

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOMASA EN SUSPENSIÓN PARA LAS
AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROSUCCIONADOR
DE LA E.P-EMAPA-G**

Autor: GARCIA CULQUI CRISTINA LOURDES

Tutor: Ing. IVÁN RÍOS, PhD.

Riobamba - Ecuador

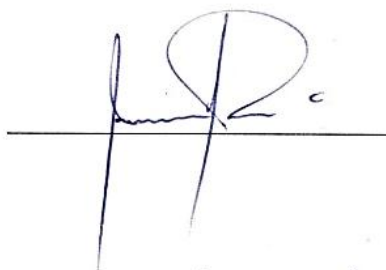
Año 2018

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOMASA EN SUSPENSIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA E.P-EMAPA-G”**. Presentado por: Cristina Lourdes García Culqui y dirigida por: Ing. Iván Ríos.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Iván Ríos
Tutor del proyecto

Handwritten signature of Iván Ríos in black ink, written over a horizontal line.

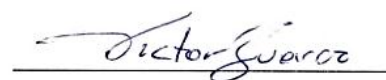
Dra. Ana Mejía
Miembro de tribunal

Handwritten signature of Ana Mejía in black ink, written over a horizontal line.

Ing. María Fernanda Rivera
Miembro de tribunal

Handwritten signature of María Fernanda Rivera in black ink, written over a horizontal line.

Ing. Víctor Suarez
Delegado del Sr. Decano

Handwritten signature of Víctor Suarez in black ink, written over a horizontal line.

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de INGENIERA AMBIENTAL. Con el tema “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOMASA EN SUSPENSIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA E.P-EMAPA-G”, ha sido elaborada por: CRISTINA LOURDES GARCÍA CULQUI, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apta para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Ing. Iván Ríos
Tutor del proyecto

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Cristina Lourdes García Culqui, estudiante de Ingeniería Ambiental soy responsable de la información, ideas, resultados y propuesta realizada en la presente investigación, sin alterar el patrimonio intelectual de la Universidad Nacional de Chimborazo



Cristina García C.

C.I. 020200399-2

AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por darme salud, vida y la constancia necesaria para seguir adelante cada día.

A mis padres Wilfrido García y Virginia Culqui por darme su apoyo incondicional para poder superarme diariamente y que con su amor siempre tuvieron palabras de ánimo hacia mí. A mi hermana Mariuxi por estar siempre a mi lado y ser mi mejor amiga. A mi primo Andrés que ha estado ahí para mí apoyándome constantemente y mis abuelitos. Gracias por tanto.

A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda que me abrieron sus puertas para poder realizar mi investigación, en especial al Ing. Raúl Allán, quien con sus conocimientos supo guiarme en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a los que fueron mis docentes y que en cada semestre supieron dar lo mejor para que sus alumnos seamos buenos profesionales. A mi tutor Ing. Iván Ríos y a mis miembros de tribunal Dra. Anita Mejía y Fernanda Rivera por ayudarme a culminar con mi proyecto de investigación.

A mis amigos que se han convertido en mi segunda familia y siempre han estado junto a mí en los buenos y malos momentos.

Cristina García C.

DEDICATORIA

A mi familia, Virginia y Mariuxi quienes son mi fortaleza para seguir adelante.
Con gran amor a mi papi Wilfrido García que en paz descansa.

Cristina García C.

ÍNDICE

	RESUMEN.....	1
1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	5
2.1	OBJETIVO GENERAL	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3.	MARCO TEÓRICO	6
3.1	Aguas residuales.....	6
3.2	Aguas residuales urbanas	6
3.3	Problemática de las aguas residuales urbanas	6
3.4	Efectos negativos de las aguas residuales urbanas	7
3.5	Características de las aguas residuales urbanas.....	8
3.6	Sistemas de alcantarillado	10
3.7	Clasificación de los alcantarillados	10
3.8	Fosas sépticas	11
3.9	Sumideros	12
3.10	Equipo Hidrosuccionador Vaccon, modelo V-310	12
3.11	Sistemas mediante reactores aeróbicos	12
3.12	Lodo residual	14
3.13	Clasificación de los lodos.....	15
4.	METODOLOGÍA.....	16
4.1	Encargado de la Gestión.....	16
4.2	Localización	16
4.3	Técnicas de Recolección de datos	16
4.3.1	Método de muestreo	16
4.3.2	Medición de caudal.....	17
4.3.3	Caracterización físico-química y biológica.....	17
4.3.4	Pruebas de tratabilidad para el agua residual	19
4.3.5	Dimensionamiento del sistema de biomasa en suspensión	20
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1	Medición del caudal.....	21

5.2	Caracterización Física, Química y Biológica del Agua Residual.....	22
5.3	Pruebas de tratabilidad	23
5.4	Dimensionamiento del sistema de tratamiento biomasa en suspensión .	25
5.4.1	Esquema propuesto para el tratamiento del agua residual recolectada por el hidrosuccionador	28
5.5	Disposición final de los lodos	28
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
6.1	Conclusiones	30
6.2	Recomendaciones	31
7.	BIBLIOGRAFÍA	32
8.	ANEXOS	36
8.1	ANEXO 1. CÁLCULOS	36
8.1.1	CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA	36
8.1.2	CÁLCULO DEL CAUDAL	37
8.1.3	CANAL DE ENTRADA.....	39
8.1.4	REJILLAS.....	39
8.1.5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO (Cilindro vertical).....	40
8.1.6	TRAMPA DE GRASAS	42
8.1.7	REACTOR BIOLÓGICO	44
8.1.8	SEDIMENTADOR CIRCULAR (15,3 m ³).....	50
8.1.9	FILTRO (15 m ³).....	54
8.1.10	TANQUE DE DESINFECCIÓN	60
8.1.11	LECHO DE SECADO	63
8.2	ANEXO 2. EFICIENCIA DE CADA PROCESO	67
8.3	ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	69
8.4	ANEXO 4. MAPAS	75
8.5	ANEXO 5. PLANOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica bruta.....	8
Tabla 2. Descripción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos	17
Tabla 3. Registro mensual del Volumen Recogido de Agua Residual por el Hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G	21
Tabla 4. Resultado de la caracterización del agua residual. Tabla límites permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce.....	23
Tabla 5. Porcentajes de remoción en cada proceso del sistema de tratamiento de biomasa en suspensión.	24
Tabla 6. Parámetros de agua residual y tratada del hidrosuccionador	24
Tabla 7. Parámetros de diseño para en canal de entrada.....	26
Tabla 8. Parámetros de diseño para las rejillas	26
Tabla 9. Parámetros de diseño para el tanque de almacenamiento	26
Tabla 10. Parámetros de diseño para la trampa de grasas.....	26
Tabla 11. Parámetros de diseño para el reactor biológico	27
Tabla 12. Parámetros de diseño para el sedimentador circular	27
Tabla 13. Parámetros de diseño para el filtro.....	27
Tabla 14. Parámetros de diseño para el tanque de desinfección	27
Tabla 15. Parámetros de diseño para el lecho de secado	28
Tabla 16. Resultado de la caracterización del lodo.....	29
Tabla 17. Proyección de habitantes hasta el año 2033.....	37
Tabla 18. Cálculo del caudal.....	37
Tabla 19. Parámetros de diseño para el canal de entrada.....	39
Tabla 20. Criterios de diseño para las rejillas	40
Tabla 21. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	42
Tabla 22. Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados ..	44
Tabla 23. Tipo de bomba	49
Tabla 24. Tipos de aireadores	49
Tabla 25. Información típica de diseño para decantadores secundarios	50
Tabla 26. Características físicas de los filtros de medio granular de uso común..	54
Tabla 27. Datos típicos para el proyecto de filtros de medio único.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

