porque proporciona una referencia de futuro para la elaboración de planes políticas, sociales y económicos.

Para calcular la capacidad de la Planta de tratamiento de aguas residuales para la zona del proyecto se hará uso de los datos estadísticos de la población de Chugchilán que proporciona PDOT del GAD Parroquia Rural Chugchilán y el INEC.

2.11 Método Geométrico

Este método geométrico supone que la población crece a una tasa constante, es decir, que aumenta proporcionalmente igual en cada periodo de tiempo, pero en número absoluto, las

personas aumentan en forma creciente. Este método permite estimar la población futura con la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$P_f = P_{fc} * (1 + i)^n$$

P_{fc} = Población final censada, [hab]

P_f = Población futura, [hab]

i : Tasa de crecimiento poblacional, [hab/año]

n : Período de diseño, [años]

$$P_f = 2847 * (1 + 0,0231)^{25}$$

$$P_f = 5038 \text{ habitantes}$$

2.12 Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado tiene la función de recoger y llevar las aguas residuales producidas por viviendas, industrias, hospitales, centros educativos y las evacuaciones de las aguas lluvias, a través de las estructuras de redes de tuberías y obras complementarias necesarias vitales para recoger y transportar desde el lugar en que se genera hasta la zona en donde se vierten ya sea al medio natural o dan algún tratamiento (Quiajía Molina, 2015).

2.13 Tipos de Sistema de Alcantarillado

La clasificación del sistema del alcantarillado depende del tipo de agua que conducen estas pueden ser: separado y combinado. Ambos sistemas de alcantarillado se pueden construir por gravedad o bombeo (Comisión Nacional del Agua, 2009).

2.13.1 Alcantarillado Separado

Alcantarillado sanitario: Es aquel que separa la evacuación de las aguas residuales y lluvias. Este sistema está construido exclusivamente para las aguas domésticas e industriales puedan ser almacenadas o transportadas hacia la planta de tratamiento. (SIAPA, 2016).

Alcantarillado pluvial: Este sistema conduce solamente las escorrentías de las aguas pluviales, permite que las aguas residuales puedan ser almacenadas o llevadas a cauces naturales (Valencia López, 2013).

2.13.2 Alcantarillado Combinado

Este tipo de sistema conduce por el mismo conducto el cien por ciento de las aguas de los sistemas mencionadas anteriormente (Valencia López, 2013).

2.14 Tratamiento de Aguas Residuales

Existen varios métodos de tratamiento para aguas residuales en lo que predomina los fenómenos químicos, físicos y biológicos se conocen como procesos unitarios. Actualmente las operaciones y procesos unitarios constituyen los tratamientos primarios, secundario y terciarios (o tratamiento avanzado) (Seoáñez Calvo, 2012).

2.14.1 Pretratamiento

Esta fase tiene la función principal de apartar los sólidos de gran tamaño, evitando los taponamientos, mediante la implementación de rejillas, desarenadores, trituradores, y facilita a los tratamientos posteriores.

2.14.2 Tratamiento Primario

Esta etapa de tratamiento contempla el uso de operaciones físicas y químicas para reducción de los sólidos como arena, grasas, espuma y materia orgánica sedimentable; para la eliminación de los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual. En algunos

casos se necesita añadir una cantidad de coagulante y floculante para incrementar la eficiencia de remoción (Metcalf & Eddy, 1998).

2.14.3 Tratamiento Secundario

Esta etapa se realiza tratamiento biológico, para remover y degradar la materia orgánica, convirtiéndola en material celular o inerte, la función principal en este proceso es la reducción de DBO5 por encima del 82%, mediante procesos aeróbicos y anaeróbicos.

2.14.4 Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario o también conocido como “tratamiento avanzado” son los más indicados para una mejorar la calidad final del agua y son más costosos, generalmente este proceso remueve nutrientes como fósforo, nitrógeno, trazas de metales y de componentes orgánicos e inorgánicos para su reutilización. Este tipo de tratamiento busca disminuir la cantidad de patógenos presentes en el interior de las aguas residuales antes de ser conducidas a un efluente natural de agua, completando de esta manera la remoción de la materia contaminante (Romero Rojas , 2018).

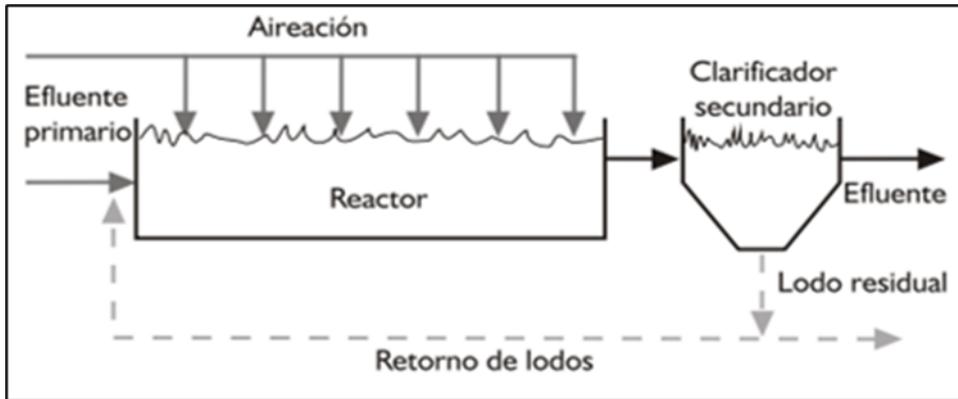
2.14.5 Tratamiento por Lodos Activados

“El tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados es un tratamiento secundario biológico de mezcla completa aerobio, lo cual consiste en la capacidad que poseen los microorganismos para metabolizar y transformar la materia orgánica suspendida y disuelta en nuevo tejido celular y distintos gases” (Ramalho, 2003).

Los procesos de lodos activados se llevaron a cabo fundamentalmente de una forma empírica tanto industriales como urbanas desde hace aproximadamente siglos.

Figura 3

Proceso de Lodos Activados Convencional



Nota: Esquema del proceso de lodos activados convencional. Fuente: (Metcalf & Eddy, 1998).

2.14.5.1 Cribado.

El proceso de cribado o desbaste se utiliza para retirar material sólido de acuerdo a su tamaño en aguas residuales ya que pueden obstruir o dañar las tuberías o equipos de la planta de tratamiento en otros procesos. La criba puede ser construido por una lámina metálica, de madera, concreto, varillas de hierro o acero; con agujero que retenga el material, puede ser grueso si se emplean rejas, medio con rejillas o fino si se usan rejillas finas. La limpieza del cribado se puede realizar de manera manual o mecánico (Comisión Nacional del Agua, 2009).

2.14.5.2 Trampa de Grasas.

La trampa de grasas es indispensable para el tratamiento de aguas residuales, generalmente se utiliza en establecimientos donde hay una gran cantidad de grasas y aceites. Está diseñada para homogenizar el agua y prevenir que las tuberías se taponen y exista un deterioro en las estructuras del tratamiento de agua residual o problemas en el desagüe lo cual hace que la grasa obstruya drenajes y dificulta el proceso de secado de lodos. La trampa de grasas es fabricada con material en acero o cemento, dependiendo de su necesidad (Romero Rojas , 2018).

2.14.5.3 Sedimentación.

El proceso de sedimentación es un proceso físico donde los sólidos suspendidos en el agua precipitan por el efecto gravitacional es utilizado para conseguir la clarificación del agua. La sedimentación se puede dar en diferentes formas las partículas varían considerablemente en origen en lo que es la carga, tamaño, densidad, durante la caída o decantación cuando suscita la presencia de alta concentración de partículas sólidas, las mismas al juntarse forma unas masas conocidas como flóculos (Maldonado Yactayo, 2006).

2.14.5.4 Sistema de Aireación.

El sistema de aireación es un método de transferencia de oxígeno en el tratamiento biológico “*aireado o aeróbico*”. El proceso de aireación es un proceso bastante común, se utiliza en los sistemas de los lodos activados la cual se basa en bombear aire a un tanque para permitir la biodegradación aeróbica, lo que promueve el crecimiento microbiano en las aguas residuales (Romero Rojas , 2018).

2.14.5.5 Secado de Lodos.

El proceso de secado de lodos consiste en reducir la cantidad de agua retenida en el lodo para obtener 70% de humedad, de tal forma que pueda manipularse o procesarse como un semisólido en vez de como un líquido. Este proceso tiene ventajas como mejorar el manejo de lodo, reduce la producción de lodos, humedad y el financiamiento para el transporte del lodo para su disposición final (Romero Rojas , 2018).

2.15 Marco Legal

En nuestro país las aguas residuales están regularizadas por las normativas ambientales vigentes que establece los límites máximos permisibles para su descarga y regula que cada parámetro cumpla con lo establecido en la ley para su disposición final.

Las bases legales que van a sustentar esta investigación son:

2.15.1 Constitución de la República del Ecuador

Según como establece la: (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Título II: Derechos:

Capítulo sexto: Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza

Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Título VII: Régimen del buen vivir:

Capítulo primero: Inclusión y equidad

Sección sexta: Agua

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

zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la 20 que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.15.2 Código Orgánico Ambiental

Según como establece la: (Codigo Orgánico del Ambiente, 2017)

Publicada en el Registro Oficial N° 983 de 12 de abril del 2017.

Libro tercero: De la calidad ambiental

Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

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.

2.15.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento de Aguas

Según como establece la: (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014)

Registro Oficial N° 305, Gobierno Nacional del Ecuador, Ecuador, Quito, 6 de agosto de 2014.

TÍTULO II Recursos hídricos

Capítulo I: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos.

Artículo 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.

2.15.4 Ley Orgánica de Salud

Según como establece la: (Ley Orgánica de Salud, 2006)

Registro Oficial N° 423, Gobierno Nacional del Ecuador, Ecuador, 22 de diciembre del 2006, con modificación el 18 de diciembre del 2015.

LIBRO II: Salud y seguridad ambiental

TITULO ÚNICO Capítulo I: Del agua para consumo humano.

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

2.15.5 Acuerdo No. 061 Reforma del VI del TULAS

Según como establece el: (Acuerdo 097A, 2015)

Registro oficial Órgano del Gobierno del Ecuador, Año II, N°316, 4 de mayo de 2015.

Capítulo VIII: Calidad de los componentes Bióticos y abióticos

Sección III: Calidad de componentes abióticos

Parágrafo I del agua.

Art. 210 Prohibición. - De conformidad con la normativa legal vigente: b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación. c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua.

2.15.6 Acuerdo 097A Reforma de Texto Unificado de Legislación Ambiental

Según como establece el: (Acuerdo N° 061, 2015)

Registro Oficial N°387, Año III, Ministerio del Ambiente, 4 de noviembre del 2015.

La norma tiene como fin prevenir y controlar la contaminación ambiental, en lo referente al agua cuyo principio es salvaguardar la calidad de la misma para preservar los usos establecidos, ecosistemas y el medio ambiente en general.

Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua

La presente norma técnica determina o establece: a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Figura 4

Tabla de los límites permisibles

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
Explosivos 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

Nota: Límites permisibles. Fuente (Acuerdo 097A, 2015). Adaptado por la autora, 2022

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Se utilizaron los diferentes materiales y equipos para el análisis de muestreo *in situ* en varios días del mes de mayo, y durante los análisis de laboratorio.