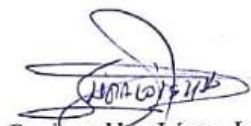
Figura 1. Prototipo de la planta de tratamiento	20
Figura 2. Esquema propuesto para el tratamiento del agua residual recolectada por el hidrosuccionador	28
Figura 3. Volumen mensual recolectado por el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G	38
Figura 5. Resultados del análisis del agua residual.....	69
Figura 6. Resultados del análisis del agua tratada.....	70
Figura 7. Resultado de los análisis de lodos residuales	71
Figura 8. Resultado de los análisis de lodos tratados.....	71
Figura 9. Resultados de los análisis del agua residual (E.P-EMAPA-G)	73
Figura 10. Promedio de los resultados de los análisis del agua residual - agua tratada.....	74
Figura 11. Parroquias rurales donde opera el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G	75
Figura 12. Puntos de recolección de muestras en el cantón Guaranda	76

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es proponer el diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador las cuales son tomadas de fosas sépticas y sumideros del cantón Guaranda y sus alrededores, realizados por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (E.P-EMAPA-G) para lo cual se caracterizó el agua residual durante 5 meses y se realizó pruebas de tratabilidad optando por un sistema de lodos activados. Los porcentajes de remoción en la planta piloto para los contaminantes DBO₅, DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales fueron: 99,27 %, 99,24 %, 78,81 %, 97,50 %, 99,98%, respectivamente. Demostrándose que con este tratamiento se reduce notablemente los contaminantes encontrados, cumpliendo con la normativa dispuesta en el Acuerdo Ministerial 097 A. Posteriormente se dimensionó el sistema de tratamiento que comprende: canal de entrada de 3 m de largo, un desbaste con 35 rejillas, tanque de almacenamiento (13,3 m³), trampa de grasas (5,5 m³), reactor biológico (33 m³), sedimentador (26,6 m³), filtro de antracita (3,7 m³), cámara de cloro (0,30 m³) y lecho de secado (7,5 m³), también se analizó los lodos los cuales por su gran contenido de materia orgánica se propone la reutilización como abono para sus propias instalaciones.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to propose the design of a treatment system for wastewater collected by the hydrosuccionator which are taken from septic tanks and drains of the Guaranda town and its surroundings, carried out by the Municipal Public Water and Sewerage Company of Guaranda (EP-EMAPA-G) for which the residual water was characterized during 5 months and treatability tests were carried out opting for an activated sludge system. The percentages of removal in the pilot plant for the DBO5, DQO, oils and fats, total suspended solids and fecal coliform contaminants were: 99.27%, 99.24%, 78.81%, 97.50%, 99.98 %, respectively. Demonstrating that this treatment significantly reduces the contaminants found, complying with the regulations laid down in Ministerial Agreement 097 A. Subsequently, the treatment system was sized, comprising: 3 m long inlet channel, a 35 grit slab, tank storage (13.3 m3), grease trap (5.5 m3), biological reactor (33 m3), settler (26.6 m3), anthracite filter (3.7 m3), chlorine chamber (0, 30 m3) and drying bed (7.5 m3), the sludge was also analyzed, which due to its high content of organic matter is proposed to be reused as fertilizer for its own facilities.



Reviewed by: López, Ligia

LANGUAGE CENTER TEACHER



1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y las mejoras que se dan cada día en la actividad comercial del Cantón Guaranda y sus alrededores, han provocado que se genere un incremento en la cantidad de residuos sólidos arrojados a las vías, tomando en cuenta además los cambios climatológicos que provocan el arrastre de los mismos y el taponamiento de alcantarillas, sumado a esto varios sectores del cantón Guaranda no cuentan con sistemas de alcantarillado por lo que la E.P-EMAPA-G con su vehículo hidrosuccionador de capacidad 7,64 m³ lo utiliza en la limpieza de sumideros, fosas sépticas y cajas domiciliarias, estas aguas residuales generalmente eran desalojadas en el río Guaranda y en quebradas cercanas, aumentando la contaminación de este efluente y por ende propagación de malos olores y patógenos.

Actualmente los lodos y agua residual se están arrojando en la antigua planta de tratamiento de Guaranda pero no se está dando un adecuado tratamiento a los mismos por lo que llegan a presentar un problema tanto al ambiente como a la salud pública, además de tener amonestaciones y sanciones por parte de Ministerio del Ambiente, siendo que los residuos también son recolectados de cantones aledaños y parroquias rurales del cantón Guaranda. La E.P – EMAPA-G al ser responsable de la administración, planificación, diseño, construcción, control, operación y mantenimiento de los sistemas para producción, distribución y comercialización de agua potable; así como de la conducción, regulación y disposición final de las aguas residuales de la ciudad, debe consecuentemente preservar la salud de los habitantes, el entorno ecológico, contribuir con el mantenimiento de las fuentes hídricas del cantón Guaranda y obtener una rentabilidad social, es por esta razón que es necesario darle un adecuado tratamiento a estas aguas residuales con el propósito de reducir los contaminantes de estos residuos a fin de alcanzar niveles permisibles que minimicen los impactos ambientales y salvaguardar la salud de la población.

Por esta razón la empresa adquirió el vehículo hidrosuccionador marca Vaccon, modelo V-310 que se utiliza en el mantenimiento, limpieza y reparación del sistema

de alcantarillado, con el fin de evitar taponamientos, accidentes y contaminación ambiental; pero en la actualidad E.P-EMAPA-G carece de un Sistema de Tratamiento para los residuos recolectados por el vehículo mencionado por lo que se realizó el diseño de un sistema de biomasa en suspensión ya que estos estabilizan la materia orgánica presente en el agua residual además tienen buena resistencia a cargas elevadas de contaminantes por lo que resultan una de las opciones más usadas para el tratamiento de aguas residuales.

La realización de este proyecto de investigación es factible porque en el sistema de tratamiento propuesto se evidencia la remoción de los contaminantes en la etapa final del proceso cumpliendo con los límites permisibles para la descarga a los cuerpos de agua dulce estipulados la Tabla 9 del Acuerdo Ministerial 097 A, publicado en el registro oficial edición especial N° 387 del 4 de Noviembre del 2015.

Esta investigación cuenta con el aval de la E.P. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, la misma que apoya a esta tesis con recursos económicos, técnicos y humanos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de biomasa en suspensión para las aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización física, química y biológica al agua residual recolectada por el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G
- Efectuar pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para determinar el porcentaje de remoción de contaminantes.
- Dimensionar una planta de tratamiento de biomasa en suspensión para las aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G.
- Proponer una disposición final para los lodos generados de las aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Aguas residuales

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (Blazquez & Montero, 2010, pág. 6). Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. (Blazquez & Montero, 2010)

3.2 Aguas residuales urbanas

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. (Blazquez & Montero, 2010, pág. 6)

3.3 Problemática de las aguas residuales urbanas

Es un hecho que el vertido de aguas residuales sin depurar ocasiona daños, en ocasiones irreversibles, al medio ambiente, afectando tanto a ecosistemas acuáticos como riparios. Por otro lado, el vertido de aguas residuales no tratadas supone riesgos para la salud pública, como podemos comprobar a diario a través de los medios de comunicación. Es por esto por lo que es preciso el tratamiento de estas aguas antes de su vertido. (Alianza por el agua, 2006)

3.4 Efectos negativos de las aguas residuales urbanas

El vertido de aguas residuales urbanas sin depurar ejerce sobre los cauces receptores toda una serie de efectos negativos, de entre los que cabe destacar:

- **Aparición de fangos y flotantes:** La fracción sedimentable de los sólidos en suspensión origina sedimentos en el fondo de los cauces. Además, la fracción no sedimentable da lugar a la acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie y/o en las orillas de los cauces receptores formando capas de flotantes. Los depósitos de fangos y flotantes no sólo son provocan un desagradable impacto visual, sino que, debido al carácter reductor de la materia orgánica, se puede llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas y originar el desprendimiento de malos olores. (Alianza por el agua, 2006)
- **Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas:** Los componentes de las aguas residuales fácilmente oxidables comenzarán a ser degradados vía aerobia por la flora bacteriana de las aguas del cauce, con el consiguiente consumo de parte del oxígeno disuelto en la masa líquida. Si este consumo es excesivo, el contenido en oxígeno disuelto descenderá por debajo de los valores mínimos necesarios para el desarrollo de la vida acuática. Consumido el oxígeno disponible, los procesos de degradación vía anaerobia generarán olores desagradables. (Alianza por el agua, 2006)
- **Aportes excesivos de nutrientes:** Las aguas residuales contienen nutrientes (N y P principalmente) causantes del crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en los cauces receptores (eutrofización). Este crecimiento excesivo de biomasa puede llegar a impedir el empleo de estas aguas para usos domésticos e industriales. (Alianza por el agua, 2006)
- **Daños a la salud pública:** Los vertidos de aguas residuales sin tratar a cauces públicos pueden fomentar la propagación de organismos patógenos para el ser humano (virus, bacterias, protozoos). Entre las enfermedades que pueden propagarse a través de las aguas contaminadas por los vertidos de aguas residuales urbanas, destacan: el cólera, la disentería y la hepatitis A. (Alianza por el agua, 2006)

3.5 Características de las aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas se caracterizan por su composición física, química y biológica, apareciendo una interrelación entre muchos de los parámetros que integran dicha composición. A la hora de realizar una adecuada gestión de dichas aguas, se hace imprescindible el disponer de una información lo más detallada posible sobre su naturaleza y características. (CENTA, ITC, 2006) . En la tabla 1 se muestran las principales características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales urbanas.

Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica bruta

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1200	720	350
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	350	220	100
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	465	80
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20°C (DBO ₅)	mg/l	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoníaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfato	mg/l	50	35	20
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50

Coliformes totales	n.º/100ml	10 ⁷ - 10 ⁹	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	ug/l	<400	100-400	<100

Fuente: (METCALF & EDDY, INC. , 1995)

Realizado por: (García, 2018)

Características del agua residual bruta

La temperatura de las aguas residuales oscila entre 10-20°C (15°C). Además de las cargas contaminantes en materias en suspensión y materias orgánicas. Las aguas residuales contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), cloruros, detergentes, etc. cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son: (Ingeniería de aguas residuales , 2012, pág. 11)

- N amoniacal: 3-10 gr/hab/d
- N total: 6.5-13 gr/hab/d
- P (PO₄)³: 4-8 gr/hab/d
- Detergentes: 7-12 gr/hab/d

Parámetros para cuantificar los contaminantes en aguas residuales

Los parámetros más frecuentes que sirven para cuantificar los contaminantes presentes en las aguas residuales son los siguientes:

Aceites y grasas: El contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente. (Alianza por el agua, 2006)

Sólidos en Suspensión.- Se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 µm). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables. (Alianza por el agua, 2006)

Sustancias con requerimiento de oxígeno.- Para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:

- El análisis DBO₅ (demanda biológica o bioquímica de oxígeno).- Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo (cinco días) se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables. (Alianza por el agua, 2006, pág. 22)
- El análisis DQO (demanda química de oxígeno) es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes. (Alianza por el agua, 2006, pág. 22)

La relación $\frac{DBO_5}{DQO}$ indica la biodegradabilidad en las aguas residuales urbanas:

- $\geq 0,4$ Aguas muy biodegradables
- 0,2 - 0,4 Aguas biodegradables
- $\leq 0,2$ Aguas poco biodegradables.

3.6 Sistemas de alcantarillado

Se denomina al sistema de estructuras y tuberías usadas para la evacuación de aguas residuales. Esta agua pueden ser albañales (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se disponen o tratan. (EcuRed, 2017)

3.7 Clasificación de los alcantarillados

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conducen:

- **Alcantarillado Sanitario:** Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias. (SIAPA, 2014)

- **Alcantarillado pluvial:** Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales. (SIAPA, 2014)
- **Alcantarillado combinado:** Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración. (SIAPA, 2014)
- **Alcantarillado semi-combinado:** Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área ó conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se consideran excedencias y que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales. (SIAPA, 2014)

3.8 Fosas sépticas

Es uno de los más útiles y satisfactorios procedimientos hidráulicos de evacuación de excretas y otros residuos líquidos procedentes de viviendas individuales, pequeños grupos de casas o instituciones situadas en zonas rurales donde no llegan los sistemas de alcantarillado. (Castro & Perez, 2009).

Consiste en un depósito de sedimentación cubierto, en el que la alcantarilla de la vivienda o edificio vierte directamente las excretas. El proceso que se desarrolla en el interior de la fosa séptica constituye el tratamiento primario de los residuos brutos, y el que se efectúa en la zona de evacuación es el tratamiento secundario; cualquier agua residual, incluso la procedente de baños y cocinas, puede enviarse a la fosa séptica sin riesgo de alterar su funcionamiento normal. (Castro & Perez, 2009)

3.9 Sumideros

El Sumidero es un hoyo cuadrado que varía de 50 centímetros a 1 metro por lado, dependiendo casi siempre del tipo de suelo, este a su vez hay que llenarlo con piedras grandes y pequeñas, dejando espacios para que se filtre el agua y no se rebalse el hoyo.

Las ventajas de utilizar sumideros son las siguientes: económico y fácil de hacer, el mantenimiento es mínimo, pueden construirse cerca de las viviendas, evita la contaminación y elimina los criaderos de zancudos y mosquitos. (Castro & Perez, 2009)

3.10 Equipo Hidrosuccionador Vaccon, modelo V-310

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP-EMAPAG) adquirió, mediante un préstamo del Banco del Estado (BEDE), un vehículo hidrosuccionador marca Vaccon, modelo V-310. (El Telégrafo, 2013)

El automotor cuenta con un equipo de video portátil que permitirá monitorear el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbe en su interior. En tanto, el equipo hidrosuccionador se utilizará en el mantenimiento, limpieza y reparación del sistema de alcantarillado (sumideros, pozos, tubería, cajas domiciliarias, etc.), con el fin de evitar taponamientos, accidentes y contaminación ambiental. (El Telégrafo, 2013)

3.11 Sistemas mediante reactores aeróbicos

Los sistemas aeróbicos de tratamiento de aguas residuales, aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento, en presencia de oxígeno, que actuará como aceptor de electrones en el proceso de oxidación de la materia orgánica. (Condorchem envitech, 2017).

Esta particularidad conlleva unos rendimientos energéticos elevados y una importante generación de fangos, consecuencia del alto crecimiento de las bacterias en condiciones aeróbicas. (Condorchem envitech, 2017)

Sistema de biomasa suspendida (lodos activados)

La biomasa crece libre o en suspensión en el interior del biorreactor, produciendo la formación de flóculos. (Condorchem envitech, 2017). En el proceso básico, el agua residual llega a un tanque o reactor, donde partículas floculantes de microorganismos entran en contacto con los componentes orgánicos del agua residual. Al contenido del reactor se le denomina licor mezclado. En el reactor biológico se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. El licor mezclado se hace sedimentar para recircular una proporción determinada de lodos al tanque de aireación. La finalidad de este retorno, es mantener una concentración suficiente de lodo activado (como sólidos suspendidos volátiles, SSV) en el tanque de aireación, de modo que pueda obtenerse el grado requerido de tratamiento en el intervalo de tiempo deseado. El retorno del lodo desde el clarificador secundario hasta la entrada del reactor biológico es la característica esencial del proceso. Para mantener constante el nivel de sólidos suspendidos del licor mezclado (SSLM) y el tiempo promedio de retención de los lodos (retención celular), es preciso eliminar cierta cantidad de lodos desde el fondo del clarificador secundario (purga), que requieren de un manejo, tratamiento y disposición final especial. (HC Ingenieros SAS, 2014)

Las operaciones y procesos unitarios que pueden estar presentes en un sistema de tratamiento biológico convencional son:

- **Pretratamiento:** Debe realizarse por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento. (Orozco, 2005)

- **Sedimentador primario:** Llamados así para distinguirlos de los secundarios que acompañan al tratamiento biológico, la decantación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso es mayor que el del agua. (MENDOZA COLIMBA, 2015)
- **Reactor biológico:** Está equipado de aireadores para suministrar el oxígeno a las bacterias que colonizan la biomasa. Los 2 procesos más extendidos para suministrar el aire son por una parte los aireadores de superficie y por otra parte los difusores de aire dispuestos sobre el fondo del tanque. (Charpentier, 2014, pág. 12)
- **Sedimentador secundario:** En esta unidad se lleva a cabo el proceso de sedimentación de los sólidos en suspensión provenientes del reactor biológico. Pueden ser de forma circular. (CEA , 2013, pág. 113)
- **Recirculación de lodos:** Elemento clave ya que este sistema se encarga de devolver al tanque de aireación una parte de los sedimentos para mantener la concentración de microorganismos alta. Mientras, el resto de lodos, considerados ya residuos, son distribuidos paralelamente para su tratamiento. (Pabón, S. L., & Suárez Gélvez, J. H. , 2009)
- **Purga de lodos:** Se deben retirar con regularidad del sedimentador secundario para evitar la acumulación y envejecimiento, ya que se corre el riesgo de arrastre y/o generación de gases (CEA , 2013, pág. 155)

3.12 Lodo residual

Lodo residual es el residuo sólido, semisólido o líquido que se genera por el tratamiento de las aguas residuales. Su composición depende principalmente de las características del agua residual afluyente y del proceso de tratamiento utilizado en la planta que lo genera. Uno de los problemas para el uso y manejo de los lodos es su alto contenido de patógenos, por lo que se requiere su estabilización (reducción de microorganismos patógenos). (Donado, 2013), después del cual se disponen sobre el terreno, aplicándose principalmente en:

- Terrenos de uso agrícola.

- Terrenos de uso forestal.
- Terrenos deforestados (recuperación de canteras).
- Terrenos especialmente preparados para la evacuación de lodos. (Donado, 2013)

3.13 Clasificación de los lodos

- Lodos Aprovechables

Son los lodos provenientes de un proceso de tratamiento que puede ser reutilizado directa o indirectamente en reciclaje, compostaje y generación de energía. La mayoría de los lodos provenientes de los procesos de tratamiento aerobios y anaeróbios de las plantas de tratamiento de aguas residuales, una vez estabilizados, pueden ser utilizados como abonos, acondicionadores y restauradores de suelos. (Donado, 2013)

- Lodos No Aprovechables

Son lodos que no tienen características aceptables para algún aprovechamiento, por ejemplo tienen muy poca o nula carga orgánica o poder calorífico muy bajo, estos pueden ser desechados junto con los residuos sólidos de origen doméstico en rellenos municipales o monorellenos. (Donado, 2013)

- Lodos Peligrosos

Son aquellos que contienen sustancias que pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente que deben ser dispuestos en sitios especiales con las medidas adecuadas de seguridad. Comúnmente se suele confundir el término lodo y biosólido. La principal diferencia radica en que el biosólido es un lodo ya estabilizado es decir, que ha tenido un proceso de tratamiento destinado a reducir la capacidad de fermentación, atracción de vectores y patogeneidad, logrando reducir el nivel de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización. (Donado, 2013)

4. METODOLOGÍA

4.1 Encargado de la Gestión

Según el objetivo del artículo 3 de la Reforma a la Ordenanza de Creación de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, E-P. EMAPA-G. Dice que, el objetivo de la E-P. EMAPA-G es la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento ambiental así como la gestión integral de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas en el cantón Guaranda, constituido por la ciudad de Guaranda y las parroquias rurales que lo conforman. (GAD. Guaranda, 2014). Por esta razón es la entidad encargada entre uno de los trabajos que realiza, de la recogida de las aguas residuales de los sistemas de recolección de excretas.

4.2 Localización

El presente estudio se realizó en el laboratorio de control de calidad de la E.P - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda que se encuentra ubicada en la Provincia Bolívar, Cantón Guaranda, Parroquia Guanujo, Sector Chaquishca.

4.3 Técnicas de Recolección de datos

4.3.1 Método de muestreo

Para realizar la caracterización del agua residual se tomaron varias muestras de lunes a viernes durante los meses comprendidos entre Noviembre-Diciembre 2017 y Abril de 2018, considerando los puntos donde opera el hidrosuccionador. Las muestras fueron puntuales e integradas.

4.3.2 Medición de caudal

Los caudales fueron registrados durante los meses Noviembre – Diciembre 2017, Enero, Febrero y Marzo de 2018, considerando la capacidad del carro hidrosuccionador que es 7,64 m³ como mínimo y registrando el número de descargas semanales y mensuales. Los puntos que se tomaron en cuenta son 8 parroquias rurales, 14 barrios y 8 ciudadelas de la ciudad de Guaranda.

4.3.3 Caracterización físico-química y biológica

La determinación de los parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas residuales se describe a continuación con la técnica y equipos utilizados en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos

Parámetro	Técnica	Equipo
Color	Cobalto platino	Colorímetro
Turbiedad	Señal de dispersión de luz (90°) nefelométrica primaria y una señal de dispersión de luz transmitida	Turbidímetro 2100P HACH
pH	Método 8156 Medidor de electrodo de pH	pH meter Sension 1 HACH
Sólidos Totales Disueltos	Método 8160 Medición Directa	Conductivity Sension 5 HACH
Conductividad	Método 8160 Medición Directa	Conductivity Sension 5 HACH
Aluminio	Método 8020-Aluminón	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
Dureza	Titulación complejométrica	Titulación por conteo de gotas
Fluoruro	Método 8029	Espectrofotómetro DR-2800 HACH
Manganeso	Método 8149-PAN	HACH
Bario	Método 8014- Turbidimetrico	
Cobalto	Método 8078-1-(2 piridilazo)-2-naftol(PAN)	

Cromo total	Método 8024	
Hierro	Método 8008- FerroVer	
Molibdeno	Método 8036-Ácido mercaptoacético	
Bromo	Método 8167- DPD	
Cloruros	Método 8113- Tiocianato Mercúrico	
Cobre	Método 8506-Bicinchoninato	
Cromo Total	Método 8024- Oxidación alcalina por hipobromito	
Fosfatos	Método 8048-Ácido ascórbico PhosVer 3	
Nitrógeno amoniacal	Método 8155- Salicilato	
Fluoruros	Método 8029- SPANDS	
Sulfatos	Método 8051-SulaVer 4	
Níquel	Método 8150-1-(2 piridilazo)-2- naftol(PAN)	
Plata	Método 0491- Silver 4	Fotómetro PF-12
Zinc	Método	
Plomo	Método 0091-Blei 5	
Cianuro	Método 0311- Cyanid 08	
DBO5	Método 985822-Wilker	
DQO	Método 985027-Dicromato de potasio	
Oxígeno disuelto	Método 082- Sauerstoff 12	
Coliformes totales	Filtración de Membrana 0,45 um	Filtración al vacío
Coliformes fecales		

Fuente: Área de control de calidad de la E.P-EMAPA-G. Manual de procedimientos analíticos.

Realizado por: (García, 2018)

4.3.4 Pruebas de tratabilidad para el agua residual

Las pruebas de tratabilidad del agua residual se realizaron en el laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G, se tomaron muestras de agua puntuales que luego se consolidaron en muestras integradas las cuales fueron recogidas de varios puntos de operación del hidrosuccionador. Posteriormente se implementó una planta piloto la cual contó con las unidades necesarias de un sistema de tratamiento biológico convencional como son un canal de entrada, rejillas, un tanque de almacenamiento, una trampa de grasas, reactor biológico, sedimentador, filtro de antracita, tanque de cloración, lecho de secado; para esto se utilizó contenedores plásticos debidamente adaptados y conectados con tubería de PVC y más accesorios como codos, manguera y llaves de paso para simular cada operación y proceso unitario además de una estructura metálica prevista para que el sistema funcione a gravedad. Para la aireación fue necesario la utilización de un compresor para la alimentación de oxígeno. Para realizar la recirculación de los lodos desde el sedimentador hasta el reactor biológico se utilizó una bomba de ½ HP.