3.1.1 *Materiales Para el Muestreo In Situ*

Los materiales utilizados para el muestreo in situ del agua residual en el punto de descarga de Parroquia Chugchilán, se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 2

Listado de materiales utilizados para el muestreo in situ

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS
Guantes	Quirúrgicos
Balde	Capacidad de 20 Litros
Botellas plásticas	Capacidad de 6 L – 1 L
Cinta de embalaje	Color blanco
Marcador permanente	Color negro
Cooler	Color blanco

Nota: Materiales de EPP. Elaborado por la autora, 2022

3.1.2 *Materiales Utilizados Para el Análisis de Laboratorio*

Los materiales que detallan a continuación fueron utilizados durante la fase de análisis en el laboratorio del agua residual. Todos los materiales y equipos han sido facilitados a través de la Universidad Politécnica Salesiana y bajo la supervisión de los docentes de los laboratorios.

Tabla 3*Listado de materiales utilizados para análisis en el laboratorio*

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS
Vasos de precipitación	Capacidad de 1 litro
Conos Imhoff	Capacidad de 1 litro
Crises	Capacidad de 125 ml
Jeringuillas	Capacidad de 5 ml y 10 ml
Pipetas	Capacidad de 5 ml y 10 ml
Probeta	De plástico y capacidad de 1
Guantes	litro
Pinzas	-

Nota: Materiales de laboratorio. Elaborado por la autora, 2022**3.1.3 Equipos Utilizados en la Etapa de Laboratorio**

Los equipos de laboratorio utilizados para los análisis de varios parámetros del agua residual recolectada

Tabla 4*Listado de equipos utilizados para análisis en el laboratorio*

EQUIPO	MARCA
Turbidímetro	Orbeco Hellige
Equipo OD	Mettler Toledo
pH -metro	Horiba Laqua act.
Mufla	Hanna Instrument

EQUIPO	MARCA
Estufa	Boekel
Balanza Analítica	Mettler Toledo
Prueba de Jarras	Velp Scientifica
Digestor de DQO	Hanna Instruments
Medidor de DQO	

Nota: Materiales de EPP. Elaborado por la autora, 2022

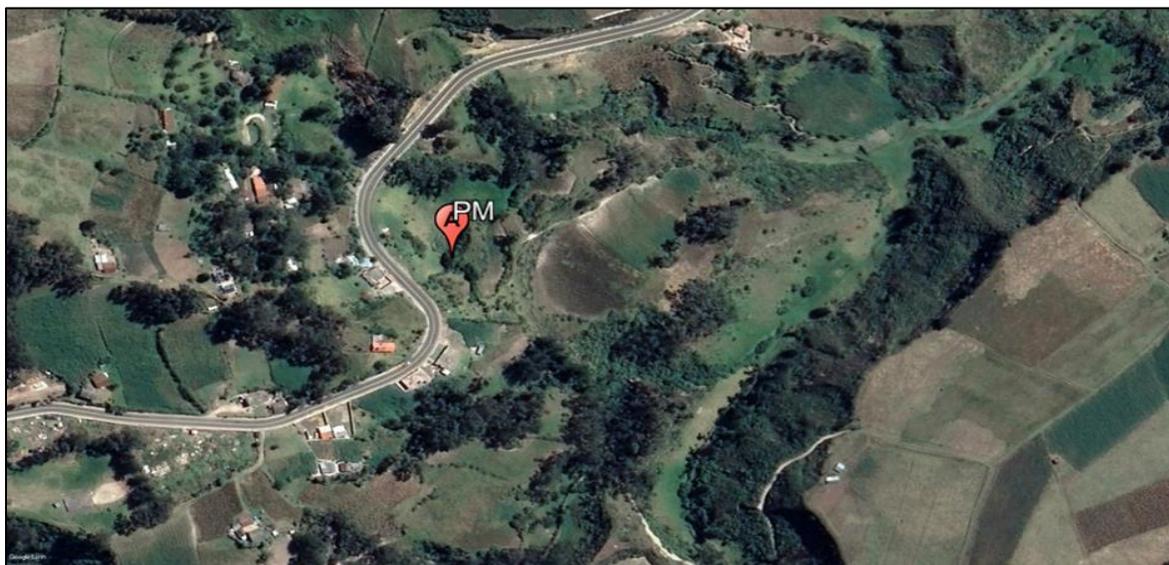
3.2 Muestreo

3.2.1 Sitio del Muestreo

El proyecto se desarrolló en Parroquia Chugchilán. Se determinó un sitio que cuente con un sistema de alcantarillado, una vez realizada esta determinación se estableció el punto de muestreo en la descarga de aguas residuales.

Figura 5

Mapa de ubicación del punto de muestreo



Nota: Punto de muestreo. Elaborado por la autora, 2022

3.3 Metodología de Campo

3.3.1 Muestreo de Agua Residual

Para obtener las muestras verdaderamente representativas se consideraron varios aspectos importantes, tales como: sitio de muestreo, frecuencia de muestreo, el tiempo adecuado para tomar la muestra y la técnica correcta para recolectar las muestras de aguas residuales. Además, para el transporte y utilización dentro y fuera del laboratorio se consideró de referencia el método APHA “Standard Methods for examination of water and wastewater” y la norma técnica ecuatoriana: NTE INEN 2169:2013 y NTE INEN 2176:2013.

El tipo de muestreo que se utilizó en esta investigación es el muestreo compuesto. Este se llevó a cabo en los diferentes días del mes de mayo, se observó que no existía mayor variación en los resultados de parámetros, por ende, la muestra del 2 de mayo fue elegida para realizar los análisis para lo cual se recolectó 4 alícuotas de 1 L con intervalos de 1 hora por alícuota desde las 05:00 a.m. hasta las 80:00 a.m. A esta hora la gente está realizando sus actividades, ya que en el día salen a trabajar solo quedan ancianos/as y niños en la casa.

Para el muestreo se utilizó un balde pequeño de 1 litro. Se hizo el lavado del balde con la misma agua por tres veces y se procedió a recoger cuatro litros de muestras a diferentes horarios. Las muestras recogidas fueron almacenadas en las botellas plásticas previamente lavadas; una vez recogida la última muestra, estas fueron homogeneizadas en un solo recipiente, dando como resultado una muestra de 4 L en los tiempos antes mencionados con su respectiva identificación. Con el fin de evitar fugas durante la movilización, la muestra fue transportada como se establece en la GUÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL del Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico de La Paz, Bolivia.

Se tomó la medida de los parámetros como: pH, turbidez, conductividad, POR, temperatura y oxígeno disuelto en diferentes ocasiones, durante los días antes mencionados y se observó que no hay mucha variación.

3.3.2 Medición de Caudal

Para determinar el caudal se efectuó 4 repeticiones diarias en el punto de muestreo de las aguas residuales aproximadamente cada 30 minutos, para esta investigación se utilizó el método volumétrico, esta es la forma más simple de calcular el caudal con la medición directa del tiempo en que se tarde en llenar un recipiente de un volumen conocido. Mediante la siguiente fórmula.

Ecuación 2

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

Q: caudal (L/s)

V: volumen de recipiente (L)

T: tiempo de llenado (s)

Para determinar el caudal se realizó durante siete días de la semana para obtener un dato representativo, y se puede observar que los días domingo y lunes existe una variación del caudal con los restos día, debido a que, los dos días mencionados realizan ferias los habitantes de la parroquia y de otros barrios van a vender sus productos. También hay una fundación que dona alimentos a las personas ancianas los domingos por eso existe una cantidad de personas en la parroquia y existe variación del caudal.

Tabla 5*Determinación del caudal*

Día	Caula (L/s)
Lunes	2,35
Martes	1,89
Miércoles	1,54
Jueves	1,39
Viernes	1,24
Sábado	1,67
Domingo	3,02
Sumatoria	13,1
Promedio	1,8714

Nota: Caudal semanal. Elaborado por la autora, 2022

3.3.3 Turbidez

Para medir este parámetro se utilizó un turbidímetro previamente calibrado, para lo cual se colocó una muestra de 10 mL de agua residual y luego se colocó dentro de la cubeta del equipo y se pulsó la tecla "enter" para mostrar el valor.

3.3.4 pH - Temperatura – Conductividad - POR

Para graduar estos parámetros, se utilizó el medidor de pH, el electrodo pasó a situarse dentro de un recipiente con muestra de aguas residuales de 200ml y se pulsó el botón "SET/HOLD" para adquirir los valores correspondientes de pH, temperatura y conductividad, teniendo en cuenta que este equipo permite este tipo de mediciones

3.3.5 Oxígeno Disuelto

Este parámetro se determinó con el dispositivo de OD, en el que el electrodo se introdujo en un recipiente con aguas residuales de 200 ml; luego se pulsó el botón “measure ” y el valor de OD se observó en la pantalla del equipo.

3.3.6 Metodología de Análisis de Laboratorio

Las muestras recogidas de las aguas residuales de la descarga en el sistema de alcantarillado de la Parroquia Chugchilán fueron etiquetadas y enviadas al LABORATORIO - OSP de la Universidad Central del Ecuador para el análisis de fosforo total, nitritos, nitratos, coliformes fecales y coliformes totales.

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana fueron: DQO, DBO5, sólidos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, además se realizó la prueba de tratabilidad. Para lo cual se basó en la metodología aplicada de Método APHA “Standard Methods for examination of water and wastewater”.

3.3.7 Determinación de Sólidos

3.3.7.1 Sólidos Totales.

Para determinar los sólidos totales se llevó a cabo el proceso de evaporación, se tomaron tres crisoles de porcelana con un potencial de 125 ml, y los tres crisoles de porcelana vacíos se calentaron a una temperatura de 105°C en una estufa. Posteriormente se sacaron y se introdujeron en el desecador durante 20 minutos aproximadamente, hasta que se enfrió para para que se transfieran a la balanza analítica, para determinar su peso inicial. A continuación, se colocaron muestras de 100 ml de agua residual en cada uno de los tres crisoles de porcelana y se colocaron en la estufa durante por 24 horas, y luego se sacaron y se introdujeron en el desecador

durante 15 minutos, hasta que se enfríe para poder ser trasladados a la balanza analítica, para determinar su peso final.

Ecuación 3

$$ST (mg/L) = \frac{(Peso A - Peso B) * 1000}{V muestra, ml}$$

$A =$ *Peso del residuo a 105 °C + placa, [mg]*

$B =$ *Peso de la placa, [mg]*

$V =$ *Volumen de la muestra, [mL]*

3.3.7.2 Sólidos Suspendidos Totales.

Para determinar los sólidos suspendidos totales, se requiere una bomba de vacío para filtrar la muestra a través de papel de filtro. A continuación, los crisoles con el papel de filtro se colocan en una estufa a una temperatura de 105°C durante 2 horas, después se deja enfriar dentro del desecador durante media hora para continuar con su pesaje y para colocar el papel de filtro dentro del embudo de filtración y el matraz. Por último, se enciende la bomba y se vierten 100 ml de la muestra de agua residual en la hoja de papel filtrante.

Una vez que la lámina de papel filtro está seca, se procede a retirar con cuidado y se coloca dentro del crisol previamente secado. Se introduce a la estufa a una temperatura de 105°C por 1 hora el crisol y el filtro con el material retenido, luego se deja enfriar dentro del desecador durante 30 minutos para tomar el peso final, la cantidad de sólidos en suspensión se determinará con la ayuda de la siguiente fórmula:

Ecuación 4

$$ST (mg/L) = \frac{(Peso C - Peso D) * 1000}{V muestra, ml}$$

$C = \text{Peso de la capsula} + \text{papel filtro con residuo, [mg]}$

$D = \text{Peso de la capsula vacia} + \text{papel filtro, [mg]}$

$V = \text{Volumen de la muestra, [mL]}$

3.3.7.3 Sólidos Sedimentables.

Para determinar los sólidos sedimentables se colocó una muestra de agua residual de 1000 mL en un con Imhoff con ayuda de una probeta; se dejó reposar durante una hora y posterior a ello se tomó la medida de los sólidos que sedimentaron en el recipiente. La concentración se determinó con la siguiente formula:

Ecuación 5

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{\text{Volumen sedimentado (ml)}}{\text{Volumen de la muestra en el cono (L * h)}}$$

Se realiza para cada muestra recogida para generar un valor representativo.