Durante el proceso de tratamiento debido a que en la trampa de grasas se aprovecha la diferencia de densidad con respecto al agua, ocurrió la flotación de las grasas en la superficie del equipo para su posterior eliminación; en el reactor biológico se logró la estabilización de los residuos por vía aerobia, la degradación y oxidación de la materia orgánica después de su aglomeración y posterior precipitación debido a que los microorganismos convierten la materia orgánica coloidal y disuelta en tejido celular la cual después es decantada por la coagulación de estos solidos coloidales y su posterior precipitación en el sedimentador secundario, finalmente la adición de cloro se realizó después de que el agua haya pasado por el filtro de antracita, así eliminando todo patógeno presente en el agua.

Figura 1. Prototipo de la planta de tratamiento



Realizado por: (García, 2018)

4.3.5 Dimensionamiento del sistema de biomasa en suspensión

Para el diseño del sistema de biomasa en suspensión se consideró parámetros de diseño y formulas tomadas de METCALF & EDDY Ingeniería de aguas residuales, LOZANO RIVAS Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, sus respectivos cálculos para cada una de las operaciones y procesos unitarios se encuentran indicados en el anexo 1.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Medición del caudal

En la tabla 3 se registra los valores diarios, semanales y mensuales de agua residual recolectada por el hidrosuccionador.

Tabla 3. Registro mensual del Volumen Recogido de Agua Residual por el Hidrosuccionador de la E.P-EMAPA-G

VOLUMEN RECOGIDO DE AGUA RESIDUAL POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA E.P-EMAPA-G						TOTAL MENSUAL (m ³)
NOVIEMBRE	Lunes 06	Martes 07	Miércoles 08	Jueves 09	Viernes 10	96
		14		11		
	Lunes 13	Martes 14	Miércoles 15	Jueves 16	Viernes 17	
	7			15		
	Lunes 20	Martes 21	Miércoles 22	Jueves 23	Viernes 24	
			15	7		
	Lunes 27	Martes 28	Miércoles 29	Jueves 30	Viernes 01	
	14			13		
	Lunes 04	Martes 05	Miércoles 06	Jueves 07	Viernes 08	100
				17	7	
DICIEMBRE	Lunes 11	Martes 12	Miércoles 13	Jueves 14	Viernes 15	
	14		13			
	Lunes 18	Martes 19	Miércoles 20	Jueves 21	Viernes 22	
	14			16		
	Lunes 25	Martes 26	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29	
			19			
	Lunes 01	Martes 02	Miércoles 03	Jueves 04	Viernes 05	160
	17		16	10	12	
ENERO	Lunes 08	Martes 09	Miércoles 10	Jueves 11	Viernes 12	
	15		14		11	
	Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19	
		16		9		
	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26	
16			8			
	Lunes 29	Martes 30	Miércoles 31			

		8	8			Jueves 01	Viernes 02	157
FEBRERO	Lunes 05	Martes 06	Miércoles 07	Jueves 08	Viernes 09			
	16	8						
	Lunes 12	Martes 13	Miércoles 14	Jueves 15	Viernes 16			
		21	14	16	8			
	Lunes 19	Martes 20	Miércoles 21	Jueves 22	Viernes 23			
7		15	15	8				
Lunes 26	Martes 27	Miércoles 28						
8		21				Jueves 01	Viernes 02	113
MARZO							14	
	Lunes 05	Martes 06	Miércoles 07	Jueves 08	Viernes 09			
		21		16				
	Lunes 12	Martes 13	Miércoles 14	Jueves 15	Viernes 16			
	16		8	22	16			
PROMEDIO								132,5

Realizado por: (García, 2018)

5.2 Caracterización Física, Química y Biológica del Agua Residual

La caracterización del agua residual de las muestras puntuales e integradas realizadas durante el periodo Noviembre-Diciembre 2017, Abril 2018 se presenta en el anexo 4 y su promedio en la tabla 4.

Se puede evidenciar los parámetros que están sobre el límite máximo permisible para descarga a un cuerpo de agua dulce estipulados en la Tabla 9 del Acuerdo Ministerial 097 A, siendo: aceites y grasas en un 66,55 %, coliformes fecales 76,58 %, DBO₅ 90,72 %, DQO 85,36 %, hierro total 30,65 %, manganeso total 72,26 % y sólidos suspendidos totales 62,99 %.

Tabla 4. Resultado de la caracterización del agua residual. Tabla límites permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetro	Unidad	Límite permisible	Resultado promedio-Agua residual
Aceites y grasas	mg/L	30,00	89,68
Aluminio (Al)	mg/L	5,0	2,32
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,007
Cinc (Zn)	mg/L	5,0	0,903
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,006
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,02
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	7693
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,5	0,008
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100,0	1071,80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200,0	1366,84
Fósforo Total (P)	mg/L	10,0	5,09
Hierro Total (Fe)	mg/L	10,0	14,42
Manganeso Total (Mn)	mg/L	2,0	7,21
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/l	20,0	0,58
Níquel (Ni)	mg/L	2,0	0,12
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	50,0	0,28
Plata (Ag)	mg/L	0,1	0,005
Plomo (Pb)	mg/L	0,2	0,007
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/L	6.-9	7,47
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	130,0	351,21
Sólidos Totales (ST)	mg/L	1600,0	577,9
Sulfatos (SO ₄) ⁻²	mg/L	1000,0	23,08
Temperatura (°C)	mg/L	± 3	15,05
Tensoactivos	mg/L	0,6	22,49

Fuente: Laboratorio de control de calidad de la E.P. EMAPA-G y SEIDLABORATORY CÍA. LTDA.

Realizado por: (García, 2018)

5.3 Pruebas de tratabilidad

Las pruebas de tratabilidad se realizaron en una planta piloto logrando determinar la eficiencia de cada operación y proceso de la propuesta del sistema de tratamiento de biomasa en suspensión, logrando una remoción de contaminantes detallada en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentajes de remoción en cada proceso del sistema de tratamiento de biomasa en suspensión.

Procesos	% Eficiencia
Trampa de Grasas	78,81
Reactor	69,86
Sedimentador	65,64
Filtro de antracita	73,22
Cámara de cloro	99,98
Promedio	77,50

Realizado por: (García, 2018)

La eficiencia total del sistema de tratamiento fue de 77,50 %. Una vez realizadas las respectivas pruebas de tratabilidad mediante caracterizaciones físico- químico y bacteriológico se logró establecer el porcentaje de remoción de los parámetros que se encontraban fuera del límite máximo permisible, mismos que se detallan en la tabla 6 parámetros de agua residual y tratada del hidrosuccionador, demostrándose la eficiencia que anteriormente se determinó de cada proceso.