3.3.8 DQO

Para realizar la evaluación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de la muestra de agua residual compuesta, se ha utilizado el equipo digestor de DQO y el fotómetro, además se utilizó los viales Chemical Oxygen Demand, COD MR (rango alto 20 -1500 mg/L) – HANNA. El análisis de DQO se realiza para cada muestra acumulada con sus correspondientes repeticiones.

3.3.9 DBO5

Para el análisis de DBO5 se procedió a realizar el agua de dilución con un 1mL de cada una de las siguientes sustancias, el regulador de fosfatos, pH 7.2, MgSO4, CaCl2 y FeCl3, luego se dejó airear con aireador durante media hora. Para la determinación de DBO5 se procedió a

preparar en frascos winkler con el volumen de alícuota esperado. El volumen de alícuota considerado fue de 5mL. Después se llenó el frasco con el agua de dilución hasta la mitad y se procedió a medir el oxígeno disuelto con el equipo OD. Una vez obtenido el valor se llenó el frasco winkler hasta el tope y se colocó en la incubadora a 20° C durante 5 días.

3.3.10 Pruebas de Jarras

Para este análisis se realizó la prueba de jarras, la cual permite determinar la dosis optima de coagulante-floculante, que ayudará en la clarificación y remoción de sólidos de las aguas residuales para que continúe con su proceso de tratamiento.

3.3.10.1 Materiales, Equipos y Reactivos.

En la tabla siguiente se describen los materiales, equipos y reactivos que se utilizaron para las pruebas de jarras.

Tabla 6

Detalle de materiales, equipos y reactivos a utilizar en laboratorio

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Jeringas de plástico de 10ml y 20ml	TB200 Turbidimeter - Orbeco Hellige FLOCCULATOR JAR	Solución de Sulfato de Aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃) 1% Solución de PAC
Balón aforado de 50ml y 1000ml	TEST OR MULTIPLE SPINDLE STIRRER (Prueba de Jarras)	(coagulante inorgánico a base de sal polimérica de policloruro de aluminio) 1%
Vasos de Precipitación	pH & ORP Waterproof- HANNA (pH-metro)	Solución de Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) 1M

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Bureta y equipo titulación	Balanza Analítica METTLER TOLEDO	Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) 1M
Espátula		Agua destilada

Nota: Materiales y equipo para análisis de agua residual. Elaborado por la autora, 2022

3.3.10.2 Procedimiento

Determinación de coagulante-floculante óptimo y la dosis óptima

1. Se aforo 1 L de agua residual a los 6 vasos de precipitación, se mezcló las muestras para que se homogeneicen, posteriormente se procedió a medir los parámetros de pH, turbidez, por triplicado antes de empezar con la primera corrida.
2. Una vez ya haya realizado el procedimiento anterior se procede a bajar las paletas de agitación, y se prepara 2 diferentes reactivos en los crisoles para colocar en cada jarra las diferentes dosis.
3. Se configuró la velocidad rápida a 100 rpm durante 3 minutos y si dio inicio a la corrida, en las 3 primeras jarras contenía el PAC (Coagulante inorgánico a base de sal polimérica de policloruro de aluminio) en cantidades de 0,1mg, 0.25mg, 0.5mg, los cuales representan a concentraciones de 100 ppm (g/L), 250 ppm (g/L), 500 ppm (g/L) de coagulante-floculante. De igual forma se realizó con las tres las jarras con el Sulfato de aluminio con las mismas concentraciones en las tres jarras.
4. Cuando ya finalizó la velocidad rápida se redujo la velocidad a 30 rpm durante 15 minutos, para finalmente ver la formación de flóculos.

5. Finalmente se dejó sedimentar por 30 minutos y se procedió a medir los parámetros de pH y la turbidez por triplicado.

Determinación de pH óptimo de coagulación

1. Para ajustar el pH se utilizó soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) y de ácido sulfúrico (H₂SO₄) en las 6 jarras previamente aforadas con 1 L de agua residual se procedió a variar los pH por medio de titulación. En la primera jarra el pH es 5,04 en la segunda, tercera y cuarta jarra el pH es de 7,02, 7,13 y 7,20. En la quinta y sexta jarra se subió el pH a 7,54 y 8,00.
2. Se configuró la velocidad rápida a 100 rpm durante 3 minutos y se dio inicio a la corrida, en el mismo momento se adicionó 0,25 (250 ppm) de PAC en las 6 jarras. Se realizó el mismo procedimiento para velocidad lenta, tiempo de sedimentación y medición por triplicado de los parámetros de pH y turbidez.

Determinación de velocidad rápida y tiempo óptimo de coagulación

1. En las 6 jarras se reguló a un pH de 7,95 con la solución de hidróxido de sodio
2. Para esta corrida se realizó 3 tipos de velocidades rápidas con 2 tiempos diferentes, las 2 primeras jarras con una velocidad de 150 rpm a 1 minuto y 2 minutos, la tercera y cuarta jarra para 100 rpm a 1 minuto y 2 minutos y la quinta y sexta jarra se estableció a una velocidad en 50 rpm a 1 minutos y 2 minutos.
3. A cada Jarra se añadió 0,25 mg de PAC y siguiendo con los pasos anteriores que son la velocidad lenta, calificación de flóculos, tiempo de sedimentación y medición de parámetros de pH y turbidez.

Determinación de la velocidad lenta y tiempo de floculación

1. A las 6 jarras de agua residual se ajusta el pH de 7,95, se seleccionó la velocidad rápida de 100 rpm y 2 minutos y se procede a añadir 0,25 mg de PAC.
2. Para esta corrida se realizó 3 tipos de velocidades con 2 tiempos diferentes, las 2 primeras jarras con una velocidad de 30 rpm a 10 minutos y 20 minutos, la tercera y cuarta jarra para 40 rpm a 10 minutos y 20 minutos y la quinta y sexta jarra se estableció a una velocidad en 50 rpm a 10 minutos y 20 minutos.
3. Una vez finalizada la corrida de la velocidad lenta se calificó flóculos, se dejó sedimentar por 30 minutos y se procedió a medir los parámetros de pH y la turbidez por triplicado.

Determinación del tiempo óptimo de sedimentación

A las 6 jarras de agua residual se ajusta el pH antes establecido y la velocidad rápida y la dosis optima del PAC.

A la velocidad de 40 rpm durante 10 minutos, se calificó la formación de flóculos

Para determinar el tiempo de sedimentación se realizó en 3 diferentes tiempos, que fueron de 10 minutos, 25 minutos y 30 minutos. Una vez ya haya pasado los tiempos de sedimentación se procedió a medir los parámetros de pH y la turbidez por triplicado. Una vez ya finalizado el análisis de prueba de tratabilidad se procede a realizar el proceso lodos activados para lograr la remoción máxima de la carga contaminante. Para este procedimiento se determinó el coagulante PAC que es más eficiente.

3.3.11 Lodos Activados

3.3.11.1 Procedimiento

Se llevó a cabo por medio de una pecera, se colocó 4 L de agua residual ya tratada y 1 L de lodos en el mismo instante se mezcló con un agitador hasta homogeneizar y posteriormente inicia el proceso de aireación que permitirá cumplir con la normativa

ambiental. Una vez transcurrido las 24 horas se procede a medir los parámetros de DQO, solidos sedimentables.

3.3.12 Metodología de Análisis Estadístico

Para el análisis ANOVA, se plantea como hipótesis la remoción de turbidez al utilizar dos diferentes coagulante-floculante y dosis.

$$H_0: T1 = T2 = T3 = \dots Tn$$

$$H_a: T1 \neq T2 \neq T3 \neq \dots Tn$$

Para identificar el valor de significancia si se rechaza la hipótesis nula es de 5% (0,005), al comprar con los valores obtenidos del ANOVA F es 0.001 significa que es menor a 0,05 cae en la zona de rechazo la hipótesis nula, por lo tanto, esto nos indica que la hipótesis alterna es aceptada debido a su diferencia.

Tabla 7

Tipo y dosis optima del coagulante-floculante

Coagulantes	Dosis optima de coagulante y floculante (ppm)	Turbidez	Tukey		
		Promedio (NTU)	A	B	C
Sulfato de Aluminio	100	34,12	A		
Sulfato de Aluminio	250	17,5		B	
Sulfato de Aluminio	500	16,2		B	

Coagulantes	Dosis optima de coagulante y floculante (ppm)	Turbidez (NTU)	Tukey		
			Promedio	A	B
PAC	100				
PAC	250	2,34			C
PAC	500	3,44	A		

Nota: Esta tabla presenta el tipo y dosis optima del coagulante-floculante. Elaboración por la autora, 2022

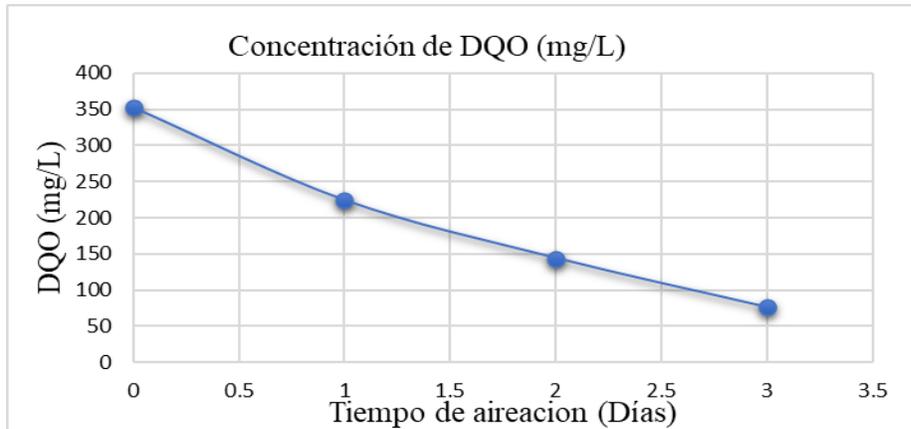
La remoción de la turbidez de las aguas residuales se hizo mucho más potente con el uso del coagulante-floculante PAC. Del mismo modo, al utilizar las diferentes dosis óptimas de coagulante-floculante se obtuvo con una diferencia, se observó que la dosis de 250 ppm de PAC es más eficaz llegando a remover 95,55 %.

Simulando los resultados del sistema de lodos activados con todas las etapas en diferentes días se obtiene lo siguiente:

En la figura 6 se puede apreciar que la DQO inicial fue de 352 mg/L y los días posteriores fueron bajando la cantidad de DQO hasta obtener una DQO final de 76 mg/L

Figura 6

Variación de la concentración de DQO con el tiempo de aireación



Nota: Esta figura presenta la disminución de concentración de DQO. Elaboración por la autora, 2022

3.4 Diseño

3.4.1 Población de Diseño

Para un diseño y funcionamiento precisos de la planta de tratamiento de aguas residuales, debe conocer la población futura del sitio asignado, para lo cual se ha calculado los parámetros siguientes:

3.4.2 Índice de Crecimiento de la Población

Utilizando los registros del INEC y la información proporcionada por el Plan de Ordenamiento Territorial, se calcula la tasa de crecimiento de la población mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 6

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} - 1$$

Donde:

i: tasa de crecimiento de la población

P_f : población final, [hab]

P_o : población inicial, [hab]

n: años transcurridos, [años]

3.4.3 Periodo de Diseño

El periodo de diseño sugiere la vida útil que podría tener la PTAR, este periodo va entre 25 y 30 años, es una información utilizada como base para los diseños de las plantas de tratamiento. Para el presente proyecto el diseño de la planta es proyectado para el año 2047.

3.4.4 Proyección de la Población

Ecuación 7

$$P_f = P_o * (1 + i)^n$$

Donde:

P_f : población final, [hab]

P_o : población inicial, [hab]

i: tasa de crecimiento de la población, [hab/año]

n: periodo de diseño, [años]

3.4.5 Caudal de Diseño

Ecuación 8

$$Q_{AR} = P_f * D * C_R$$

Donde:

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

P_f : Población futura, [habitantes]

D : Agua residual con respecto a la dotación, [m³ /hab * día]

C_R : Coeficiente de retorno de aguas residuales, [0,8]

3.5 Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residual de Lodos activados

3.5.1 Diseño de Criba

Para diseñar la criba se empleará la siguiente fórmula:

Ecuación 9

$$L = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{2}}{2 * g} \left(\frac{Q_{AR}}{c * a}\right)^2}$$

Donde:

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

L : Largo, [m]

c : Coeficiente de desgraga, [0,003]

g : gravedad, [9,81m/s²]

a: Ancho del caudal, [m]

Ecuación 10

$$A_e = L * a$$

Donde:

A_e = Área efectiva, [m³]

L = Largo, [m]

a = Ancho de caudal, [m]

Ecuación 11

$$h = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

Donde:

h : Altura, [m]

L : Largo, [m]

Ecuación 12

$$a = n * b + (n - 1)t$$

Donde:

a : Ancho del canal, [m]

b : Ancho de barras, [m]

t : Espacio entre rejillas, [m]

n: Número de barras

3.5.2 Diseño de la Trampa de Grasas

Ecuación 13

$$V_{AyG} = \frac{Q_{AR} * t_v * AyG * 2}{P_{AyG}}$$

Donde:

V_{AyG} : Volumen de trampa de grasa, [m³]

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

t_v : Tiempo de vaciado, [m³]

P_{AyG} : Densidad, [g/cm³]

Ecuación 14

$$L = \sqrt[3]{\frac{27 * V_{AyG}}{2}}$$

Donde:

L : Longitud caja grande, [m]

V_{AyG} : Volumen de trampa de grasa, [m³]

Ecuación 15

$$a = \frac{L}{2}$$

Donde:

a: Ancho de la caja grande, [m]

L: Longitud de caja grande, [m]

Ecuación 16

$$h = \frac{L}{3}$$

Donde:

h: Altura de caja grande, [m]

L: Longitud caja grande; [m]

Ecuación 17

$$L_{cp} = \frac{2 * L}{3}$$

Donde:

L_{cp}: Longitud de caja pequeña, [m]

a_{cp}: Ancho caja pequeña, [m]

h_{cp}: Altura caja pequeña; [m]

Ecuación 18

$$a_{cp} = a$$

Donde:

a_{cp}: Ancho caja pequeña, [m]

a: Ancho caja grande, [m]

Ecuación 19

$$h_{cp} = \frac{2 * h}{3}$$

Donde:

h_{cp}: Altura caja pequeña; [m]

h: Altura caja grande; [m]

3.5.3 Diseño de Sedimentador Primario

Ecuación 20

$$V_{sd} = Q_{AR} * t_R * 1,5$$

Donde:

V_{sd}: Volumen del sedimentador, [m³]

Q_{AR}: Caudal de diseño, [m³/seg]

t_R: Tiempo de retención, [hr]

Ecuación 21

$$L = 5h = 2a$$

Donde:

L: Longitud, [m]

a = Ancho, [m]

$h = \text{Altura}, [m]$

Ecuación 22

$$V_{sd} = a * L * h$$

$$V_{sd} = \frac{L}{2} * L * \frac{L}{5}$$

$$V_{sd} = \frac{L^3}{10}$$

$$L = \sqrt[3]{10 * V_{sd}}$$

Donde:

V_{sd} : Volumen del sedimentador, $[m^3]$

L : Longitud, $[m]$

Ecuación 23

$$a = \frac{L}{2}$$

Donde:

a : Ancho, $[m]$

L : Longitud, $[m]$

Ecuación 23

$$h = \frac{L}{5}$$

Donde:

h: Altura, [m]

L: Longitud, [m]

Ecuación 24

$$m = L * \tan\theta$$

Donde:

m: Altura de la tolva, [m]

L: Longitud, [m]

tanθ: Ángulo de inclinación, [grados]

Ecuación 25

$$V_{sd} = \frac{a * m * L}{3}$$

Donde:

V_{tolva}: Volumen piramidal de la tolva, [m³]

a: Ancho, [m]

m: Altura de tolva, [m]

L = Longitud, [m]

Ecuación 26

$$Q_s = Q_L * S_{sed}$$

Donde:

Q_s : Caudal que contiene sólidos, [m^3 /día]

Q_L : Caudal de diseño, [m^3 /s]

S_{sed} : Cantidad de sólidos, [mL/L]

Ecuación 27

$$t_v = \frac{V_{tolva}}{Q_s}$$

Donde:

t_s : Tiempo de vaciado, [m]

V_{tolva} : Volumen piramidal de la tolva, [m^3]

Q_s : Caudal que contiene sólidos, [m^3 /día]

3.5.4 Diseño de Sedimentador Secundario

Ecuación 28

$$A_{sd} = \frac{Q_{AR}}{\left(\frac{Q_{pm}}{A}\right)}$$

Donde:

A_{sd} : Área del sedimentador para caudal promedio, [m^2]

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m^3 /seg]

Q_{pm}/A : Carga superficial promedio, [m/día]

Ecuación 29

$$Q_{pc} = (2 + 1) * Q_{AR}$$

Donde:

Q_{pc} : Caudal pico del afluente al sedimentador secundario, [m³/día]

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

Ecuación 30

$$A_{sdp} = \frac{Q_{pc}}{\left(\frac{Q_{pc}}{A}\right)}$$

Donde:

A_{sdp} : Área del sedimentador para caudal pico, [m²]

Q_{pc}/A : Caudal superficial, [m/día]

Q_{pc} : Caudal pico del efluente al sedimentador secundario, [m³/día]

Ecuación 31

$$Q_{Fps} = Q_{pc} * X$$

Donde:

Q_{Fps} : Flujo pico de sólidos, [kg/día]

Q_{pc} : Caudal pico del efluente al sedimentador secundario, [m³/día]

X : Concentración de SSV, [mg/L]

Ecuación 32

$$A = \frac{Q_{Fps}}{C_{ps}}$$

Donde:

A : Área de sedimentación por carga de sólidos, [m²]

Q_{Fps} : Flujo pico de sólidos, [kg/día]

C_{ps} : Carga pico de sólidos, [kg/díam²]

Ecuación 33

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{4 * A_{sdp}}{\pi}}$$

Donde:

ϕ_1 : Diámetro del cilindro, [m]

A_{sdp} : Área de sedimentador para caudal pico, [m²]

Ecuación 34

$$V = A_{sdp} * h$$

Donde:

V : Volumen del sedimentador, [m³]

A_{sdp} : Área de sedimentador para caudal pico, [m²]

h : Profundidad cilindro, [m]

Ecuación 35

$$C_v = \frac{Q_{pc} * 1000}{\pi * \phi * 86400}$$

Donde:

C_v : Carga de rebose, [L/sm]

Q_{pc} : Caudal pico del efluente al sedimentador secundario, [m³/día]

ϕ_1 : Diámetro de la tolva, [m]

Ecuación 36

$$\theta = \frac{V_{total} * 24}{Q_{AR}}$$

Donde:

θ : Tiempo de retención, [hr]

V_{total} : Volumen de sedimentador. [m³]

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

3.5.5 Diseño de Tanque de Cloración

Ecuación 37

$$V = Q_{AR} * t_R$$

Donde:

V : Volumen de tanque de cloración, [m³]

Q_{AR} : Caudal de diseño, [m³/seg]

t_R : *Tiempo de retención, [min]*

3.5.6 *Diseño de Tanque de Aireación*

Ecuación 38

$$V = \frac{Y * Q_{AR} * \theta_c * (S_o - S_e)}{X(1 + k_d * \theta_c)}$$

Donde:

V : *Volumen de tanque de cloración, [m³]*

Y : *Coficiente de produccion de crecimiento o relacion de masa, [mgSSV/mgDQO]*

Q_{AR} : *Caudal de diseño, [m³/seg]*

θ_c : *Tiempo de retención celular, [día]*

S_o : *Concentracion del afluente, [mgDQO/L]*

S_e : *Concentracion del efluente, [mgDQO/L]*

X : *Concentracion de biomasa en el reactor, [mgSSV/L]*

k_d : *Coficiente de declinación endógena, [dia⁻¹]*

Ecuación 39

$$L = \sqrt[3]{6 * V}$$

L : *Longitud, [m]*

V : *Volumen de tanque de cloración, [m³]*

Ecuación 40

$$a = \frac{L}{2}$$

L: Longitud, [m]

a: Ancho, [m]

Ecuación 41

$$h = \frac{L}{3}$$

h: Altura, [m]

L: Longitud, [m]

Ecuación 42

$$t_R = \frac{V}{Q_{AR}}$$

t_R: Tiempo de retención, [día]

V: Volumen de tanque de cloración, [m³]

Q_{AR}: Caudal de diseño, [m³/seg]

3.6 Estudio de Sostenibilidad

3.6.1 Análisis Social

Para poder realizar el presente proyecto se socializo con GAD Parroquial Rural Chugchilán con el objetivo de dar a conocer la propuesta del proyecto de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales, la cual fue aceptada por el GAD Parroquial. Para ejecutar el proyecto se tomó la información de Plan de Ordenamiento Territorial de GAD Chugchilán.

La socialización se llevó a cabo con la ayuda de una encuesta de cinco preguntas para examinar el punto de vista de la parroquia sobre las aguas residuales, y con funcionarios del GAD Parroquial, dando a conocer los datos importantes del proyecto y también se mencionó que la implementación de la PTAR será de beneficio para todos los habitantes de la zona.

3.6.2 Análisis Técnico

El área de suelo para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales es de aproximadamente $405,22 m^2$ la cual será ubicada de acuerdo al espacio disponible en la Parroquia. Dentro de los cargos se distingue el costo de la nivelación topográfica debido a que el terreno es un poco irregular o accidentado con pendientes.

Figura 7

Obras preliminares

MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.08	REPLANTEO Y NIVELACION CON EQUIPO TOPOGRÁFICO	m2	57.83	1.69	97.73
4.0102	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	2.16	10.35	22.36
4.0202	RELLENO COMPACTO	m3	5.70	6.64	37.85
3.0602	DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA CARGADA MANUAL	m3	40.00	11.87	474.80
Total					632,74

Nota: Presupuesto para el movimiento de tierra. Elaborado por la autora, 2022

3.6.3 Análisis Económico

El costo de la implementación de la Planta de tratamiento de aguas residuales se determinó en base al volumen de construcción, en el cual se empleó precios referenciales que fueron obtenidos de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EMAPS - Quito).