Tabla 6. Parámetros de agua residual y tratada del hidrosuccionador

Parámetro	Unidad	Agua Residual	Agua Tratada	% Remoción
Aceites y grasas	mg/l	89,68	19	78,81
Coliformes fecales	NMP/ 100 ml	7693	1,7	99,98
DBO ₅	mg/l	1071,8	7,82	99,27
DQO	mg/l	1366,84	10,43	99,24
Hierro total	mg/l	14,42	0,36	97,50
Manganeso total	mg/l	7,21	0,18	97,50
SST	mg/l	351,21	8,78	97,50

Realizado por: (García, 2018)

En un estudio realizado en Lima-Perú se logra la eliminación de Aceites y grasas residuales de 46,8 % (Esquirva, 2016) por un sistema discontinuo o tipo batch, por lo que se considera un porcentaje de remoción alto 78,81 % el realizado en la presente investigación. En la tabla 6 se muestra la remoción de DBO₅, y DQO de 99,27 %, y 99,24 % respectivamente, resultados que son comparables a los

obtenidos por (Castillo, y otros, 2011) que lograron una reducción para el DBO₅ de 94,2 % y 82,3 % para DQO mediante un sistema de tratamiento de lodos activados para efluentes de fosas sépticas en Yucatán-México. Los sólidos suspendidos son removidos en un 70% mediante un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio, estudio realizado por (Alpírez, y otros, 2017), resultado que es confrontable a los alcanzados en este estudio que es de 97,50 %. Al igual que el Fe y Mn cuya remoción para ambos casos fue de 97, 50% cuyo resultado es afín al realizado por (Marin, 2011) de 87 % y 90 % respectivamente. La adición de cloro asegura que el agua está libre de bacterias por lo que su remoción fue de 99,98 %.

Por lo tanto una vez comprobado la reducción de los contaminantes en el proceso de tratamiento y verificado con estudios antes ejecutados, se procede a realizar el dimensionamiento del sistema de tratamiento de biomasa en suspensión.

5.4 Dimensionamiento del sistema de tratamiento biomasa en suspensión

Una vez establecidos los parámetros que se encuentran fuera de los máximos permisibles establecidos en Acuerdo Ministerial 097 A se procedió a determinar la relación del índice de biodegradabilidad siendo 0,78 correspondiente en este caso a aguas muy biodegradables, por lo que se debe dar un tratamiento bilógico.

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales presenta el siguiente dimensionamiento de las respectivas operaciones y procesos, basados en pruebas realizadas en el prototipo elaborado a nivel de laboratorio de donde se obtuvieron los datos experimentales. Los cálculos se encuentran en el anexo 1 y los resultados se reportan desde la tabla 7 hasta la tabla 15.

Tabla 7. Parámetros de diseño para en canal de entrada

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho del canal	2,4	M
Altura de seguridad	0,3	M
Altura total del canal	1	m
Largo	3	m
Pendiente	45	°

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 8. Parámetros de diseño para las rejillas

Limpieza	Separación entre barrotes	Inclinación	Tamaño de barrotes (diámetro)	Número de barrotes
Manual	8 cm	Inclinadas 60°	1,3 cm	35

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 9. Parámetros de diseño para el tanque de almacenamiento

Parámetro	Valor	Unidad
Radio del tanque	1,75	m
Diámetro del tanque	3,50	m
Altura del tanque	2,18	m

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 10. Parámetros de diseño para la trampa de grasas

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	1,70	m
Largo	2,50	m
Profundidad	1,30	m

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 11. Parámetros de diseño para el reactor biológico

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	3	m
Altura	2	m
Largo	5,5	m

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 12. Parámetros de diseño para el sedimentador circular

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro	3,12	m
Reparto central	0,78	m
Diámetro total	3,9	m
Altura de reparto	0,9	m
Ancho	1,9	m
Largo	4	m
Altura	3,5	m

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 13. Parámetros de diseño para el filtro

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	1,58	m
Ancho	1,58	m
Altura	1,50	m

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 14. Parámetros de diseño para el tanque de desinfección

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	0,5	m
Largo	1,5	m
Altura	0,41	m

Realizado por: (García, 2018)

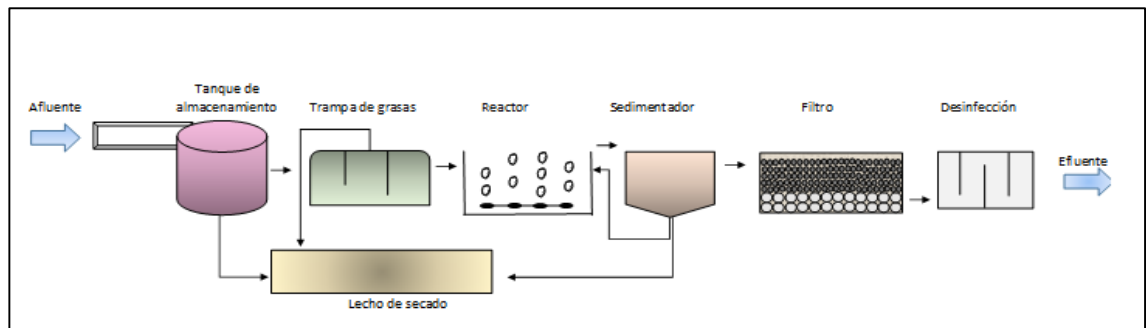
Tabla 15. Parámetros de diseño para el lecho de secado

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	2	m
Largo	5	m
Altura	0,75	m

Realizado por: (García, 2018)

5.4.1 Esquema propuesto para el tratamiento del agua residual recolectada por el hidrosuccionador

Figura 2. Esquema propuesto para el tratamiento del agua residual recolectada por el hidrosuccionador



Realizado por: (García, 2018)

5.5 Disposición final de los lodos

Se realizó la caracterización de los lodos tanto residuales como los lodos tratados después de salir del lecho de secado para así proponer una adecuada disposición final de los mismos. Los resultados se observan en la tabla 16.

Como se puede evidenciar hay alta concentración de materia orgánica por lo tanto se consideran lodos aprovechables, los cuales pueden ser utilizados como abonos para terrenos de uso agrícola o forestal luego de su estabilización porque al reducir la concentración contaminantes también se eliminan microorganismos.

De los ensayos realizados a los lodos en el lecho de secado se pudo establecer que se deshidratan en un tiempo de 10 a 12 días, su estabilización se realizó en aproximadamente en 45 días, los lodos estabilizados tendrán como disposición final

las áreas verdes, jardines de los tanques distribuidores, tanques centrales y planta Chaquishca, para mejorar su ornamentación, como se lo ha venido haciendo en el transcurso de esta investigación.

Tabla 16. Resultado de la caracterización del lodo

Ensayos Físicos Químicos	Método	Unidad	Resultado inicial	Resultado final
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/kg	18125,42	14099,30
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SEM-AB DBO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/kg	24167,22	18799,06
Sólidos suspendidos totales	SEM-AB SSUSP (STANDARD METHOD 2540D)	%	45,36	38,40
Sólidos totales	SEM-AB ST (STANDARD METHOD 2540C)	%	57,79	51,99
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,20	0,17

Fuente: SEIDLABORATORY CÍA. LTDA

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se caracterizó físico-química y biológicamente al agua residual donde se determinó los parámetros que están fuera del límite máximo permisible para descarga a un cuerpo de agua dulce estipulados en la Tabla 9 del acuerdo ministerial 097 A, siendo estos los siguientes aceites y grasas 89,68 mg/l, coliformes fecales 7693 NMP/100ml, DBO₅ 1071,8 mg/l, DQO 1366,84 mg/l, hierro total 14,42 mg/l, manganeso total 7,21 mg/l y sólidos suspendidos totales 351,21 mg/l.
- La remoción de contaminantes fue del 94,67 % efectuada en las pruebas de tratabilidad a nivel de planta piloto, realizadas en un periodo de dos meses. Además se estableció el tipo de tratamiento en base al índice de biodegradabilidad de la relación $\frac{DBO_5}{DQO}$ igual a 0,78, dando un valor que indica un tratamiento biológico optando por el sistema de biomasa en suspensión.
- Con los datos obtenidos de los resultados experimentales se dimensionó el sistema de biomasa en suspensión, con los siguientes procesos: canal de entrada, rejillas, tanque de almacenamiento, trampa de grasas, reactor biológico, sedimentador circular, filtro de antracita, tanque de desinfección y lecho de secado. El sistema fue dimensionado con una proyección para 15 años y con un caudal de diseño de 0,18 l/s.
- Se determinó que los lodos provenientes del sistema de tratamiento son aprovechables por su gran contenido de materia orgánica por lo que su disposición final será para abono en los jardines ornamentales de las instalaciones de la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda.

6.2 Recomendaciones

- Hasta la ejecución de este proyecto de investigación sería conveniente llevar un control de la calidad del agua residual y de los lodos recolectados por el hidrosuccionador con la finalidad de tener un registro que permita reportar a los organismos de control como es Ministerio del Ambiente de la provincia Bolívar.
- Capacitar al personal que trabaja en el hidrosuccionador sobre temas ambientales con la finalidad de tener conocimiento sobre la normativa vigente del acuerdo ministerial 097 A, al momento de la descarga de agua residual y lodos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alianza por el agua. (2006). MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS. España: Ideasmares.
- Alpírez, J., Karla , A., Helena , C., Ivana , P., Rosa , P., & Erick , V. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos.
- Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T., & Agüero, R. (2009). Guía de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas comunidades. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/Ogral/078_guia_alcaldes_sb/guia_alcaldes_2009.pdf
- Blázquez, P., & Montero, M. C. (2010). Reutilización de agua en Bahía Blanca Plata 3ra Cuenca. Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe.
- Cáceres , A. (2015). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES QUE SON GENERADAS EN EL CAMPUS EDISON RIERA KM 1 ½ VÍA A GUANO PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL RIEGO DE ÁREAS VERDES. Riobamba.
- Castillo, E., Lizama, C., Méndez , R., García, J., Espadas, A., & Pat, R. (2011). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas por el proceso de lodos activados. México.
- Castro, R., & Perez, R. (2009). SANEAMIENTO RURAL Y SALUD / GUÍA PARA ACCIONES A NIVEL LOCAL. TECNOLOGÍAS PARA DISPOSICION DE EXCRETAS Y AGUAS RESIDUALES. Guatemala: Capítulo VI.
- CEA , C. (2013). Operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. Jalisco: Arturo Nelson Villareal.
- CENTA, ITC. (2006). Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población. Canarias: ITC.
- Charpentier, J. (2014). PROYECTO MEJORA DE LAS ECONOMÍAS REGIONALES Y DESARROLLO LOCAL. En Tratamiento de Aguas Residuales Con Lodos Activados. Buenos Aires.

- Condorchem envitech. (2017). Sistemas con reactores aeróbicos para tratar aguas residuales. Ingeniería ambiental|Tratamiento de aguas residuales, efluentes y aire al servicio del Medio Ambiente.
- Donado, R. (2013). PLAN DE GESTIÓN PARA LODOS GENERADOS EN LAS PTAR-D DE LOS MUNICIPIOS DE CUMARAL Y SAN MARTÍN DE LOS LLANOS EN EL DEPARTAMENTO DEL META. Bogotá.
- E.P-EMAPA-G. (2012). Manual de Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales . Guaranda : Brito .
- EcuRed. (2017). Alcantarillado. 1.
- El Comercio. (19 de Marzo de 2017). Muestras de agua de los ríos del país ponen en alerta sobre la contaminación.
- El Telégrafo. (Julio de 2013). Adquirido equipo succionador. Obtenido de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/adquirido-equipo-succionador>
- Esquirva, K. (2016). Remoción de Aceites y grasas residuales domésticas usando lodos activados de planta de tratamiento de agua residual en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en Lima-Perú. Lima - Perú.
- Estrada , G. (s.f.). Laboratorio de Hidráulica de Canales. Obtenido de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2013/02/05/Manual_de_Hidraulica_de_Canales.pdf
- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA. (s.f.). Coeficiente de rugosidad de un canal. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm#36b
- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA. (s.f.). Previsión de la capacidad de conducción de agua de los canales revestidos. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm#36
- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL, A. (s.f.). Recuperado el 15 de Junio de 2017, de Coeficiente de rugosidad Manning de Canales Abiertos: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm

- GAD. Guaranda. (2014). EL CONCEJO MUNICIPAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN GUARANDA. Guaranda.
- Gimenéz, R. (2011). Mantenimiento y Servicios a la Producción. Madrid: Anaya Multimedia.
- HC Ingenieros SAS. (2014). MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. En INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA (pág. 5). Medellín, Colombia.
- Ingeniería de aguas residuales . (Diciembre de 2012). Obtenido de <http://laoropendolasostenible.blogspot.com/2012/12/ingenieria-de-aguas-residuales-pdf.html>
- Juana, R. I. (2005). Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales . Madrid: Bellisco.
- Lozano-Rivas, W. (2012). FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES. En Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (pág. 49). Bogotá-Colombia.
- Marin, L. (2011). REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO POR OXIDACIÓN CON CLORO Y FILTRACIÓN EN GRAVA. SANTIAGO DE CALI .
- Martinez, S. (2005). Tratamiento de aguas residuales con Matlab. Barcelona : Reverte S.A.
- MENDOZA COLIMBA, S. (2015). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA LA EMPRESA MARCSEAL S.A. Quito.
- METCALF & EDDY, I. (1995). INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tratamiento, vertido y reutilización. España: Volumen 2. Tercera edición.

- METCALF & EDDY, INC. . (1995). INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tratamiento, vertido y reutilización . España : Volumen I. Tercera Edición .
- OPS/CEPIS/03.81. (2003). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA. Lima.
- RAS - 2000. (2000). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogota: SECCION II. TÍTULO E.
- Ruiz, Álvarez, Soto, I. (s.f.). EL POTENCIAL DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS. Coruña.
- SASTOQUE, J., BEDOYA, L., & RAMOS, M. (2016). DISEÑO, OPERACIÓN Y EVALUACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. PEREIRA.
- SIAPA. (2014). CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES. En Alcantarillado Sanitario. (págs. Capítulo3, pag 2). Guadalajara .
- UNATSABAR. (2003). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA. UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL. Lima.
- ZAPATA, M. (2015). DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EP. EMAPA-G, CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR.”. Riobamba-Ecuador.
- Orozco, A. (2005). Bioingeniería de aguas residuales. acodal.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO 1. CÁLCULOS

8.1.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales se consideró una vida útil de 15 sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G, es decir, hasta el año 2033.

$$\text{Usuarios EMAPA} - G = 7066$$

$$HAB_{2018} = \text{Usuarios} * 5$$

$$HAB_{2018} = 7066 * 5$$

$$HAB_{2018} = 35330$$

Se considera que cada usuario consta con 5 miembros en su familia.

$$P_f = Pa \left(1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

Dónde:

Pf: Población a futuro:

Pa: Población actual: 35330 habitantes Guaranda (zona urbana)

r: Índice de crecimiento anual (%): 1.95

n: Proyección de diseño 15 años.

$$P_f = 35330 \left(1 + \frac{1,95}{100} \right)^{15}$$

$$P_f = 47201$$

Tabla de proyección de habitantes

Tabla 17. Proyección de habitantes hasta el año 2033

N°	Año	Habitantes
0	2018	35330
1	2019	36019
2	2020	36721
3	2021	37437
4	2022	38167
5	2023	38912
6	2024	39670
7	2025	40444
8	2026	41233
9	2027	42037
10	2028	42856
11	2029	43692
12	2030	44544
13	2031	45413
14	2032	46298
15	2033	47201

Realizado por: (García, 2018)

8.1.2 CÁLCULO DEL CAUDAL

Tabla 18. Cálculo del caudal

Datos registrados de Agua Residual por el Hidrosuccionador	
Mes	Volumen recolectado(m3)
*Agosto	75
*Septiembre	82
*Octubre	87
Noviembre	96
Diciembre	100
Enero	160
Febrero	157
Marzo	113
Promedio	108,75

*datos históricos proporcionados por la E.P-EMAPA-G

Realizado por: (García, 2018)

Figura 3. Volumen mensual recolectado por el hidrosuccionador de la E.P- EMAPA-G



Realizado por: (García, 2018)