3.6.3.1 Costos Aproximados de la Propuesta de Implementación.

Los valores indicados en la tabla 8 son el precio total de la instalación de tratamiento, que incluye un canal de entrada, rejillas, trampa de grasas, tanque de sedimentación primaria, sedimentador secundario, tanque de cloración, tanque de aireación y lecho de secado. Los costos establecidos de construcción pueden variar dependiendo del tipo de materiales, maquinaria, mano de obra entre otros factores. A continuación, se detallan los costos de cada uno de los procesos de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados en la zona de Chugchilán.

Tabla 8

Presupuesto para la ejecución de la Planta

Unidad de Tratamiento	Costo USD/m3	Volumen de estructura USD/m3	Costo referencial (USD)
Canal de ingreso	145,98	0,50	72,99
Trampa de grasas	145,98	2,22	311,59
Sedimentador primario	145,98	7,15	1043,75
Sedimentador secundario	145,98	11,22	1637,89
Tanque de cloración	145,98	2,02	294,87
Tanque de aireador	145,98	21,02	3068,49

Unidad de Tratamiento	Costo USD/m3	Volumen de estructura USD/m3	Costo referencial (USD)
Lecho de secado	145,98	1,76	256,96
Total			6686,54

Nota: Tabla de presupuestos. Elaborado por la autora, 2022

Tabla 9

Costo de adquisición de equipos

Unidad	Equipo	Costo unitario (USD)	Costo referencial (USD)
2	Blower 5 HP	1200	2400
27	Aireadores	60	1620
1	Bomba sumergible	3900	3900
Total			7920

Nota: Tabla de costo de operación. Elaborado por la autora, 2022

3.6.3.2 Costo de Operación y Mantenimiento.

Los costos de operación y mantenimiento dependerá de muchos factores, los cuales son de gran importancia debido a que garantizan un buen funcionamiento de la planta.

El tiempo es un factor muy importante que influye en lo que es el costos, ya que el mantenimiento y operación pueden ser diarias, semanales o mensuales para el buen funcionamiento de la PTAR.

Para asegurar un mantenimiento adecuado y evitar gastos innecesarios es recomendable realizar inspecciones en los sistemas para que los problemas presentados sean corregidos inmediatamente.

3.6.3.3 Costo del Tratamiento.

Para calcular el costo del tratamiento se aplicó la siguiente fórmula en base al caudal y la dosis óptima de coagulante determinada en la prueba de tratabilidad, con un costo de 0,84 \$/kg valor determinado por un proveedor local.

Para calcular el valor del remedio, se implementaron los siguientes componentes basados totalmente en la carga de flotación y la dosis óptima de coagulante determinada dentro de la comprobación de la tratabilidad, con un coste de cero,ochenta y cuatro dólares/kg determinado a través de un proveedor local.

Se empleó la solución de PAC (coagulante inorgánico a base de sal polimérica de policloruro de aluminio) 1% por su fácil obtención y su bajo costo, además de ser efectivo en el proceso de coagulación.

Ecuación 43

$$C = Q_d * D_c * \$ \text{coagulante} * \frac{86400}{1\text{día}} * \frac{1\text{kg}}{1 * 10^6\text{mg}}$$

$C = \text{costo } (\$/\text{día})$

$Q_d = \text{caudal de diseño } (L/s)$

$D_c = \text{dosis coagulante } (mg/L)$

$\$ \text{coagulante} = \text{costo del coagulante } (\$/kg)$

$$C = 3,49 L/s * 250 * \$ 0,84 * \frac{86400}{1\text{día}} * \frac{1\text{kg}}{1 * 10^6\text{mg}} = 63,32$$

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.2 Parámetros In Situ

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los valores medidos de los parámetros in situ, laboratorio.

Tabla 10

Resultados de los análisis in situ

	Hora	pH	T (°C)	POR (mV)	Conductividad (uS/cm)	Turbidez NTU	OD (mg/L)
Alícuota 1	05:00 am	6,94	14,2	76,75	670	121	0,10
Alícuota 2	06:00 am	7,23	15,4	62,3	778	76	0,13
Alícuota 3	07:00 am	7,10	14,7	-2,76	869	83	0,24
Alícuota 4	08:00 am	7,07	13,89	2,94	935	158	1,04
Promedio		7.08	14.54	34,80	813	109.5	0,37

Nota: Tabla de los resultados de los parámetros físicos. Elaborado por la autora, 2022

4.3 Resultados en Laboratorio

4.3.1 Parámetros Físicos

Tabla 11

Resultados de los análisis físicos

	ST (mg/L)	SST (mg/L)	SSed (mL/L)
Muestra 1	240,8	134,4	14
Muestra 2	179,2	222,4	15

	ST (mg/L)	SST (mg/L)	SSed (mL/L)
Muestra 3	167,2	53,6	12
Promedio	123,73	136,80	41

Nota: Resultados de los análisis de parámetro físicos Elaborado por la autora, 2022

4.3.2 Parámetros Químicos

Los resultados de los parámetros químicos y biológicos fueron entregados por parte del LABORATORIO -OSP de la Universidad Central del Ecuador, a continuación, se detalla en la siguiente tabla

Tabla 12

Resultados de los análisis químicos

Parámetros	Unidad	Resultados
DQO	mg/L	352
DBO5	mg/L	172

Nota: Detalle de los resultados de los parámetros químicos. Elaborado por la autora, 2022

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Nitrito NO ₂ -	mg/L	8,4	M-GO-AM-17/APHA 4500-P B y C MODIFICADO/ COLORIMÉTRICO
Nitrato NO ₃ -	mg/L	<0,2	M-GO-AM-43/APHA 4500-NO ₃ -B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA
Fosforo total P	mg/L	<0,010	M-GO-AM 81/COLORIMETRICO / ESPECTROFOTOMETRICO

Fuente: Adaptado de Informe de laboratorio de microbiología, Universidad Central del Ecuador

Los parámetros de DBO5 y DQO es importante para conocer la calidad de agua, ya que el resultado de la relación de DBO5 y DQO permite conocer el índice de biodegradabilidad. Los resultados de Nitrito NO₂⁻, Nitrato NO₃⁻, Fosforo total P es necesario para los microorganismos.

4.3.3 Parámetros Biológicos

Tabla 13

Resultados de los análisis biológicos

Parámetros	Unidad	Resultados	Método
Coliformes totales	NMP/100 mL	9,2 * 10 ⁷	M-GO-MI-12/SM 9221-B MODIFICADO
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2,4 * 10 ⁷	M-GO-MI-12/SM 9221-B MODIFICADO

Fuente: Adaptado de Informe de laboratorio de microbiología, Universidad Central del Ecuador.

4.3.4 Resultados de la Prueba de Tratabilidad

Tabla 14

Resultados de la prueba de tratabilidad antes y después de su tratamiento

Coagulante- floculante	pH	Turbidez (NTU)	Ph	Turbidez (NTU)	%Remoción
0,1	5,04	83	7,94	34,12	58,89
0,25	7,02	76,5	7,94	17,5	77,12
0,5	7,013	121	7,94	16,2	86,61
0,1	7,20	45,76	7,94	7,36	83,91

Coagulante- floculante	pH	Turbidez (NTU)	pH	Turbidez (NTU)	%Remoción
0,25	7,54	49	7,94	2,34	95,51
0,5	8,00	47,61	7,94	3,44	92,77

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción es importante tomar los valores de turbiedad antes y después del tratamiento.

Ecuación 44

$$\%E. Remoción = \frac{Turbiedad\ inicial - Turbiedad\ final}{Turbiedad\ inicial} * 100$$

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de la tratabilidad, fue posible establecer la dosis de coagulante PAC de 0,25 mg/L como la mejor llegando a remover el 95,55% de la turbidez.

4.3.5 Resultados de los Lodos Activados

Tabla 15

Resultados de los lodos activados

Parámetros	Día 1
DQO (mg/L)	224
SSed (ml/L)	23
Turbidez	3,22
pH	7,6
Parámetro	Día 2
DQO (mg/L)	114

SSed (ml/L)	18
Turbidez	3,02
pH	7,4
Parámetros	Día 3
DQO (mg/L)	76
SSed (ml/L)	15
Turbidez	2,34
pH	7,3

Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.3.6 Biodegradabilidad de Agua Residual

Tabla 16

Índice de biodegradabilidad de agua residual

DBO5/DQO	Biodegradabilidad de agua residual
< 0,2	Poca biodegradabilidad
0,2 – 0,4	Biodegradabilidad
> 0,4	Muy biodegradabilidad

Nota: Elaborado por la autora, 2022

En este caso el valor de porcentaje de remoción es 0,46 lo que permite concluir que las aguas residuales de origen domiciliario de la parroquia Chugchilán son notablemente biodegradables y pueden ser tratadas por proceso biológico.

4.4 Resultado de Dimensionamiento de la PTAR

La parroquia Chugchilán tiene un el índice de crecimiento de 0,0231 y se obtuvo la población futura de 5038 habitantes para el año 2047, con lo cual se determinó el caudal de diseño de 302,33 m^3/dia . Con este caudal se procede a dimensionar las unidades de la Planta de tratamiento de aguas residuales.

4.4.1 Dimensionamiento de Canal de Ingreso

El canal de ingreso a la Planta de tratamiento de aguas residuales

Tabla 17

Dimensionamiento del canal de ingreso

Descripción	Abreviatura	Valor
Ancho del canal (m)	b	0,50
Alto del canal (m)	h	0,51
Longitud del canal (m)	L	1,50

Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.2 Dimensionamiento de la Criba

La criba permite retener materiales de diferentes tamaños para no afectar la operación de los demás tratamientos. En la Tabla 18 se detallan las dimensiones correspondientes a la criba.

Tabla 18

Dimensionamiento de la criba

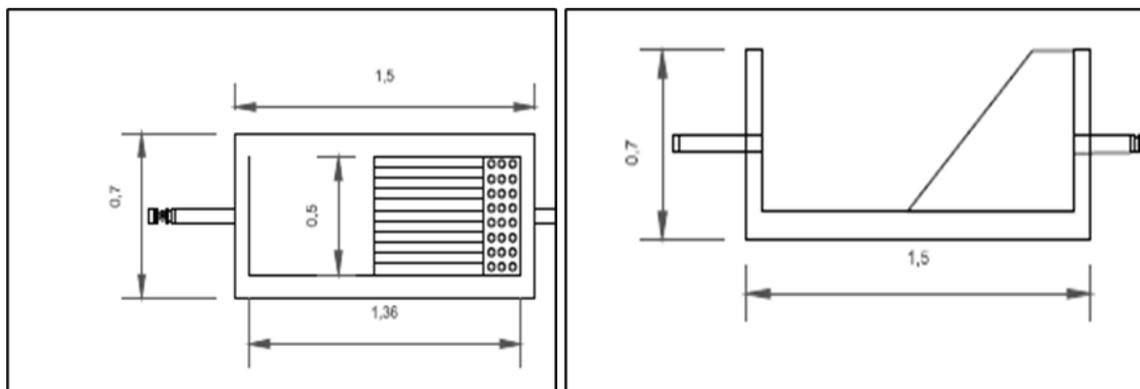
Descripción	Abreviatura	Valor
Ancho (m)	A	0,50
Altura (m)	H	0,51

Descripción	Abreviatura	Valor
Largo (m)	L	0,73
Área efectiva (m ²)	A _e	0,36
Número de barras (-)	N	11

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 8

Criba



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.3 Dimensionamiento de la Trampa de Grasa

A continuación, se diseñó la trampa de grasas para homogeneizar el agua y mantener un ambiente adecuado para el siguiente tratamiento. En la Tabla 19 se detallan las dimensiones de la trampa de grasas.

Tabla 19

Dimensionamiento de la trampa de grasa

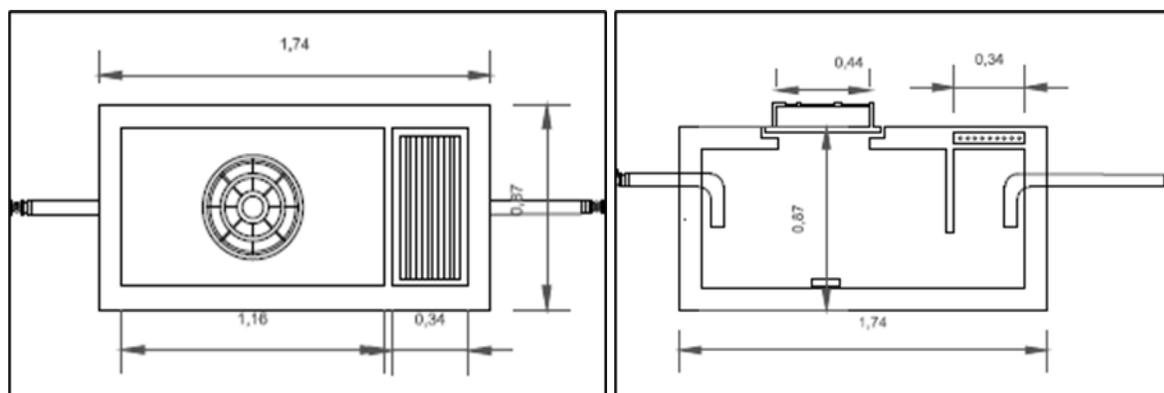
Descripción	Abreviatura	Valor
Ancho caja grande (m)	a	0,87

Descripción	Abreviatura	Valor
Altura caja grande (m)	h	0,58
Longitud caja grande (m)	L	1,74
Ancho caja pequeña (m)	a_{cp}	0,87
Altura caja pequeña (m)	h_{cp}	0,38
Longitud caja pequeña (m)	L_{cp}	1,16

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 9

Trampa de grasa



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.4 Dimensionamiento del Sedimentador Primario

Luego de la trampa de grasas es necesario implementar un sedimentador primario, para lo cual se tomó en cuenta las características del agua y la proyección del caudal. En la Tabla 20 se presentan las dimensiones.

Tabla 20

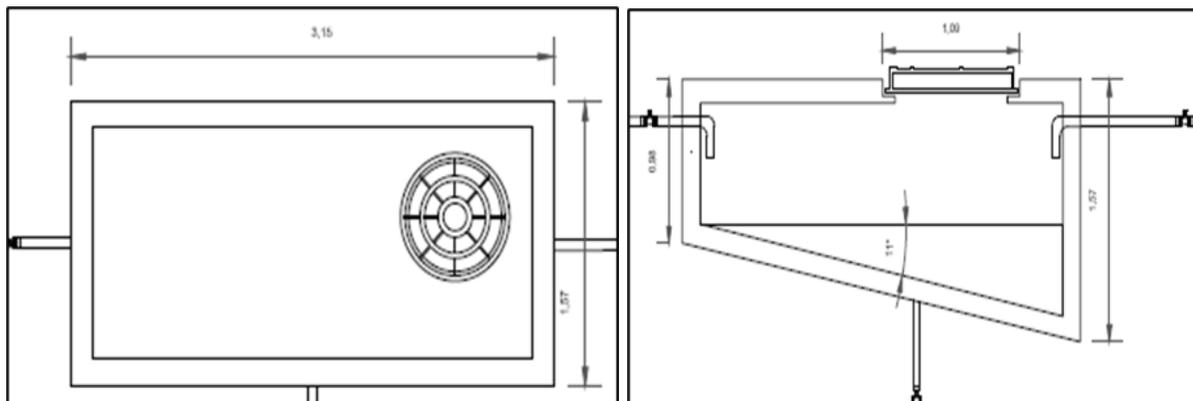
Dimensionamiento del sedimentador primario

Descripción	Abreviatura	Valor
Ancho (m)	A	1,57
Altura (m)	H	0,63
Largo (m)	L	3,15
Volumen de sedimentador m ³	V_{sd}	3,14
Altura de tolva (m)	M	0,55
Volumen piramidal de la tolva m ³	V_{tolva}	0,92
Tiempo de vaciado (días)	t_v	18,50

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 10

Sedimentador primario



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.5 Dimensionamiento del Sistema de Aireador

Tabla 21

Dimensionamiento del sistema de aireador

Descripción	Valor
Consumo de oxígeno (kg/m ³)	1064,22
Suministro de aire requerido (m ³ /dia)	2681,84
Numero de blowers (-)	7
Numero de aireadores (-)	27
Potencia (Pw)	174,58

Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.6 Dimensionamiento del Tanque de Aireación

En la tabla 21 se detallan las dimensiones correspondientes al tanque de aireación.

Tabla 22

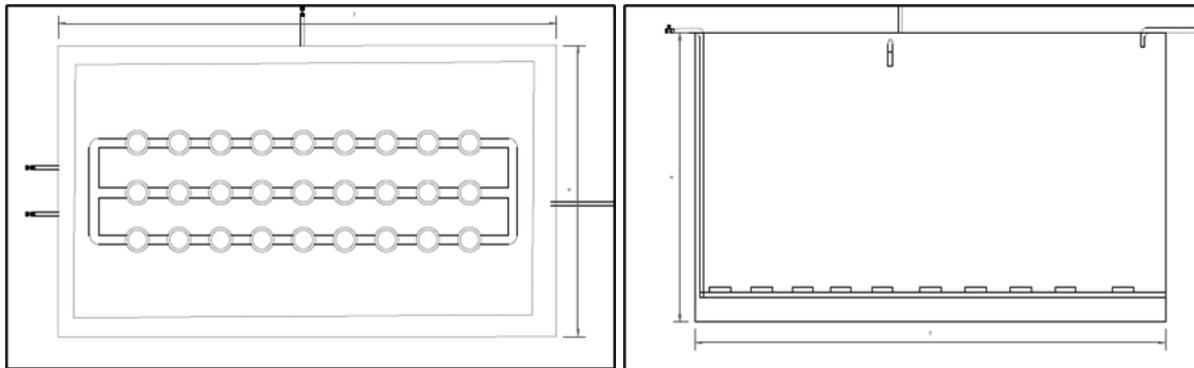
Dimensionamiento del tanque aireación

Descripción	Abreviatura	Valor
Largo (m)	L	8,04
Ancho (m)	a	4,03
Altura (m)	h	3,16
Volumen (m ³)	V	90,10
Lado de tolva (m)	m	3,19
Tiempo de retención (h)	T_r	7

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 11

Tanque de aireación



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.7 Dimensionamiento del Sedimentador Secundario

Para el diseño del sedimentador secundario o también conocido como tanque de clarificación se tomó en cuenta que se debe separar los lodos del agua residual del tanque de aireación.

Tabla 23

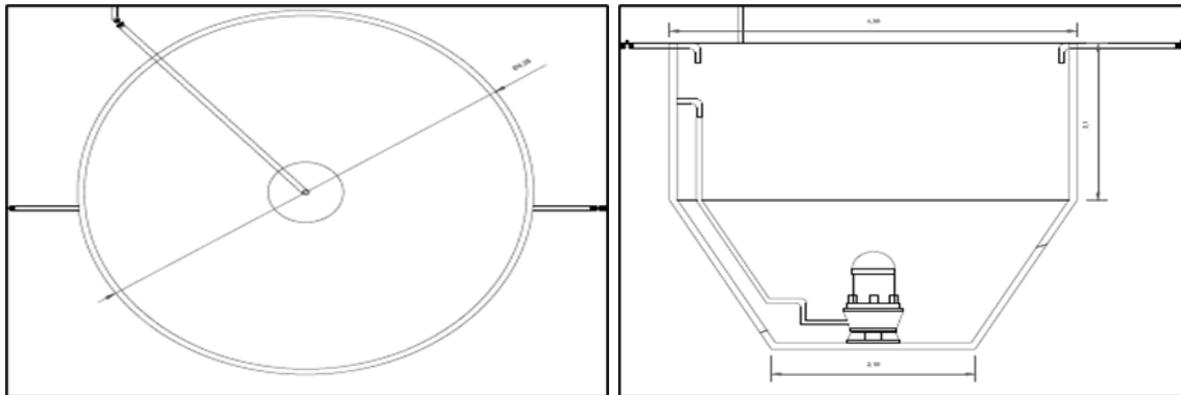
Dimensionamiento del sedimentador secundario

Descripción	Abreviatura	Valor
Altura (m)	h	2,10
Diámetro de cilindro (m)	Ø1	4,38
Volumen del sedimentador (m ³)	V	45,35
Tiempo de retención (h)	Θ	3,6

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 12

Sedimentador secundario



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.8 Dimensionamiento del Tanque de Cloración

A continuación, se diseña un tanque de cloración que es importante para eliminar los organismos patógenos del agua residual. En la Tabla 23 se presentan las dimensiones.

Tabla 24

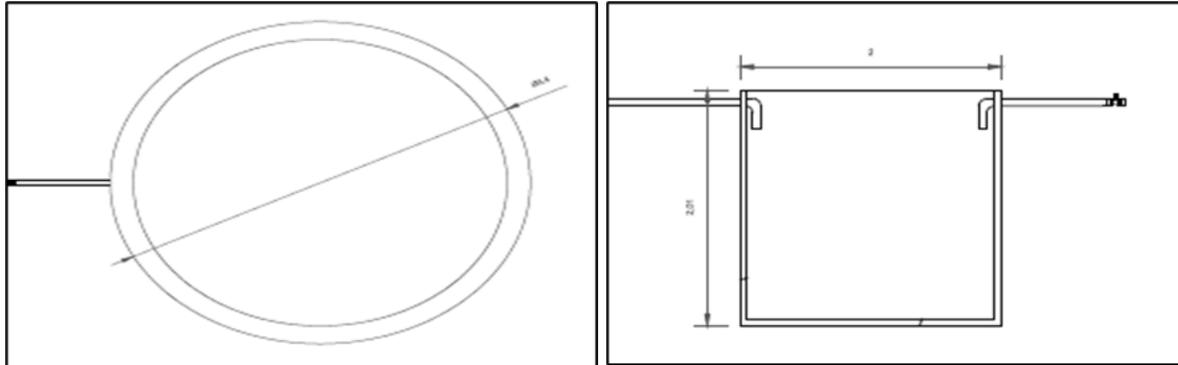
Dimensionamiento del tanque de cloración

Descripción	Abreviatura	Valor
Altura de cilindro (m)	H	2,01
Diámetro de cilindro (m ³)	Ø	2,00
Volumen de tanque de cloración (V)	V	6,34
Tiempo de retención (min)	t_R	30

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 13

Tanque de cloración



Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.9 Cantidad de Cloro

Tabla 25

Cantidad de cloro

Descripción	Abreviatura	Valor
Cantidad de cloro (mg/L)	C_t	5,59

Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.10 Dimensionamiento de Lecho de Secado de Lodos

En el lecho de secado cuya función principal es la deshidratación de los lodos provenientes del sedimentador primario y secundario mediante radiación solar. Estos sólidos pueden ser reutilizado como compost.

Tabla 26

Lecho de secado de lodos

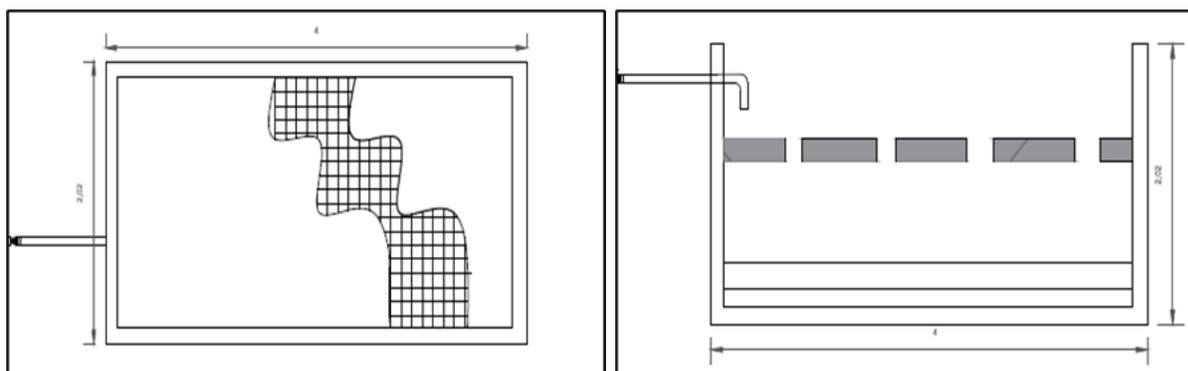
Descripción	Abreviatura	Valor
Largo (m)	L	4,01

Descripción	Abreviatura	Valor
Ancho (m)	a	2,02
Altura (m)	h	0,51
Capa de arena (m)	V	0,30
Capa de grava (m)	M	0,45

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Figura 14

Lecho de secado



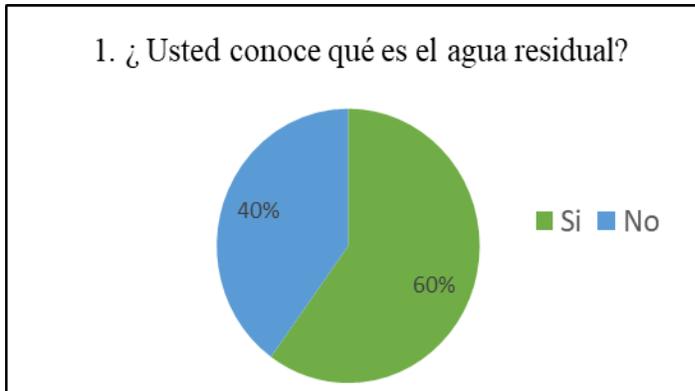
Nota: Elaborado por la autora, 2022

4.4.11 Resultados de Análisis Social

A continuación, se presenta los resultados y el análisis correspondiente de las encuestas realizadas a los habitantes de parroquia Chugchilán.

Figura 15

Interpretación de la pregunta N° 1

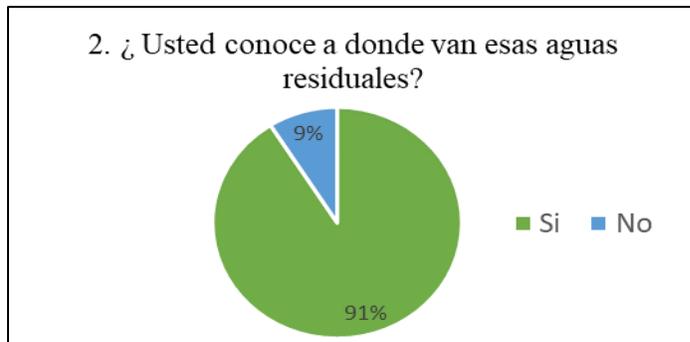


Nota: Elaborado por la autora, 2022

De las personas encuestadas, algunos ciudadanos al agua residual también se les conoce como aguas sucias o servidas, se tuvo como resultados positivos el 40% y negativos de 60% la cual nos indica que los habitantes de la parroquia Chughchilán desconocen el este tema y al mismo tiempo también hay personas que si conocen el tema.

Figura 16

Interpretación de la pregunta N° 2

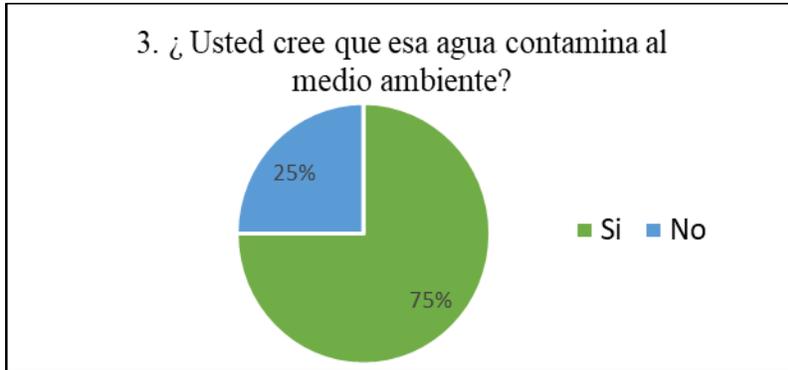


Nota: Elaborado por la autora, 2022

En la pregunta número 2, se tuvo como resultado el 91% conocen la disposición final de las aguas servidas, mientras que el 9% desconoce. En la parroquia Chugchilán realizan mingas comunitarias, por ende, los ciudadanos mencionan que el agua está descargando al suelo.

Figura 17

Interpretación de la pregunta N° 3

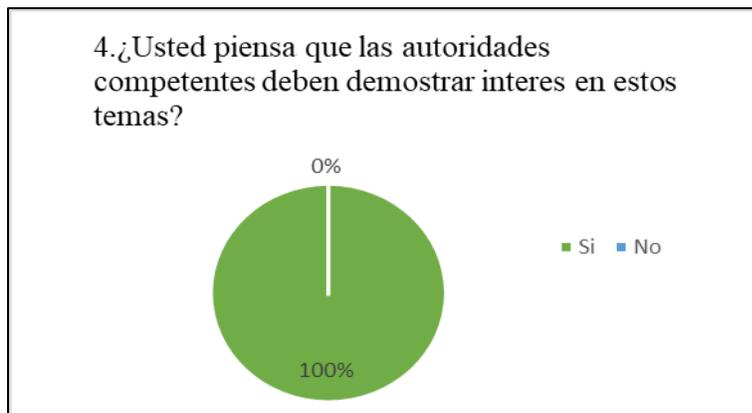


Nota: Elaborado por la autora, 2022

El 75% de los encuestados indican que conocen la contaminación que provoca las aguas residuales descargas al suelo, el 25% desconocen de los daños que provocan las aguas residuales.

Figura 18

Interpretación de la pregunta N° 4

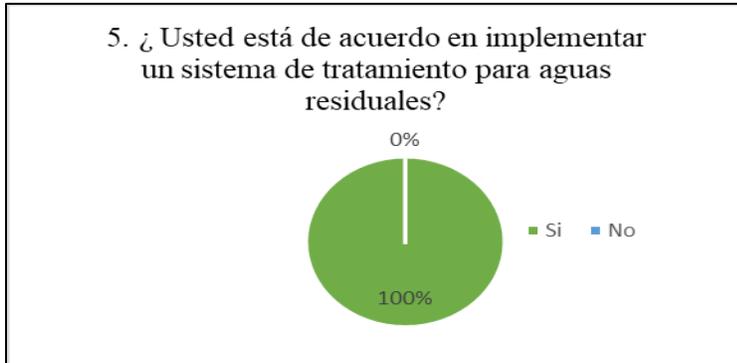


Nota: Elaborado por la autora, 2022

El 100% de los encuestados está de acuerdo que las autoridades competentes pongan interés en estos temas ya que es importante para las futuras generaciones y prevenir contaminación al suelo ya que los encuestados indican que también afecta a sus cultivos.

Figura 19

Interpretación de la pregunta N° 5



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Todos los encuestados están de acuerdo en tratar las aguas residuales a través de la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, también indican que con el sistema evitará la contaminación.

Con las preguntas propuestas, se evidenció que la Parroquia de Chugchilán está de acuerdo en poner en marcha estructuras de tratamiento de aguas residuales, porque será útil para su parroquia y para la salud.

4.5 Discusión

En la Parroquia Chugchilán el diseño de la PTAR es con un caudal de 3,49 L/s. Esta agua no pasa por ningún tratamiento previo antes de su descarga; por lo tanto, hay efectos negativos debido a que el efluente se descarga inmediatamente en las regiones de cultivo, la vida vegetal, la fauna y la población cercana.

Para llevar a cabo el diseño de un Sistema de tratamiento de aguas residuales, se caracterizaron las muestras adquiridas en la Parroquia de Chugchilán, entre ellos se determinaron los parámetros de DQO 352 mg/L, DBO5 172 mg/L, Coliformes Fecales de $2,4 * 10^7$, Coliformes Totales de $9,2 * 10^7$, Sólidos Suspendidos 136,80 mg/L, Sólidos Sedimentables 13,33 mg/L, Nitrito NO₂ - 8,4 mg/L, Nitrato NO₃ - <0,2 mg/L, y Fosforo total P <0,010 mg/L, estos valores se puede encontrar en las tablas 10 - 13. Estos resultados fueron comparados con el Acuerdo Ministerial No. 097-A REFORMA DEL LIBRO VI DE LA TULSMA (Descarga al sistema de alcantarillado público), y se evidenció que los parámetros analizados están dentro de la normativa. Por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesta para la Parroquia Chugchilán corresponde al método de lodos activados que consta de: canal de ingreso, criba, sedimentador primario, trampa de grasa, sistema de aireación, sedimentador secundario, cloración, lechos de secado de lodos, es el tratamiento más adecuado para las aguas residuales domésticas, porque tiene un sistema de aireación que permite aumentar la concentración de los microorganismo los cuales degradan la materia orgánica, como demuestra en la tabla 14 la DQO inicial fue de 352 mg/L y disminuyó a 76 mg/L, se obtuvo añadiendo los lodos al agua residual y sometiendo a aireación, comparando con el autor (Castillo Borges y otros, 2011) en esta investigación de Castillo obtuvieron una remoción de 82,3% , por ende, demuestra que el agua residual doméstica es factible para este tipo de tratamiento.

Mediante las pruebas de jarras, se buscó definir el mejor coagulante, para iniciar con la identificación de la dosis óptima, pH, la velocidad para disminuir la turbidez de las muestras de agua residual. Se utilizó dos tipos de coagulantes como el PAC y el Sulfato de Aluminio, bajo diferentes dosis, con las 4 repeticiones. Al finalizar el proceso se determinó que el PAC a 250 (ppm) en 1 L de aguas residuales; con un pH de 7,95; con una velocidad de coagulación-

floculación. Comprando con los resultados de (Anisley Amador y otros, 2015) en esta investigación indica que la aplicación de tratamiento físico, químico en los lodos es mejor eficiente en términos de remoción de contaminantes.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados en base a la proyección de la población futura de Chugchilán para el año 2047 con un caudal de $302,33 \text{ m}^3/\text{dia}$ para una población de 2847 habitantes y con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio. Así diseñar un sistema viable que cumpla con los límites permisibles establecidos en la normativa vigente para que el sistema de tratamiento tenga una vida útil adecuada.

Mediante la caracterización físicas, químicas y microbiológicas se determinaron parámetros como: pH, Turbidez, Conductividad, Temperatura, Oxígeno disuelto, POR, DBO5, DQO, Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Nitrito NO_2^- , Nitrato NO_3^- , Fosforo total P, los cuales al ser comparado con los límites permisibles al ser comparado con el Acuerdo Ministerial N° 097-A REFORMA LIBRO VI DEL TULSMA (Descarga al sistema de alcantarillado público), se observa que el agua está en condiciones aptas para su descarga.

De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización, prueba de tratabilidad y el cálculo de índice de biodegradabilidad se puede elegir el tratamiento más adecuado a este tipo de agua residual. Al obtener los parámetros de DQO, DBO5 del agua residual, mediante la relación de $\text{DBO5}/\text{DQO}$ se tiene un valor de 0,46 la cual indica que el agua es muy degradable y se puede realizar un tratamiento biológico según el índice de biodegradabilidad, por ende, es factible implementar el sistema de tratamiento de los lodos activados que consta de: canal de ingreso, criba, sedimentador primario, trampa de grasa, sistema de aireación, sedimentador secundario, cloración, lechos de secado de lodos.

Por medio del análisis social a través de la encuesta se determinó que la propuesta de la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es aceptada en Chugchilán, ya que le dan importancia como comunidad, porque el agua que descarga directamente a la flora y fauna presenta efectos negativos y eso preocupa a los habitantes por que utilizan el agua como abrevadero de sus propios animales y para sus cultivos.

5.2 Recomendaciones

Antes de la construcción de la planta de tratamiento se debe realizar un levantamiento topográfico para la correcta ubicación de las estructuras con la tecnología de los lodos activados.

Una vez ya implementada la planta de tratamiento de aguas residuales se debe realizar mantenimientos continuos de las estructuras para evitar daños futuros en cualquiera de sus unidades y asegurar el funcionamiento adecuado.

Los lodos obtenidos luego del secado deben ser caracterizado para su destino final al ser una zona rural se puede utilizar como compost.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo 097A. (2015). [*Ministerio del Ambiente*]. *Reforma del texto unificado de legislación.Registro Oficial N°387.*
- Acuerdo N° 061. (2015). [*Ministerio del Ambiente*]. *Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria.*
- Allazo Roman, C., Truenque Saénz, L. G., & Silvera Bendezú, M. V. (2017). *Ontención de agua pra riego mediante el sistema de lodos activados continuos en la planta piloto de FIARN-UNAC.* [Tesis de grado, Univerisdad Nacional del Callao].Repositorio UNICP. http://209.45.55.171/bitstream/handle/20.500.12952/3242/Allazo%20Roman%2c%20Truenque%20Saenz%20y%20Silvera%20Bendezu_TITULO%20AMBIENTAL_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anisley Amador, D., Eliet Veliz, L., & Mayra Bataller, V. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>
- Arocutipa Lorenzo, J. H. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia.* [Tesis de Pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. Repositorio digital. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa_Lorenzo_Juan_Hipolito.pdf?sequence=1
- Caballero Arbizú, Y. S. (2021). Fluctuaciones del pH, alcalinidad, oxígeno disuelto y nutriente en Cayos Miskitos, municipio de Puerto Cabezas, Región Autónoma del Atlántico Norte

- (RAAN). *Revista Torreón Universitario*, 10(29(2021)), 154-165.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/rtu.v10i29.12743>
- Castillo Borges , E. R., Lizama Solís , C. E., Méndez Novelo , R. I., García Sosa , J., Espadas Solís , A., & Pat Canul , R. (2011). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas por el proceso de lodos activados. *Ingeniería*, 13(3), 157- 165.
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46721167002.pdf>
- Cisneros , V. (2016). *Evaluacion del impacto social y económico en las comunidades de Quilotoa y Chugchilán, por el programa de capacitación turística realizada por el ministerio de turismo en el año 2011*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio Institucional.
http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/15873/61085_1.pdf
- Codigo Orgánico del Ambiente. (2017). *Ley 0*. Registro Oficial Suplemento 983.
- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. (S. d. Naturales, Ed.)
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgapds-29.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Decreto Legislativo*. Registro Oficial 499:
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Cuatis Chavez, L. N. (2018). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) por lodos activados en el municipio de Soatá Boyacá*. [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería]. Archivo digital.
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22826>

- Enriquez Colimba, L. (2017). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Parrouia de Santiago de Calpi-Cantón Riobamba-Provincia de Chimborazo. [Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Química] Repositorio Institucional. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4764/1/96T00322%20UDCTFC.pdf>
- Galeano Nieto, L. J., & Rojas Ibarra, V. D. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Velez -Santander*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISEÑO%20DE%20UNA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUA%20RESIDUAL%20POR%20ZANJÓN%20DE%20OXIDACIÓN%20PARA%20EL%20CASCO%20URBANO%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>
- IPDICC. (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala.
- Lazcano Carreño, C. A. (2016). *Biología ambiental de aguas y aguas residuales* (Ecoe Segunda ed.). Marcos Universidad Nacional Mayor de San.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua. (2014). *Segundo Suplemento*. Registro Oficial N° 305: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu165480.pdf>
- Ley Orgánica de Salud. (2006). *Ley 67*. Registro Oficial Suplemento 423: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- Lozano, W. A. (2012). *FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES*.

https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenos_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales#pf18

Maldonado Yactayo, V. (2006). *Sedimentación Manual I: Teoría*.
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/siete.pdf>

Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingenierías de aguas residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Tercera Edición, Volumen 1 y 2, Editorial Mc. Graw Hill.

Metcalf, & Eddy. (1998). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización* (Vol. I). (A. G. Brage, Ed.) Madrid España: Mc Graw Hill India.

Mora, B. F. (2015). *Plan de Ordenamiento de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
<https://docplayer.es/53192533-San-miguel-de-chugchilan.html>

Quiajia Molina, F. O. (2015). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de Veracruz, Canton Pastaza, Provincia de Pastaza*. [Tesis pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15201>

Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales* (Academic Press, Inc. (LONDON) LTD. ed.). Reverté, S. A.

Romero Rojas , J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño* (Vol. III). (Tercera, Ed.) Escuela Colombiana Ingeniería.

Romero Rojas , J. A. (2018). *Aguas residuales industriales* (Primera ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Romero Rojas, J. A. (2016). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (Tercera ed., Vol. III). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Seoáñez Calvo, M. (2012). *Manual de las aguas industriales* (Primera ed.). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.L.
- SIAPA. (2016). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Valencia López, A. E. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - Provincia de Chimborazo*. Repositorio Institucional, [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Chimborazo]. Repositorio Institucional.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3118>
- Yamelit, A. A. (2014). *Microbiología de lodos activados* (Vol. 4). Hechos Microbiológicos. Universidad de Antioquia: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/view/21093>

7 ANEXOS

Anexo 1

Toma de muestra de agua residual



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 2

Muestra de agua residual envasado para su conservación



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 3

Materiales utilizados en el análisis de laboratorio



Nota: Elaborador por la autora, 2022

Anexo 4

Determinación de valores de DQO



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 5

Determinación de los sólidos sedimentables



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 6

Prueba de tratabilidad a escala laboratorio



Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 7

Formulario de preguntas

ENCUESTA	
La presente encuesta es para conocer la realidad de la Parroquia Chugchilán en cuánto al tratamiento de Aguas Residuales	
1. ¿Usted conoce qué es el agua residual?	 Si No
2. ¿Usted conoce a donde van esas aguas residuales?	 Si No
3. ¿Usted cree que esa agua contamina al medio ambiente?	 Si No
4. ¿Usted piensa que las autoridades competentes deben demostrar interés en estos temas?	 Si No
5. ¿Usted cree es necesario implementar un sistema de tratamiento para esas aguas residuales?	 Si No

Nota: Elaborado por la autora, 2022

Anexo 8

Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

ÁREA DE MICROBIOLOGÍA
INFORME DE RESULTADOS

INF. No. 2022-0150-2

SOLICITADO POR: ³	AYALA MILLINGALLI SONIA MARISOL
DIRECCIÓN DEL CLIENTE: ³	PICHINCHA QUITOMARISCAL SUCRE Y AV. MALDONADO
MUESTRA DE: ³	AGUA
DESCRIPCIÓN: ³	AGUAS SERVIDAS CHUGOBLAN
LOTE: ³	-----
FECHA DE ELABORACIÓN: ³	-----
FECHA DE VENCIMIENTO: ³	11/05/2022
FECHA DE RECEPCIÓN:	10H33
HORA DE RECEPCIÓN:	11/05/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	17/05/2022
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	
COLOR:	CARACTERÍSTICO
OLOR:	CARACTERÍSTICO
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	200 ml
OBSERVACIONES:	LOS RESULTADOS QUE CONSTAN EN EL PRESENTE INFORME SE REFIEREN A LA MUESTRA ENTREGADA POR EL CLIENTE AL OSP.
MUESTREO POR:	EL CLIENTE

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
ÍNDICE DE COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	9,2 X 10 ⁷	M-GO-M6-12/ISM 9221-B MODIFICADO
ÍNDICE DE COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	2,4 X 10 ⁷	M-GO-M6-12/ISM 9221-E MODIFICADO

DATOS ADICIONALES:
NMP/100ml: Número más probable por 100 mililitro

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° SAE LEN 04-092, LABORATORIO DE ENSAYOS

"Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"*



1 x 11

B.F. DARWIN ROLDÁN ROBLES – MSc.
RESPONSABLE AREA MICROBIOLOGIA

R-GO-01-17

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Salazar - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15,18,21,31,33
Teléfono: 3216740 - Email: osp@uce.edu.ec

Anexo 9

Resultado de Laboratorio



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS
ÁREA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF.N°: 2022-0150-1

SOLICITADO POR*	MARLA MILINGALLI SONIA MARISOL		
DIRECCIÓN DEL CLIENTE*	PICHINCHA / QUITO / MANRIQUELA SUÑES Y AV. MALDONADO		
MUESTRA DE*	AGUA		
DESCRIPCIÓN*	AGUAS SERVIDAS CUGCHILAN		
FECHA DE RECEPCIÓN:	11/05/2022	HORA DE RECEPCIÓN:	09:43
FECHA DE ANÁLISIS:	DEL 11/05/2022 AL 14/05/2022		
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	11/05/2022		
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			
CARACTERÍSTICA:	TURBIA	ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	2 L		
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al DSP.		

INFORME				
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODOS	INCERTIDUMBRE %
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,4	M-GO-00-17/APHA 4500-P B y C MODIFICADO/ COLORIMÉTRICO	10,2
NITRATO (N-NO ₃)	mg/L	<0,2	M-GO-00-48/APHA 4500-NO ₃ -B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMÉTRICO	-
NITRITO (N-NO ₂)	mg/L	<0,00	M-GO-00-81/COLORIMÉTRICO / ESPECTROFOTOMÉTRICO	-

8. DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD:



Comité de Acreditación Ecuador

Acreditación N° SAE LEM 04.002, LABORATORIO DE ENSAYOS

Las unidades mencionadas con () se aplican únicamente en el momento de la acreditación del SAE*



1 / 1

B.F. ALICIA CEPA
RESPONSABLE DEL AREA DE AMBIENTAL

Dirección: Francisco Urbina y 4 de febrero, Quito, Ecuador. Teléfonos: 2602 262 / 2602 498, ext. 20, 26, 21, 81, 80
 Teléfono: 0262762 - E-mail: jmg.msp@ucel.edu.ec

R-GO-00-17

Anexo 10

Esquema general de la planta de tratamiento de aguas residuales