CAUDAL HIDROSUCCIONADOR

$$Q = 108,75 \frac{m^3}{mes} = 7,55 \frac{l}{min} = 0,12 \frac{l}{s}$$

$$Q = 0,12 \frac{l}{s}$$

INDICE DE CRECIMIENTO

El diseño del sistema de tratamiento está proyectado para 15 años como tiempo de vida útil, se calcula el índice de crecimiento poblacional para adicionarlo al caudal propuesto.

$$ic = \frac{P_f - P_i}{P_f} * 100$$

$$ic = \frac{47201 - 35330}{47201} * 100$$

$$ic = 25\%$$

Por consideración de la dirección técnica de la E.P-EMAPA-G se toma en cuenta un aumento del 28 % al caudal, debido que el hidrosuccionador también recoge

agua residual y lodos en las 8 parroquias rurales, mismas que no disponen de sistemas de alcantarillado, existiendo por lo general fosas sépticas.

$$ic = 25\% + 28\%$$

$$ic = 53\%$$

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q = 0,12 \frac{l}{s} + 53\%$$

$$Q = 0,18 \frac{l}{s}$$

8.1.3 CANAL DE ENTRADA

Para el diseño del canal de entrada se considera el ancho del tanque de descarga del hidrosuccionador Vaccon V-310, siendo su ancho de 2,10 m, teniendo las siguientes consideraciones como criterios de diseño que permitirán un adecuado desalojo del agua residual y de los lodos, especificada en la tabla 20 parámetros de diseño para el canal de entrada.

Tabla 19. Parámetros de diseño para el canal de entrada

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho del canal	2,40	m
Altura de seguridad	0,30	m
Altura total del canal	1	m
Largo	3	m
Pendiente	45	°

Realizado por: (García, 2018)

8.1.4 REJILLAS

Las rejillas tendrán una limpieza manual con un diámetro de 1,3 cm, cada varilla con una separación de 8 cm siendo un total de 35 barrotes y una pendiente de 60°,

especificados en la tabla 20 criterios de diseño para las rejillas, establecidos según Lozano-Rivas, 2012.

Tabla 20. Criterios de diseño para las rejillas

Limpieza	Separación entre barros	Inclinación	Tamaño de barros (diámetro)
Manual - Mecánica	Fina: 0,5 y 1,5 cm de separación	Verticales: a 90°	Gruesas: ½ y 1 pulgada (1,3 a 2,5 cm)
	Media: 1,5 y 5,0 cm de separación	Inclinadas: entre 60 y 80°	Finas: ¼ y ½ pulgada (0,6 a 1,3 cm).
	Gruesa: 5,0 y 15,0 cm de separación		

Fuente: (Lozano-Rivas, 2012, pág. 54)

Realizado por: (García, 2018)

Número de barras

$$N^{\circ} = \frac{b - W}{W - e}$$

Donde:

b: Ancho del canal (m)

W: Separación entre barras (m)

e: Espesor máximo de las barras (m)

$$N^{\circ} = \frac{240 \text{ cm} - 8 \text{ cm}}{8 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm}}$$

$$N^{\circ} = 34,6 = 35$$

8.1.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO (Cilindro vertical)

Radio

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{3,5m}{2}$$

$$r = 1,75 \text{ m}$$

Donde:

D: Diámetro del tanque 3,5 m

Volumen

Según las aforaciones realizadas se tiene un caudal de $108 \frac{m^3}{mes}$, considerándose un 53% de aumento por el futuro crecimiento de expansión poblacional y por las parroquias rurales que tiene el cantón. El tratamiento de agua residual y lodos se efectuaría dos veces por semana, por lo que mensualmente operaría el sistema de tratamiento ocho veces y para establecer el caudal final se divide el caudal de diseño para los días de funcionamiento

$$\frac{166,38 \frac{m^3}{mes}}{8 \frac{dia}{mes}} = 20,79 \frac{m^3}{día} = 21 \frac{m^3}{día}$$

Altura del tanque cilíndrico vertical

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V: Volumen del tanque (m^3)

r: Radio del tanque (m)

π : 3.1416 (adimensional)

Despejando h:

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$
$$h = \frac{21m^3}{\pi * (1,75m)^2}$$
$$h = 2,18 \text{ m}$$

8.1.6 TRAMPA DE GRASAS

Tabla 21. Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas

Parámetro de diseño	Valor	Unidad
Área horizontal del tanque	0.25 x 0.25 por lado	m
Relación ancho/longitud	2:1 - 3:2	-
Tiempo de retención	2.5 – 3	min
Profundidad	≥ 0.80	m
Velocidad ascendente mínima	4	m/s
Ingreso	Codo de 90° diámetro mínimo de 75	mm
Parte inferior del codo de entra	0.15 por debajo del nivel de líquido	m
Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No menor de 0.05	m
El espacio sobre el nivel del líquido	0.30 Mínimo	m
Salida	Te con diámetro mínimo de 75	mm
Pendiente	45 a 60	°
Diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y tubería de salida	>0.05	m
Diámetro de tuberías de entrada	>Mínimo 50	mm
Parte inferior de la tubería de salida	No menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo.	m
Diámetro de tuberías de salida	> 100 por lo menos	mm

Fuente: (UNATSABAR, 2003)

Realizado por: (García, 2018)

El tanque de almacenamiento tiene un volumen de 21 m³, por datos experimentales realizados en la plata piloto se logró determinar que en mencionado proceso hay una decantación de lodos hidratados del 17.85 % lo que equivaldría a una pérdida del volumen de agua residual de 3.74 m³, teniendo 17,25 m³ de agua residual para su posterior tratamiento, siendo esta la capacidad de la trampa de grasas.

Área

$$A = \frac{Q * a}{1 \frac{l}{min}}$$

Donde:

Q: Caudal ($\frac{l}{min}$)

a: Área (m²) (0,25 dato tomado de la tabla 21)

$$A = \frac{11,97 \frac{l}{min} * 0,25 m^2}{1 \frac{l}{min}}$$

$$A = 2,99 m^2$$

Ancho del tanque

$$b = \sqrt{\frac{A}{1}}$$

Donde:

b: Ancho del tanque (m)

A: Área (m²)

$$b = \sqrt{\frac{(2,99)}{1}}$$

$$b = 1,70 m$$

Largo del tanque

$$L = b * 1,5$$

Donde:

L: Largo del tanque (m)

b: Ancho del tanque (m)

$$L = 1,70 m * 1,5$$

$$L = 2,5 m$$

Volumen útil

$$Vu = Q * tr$$

Donde:

Vu: Volumen útil (m³)

tr: Tiempo de retención (min)

Q: Caudal (l/min)

$$Vu = 11,97 \frac{l}{min} * 15 min$$

$$Vu = 179,5 l = 0,17 m^3$$

Altura de seguridad

Altura de seguridad: 0,30 m

Profundidad total del tanque

Profundidad del tanque: 1,30 m

8.1.7 REACTOR BIOLÓGICO

Tabla 22. Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados

Coeficiente	Unidades para SSV	Rangos	Típico
Y	mg SSV/ mg DBO5	0,4 - 0,8	0,6
K _d	d ⁻¹	0,0025 – 0,0075	0,06
K	mg/L DBO5	25 -100	60

Fuente: (METCALF & EDDY, INC. , 1995)

Realizado por: (García, 2018)

Volumen del reactor

$$V = \frac{\phi_c * Q * Y * (S_o - S)}{X(1 + k_d \phi_c)}$$

Donde:

ϕ_c : Tiempo medio de retención celular (d)

Q: Caudal (m³/d)

Y: Coeficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada.)

S_o: Concentración de DBO en el afluente (g/m³)

S: Concentración de DBO en el efluente (g/m³)

X: Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (kg/m³)

k_d: Coeficiente de degradación endógena (d⁻¹)

$$V = \frac{12d * 17 \frac{m^3}{d} * 0,5 * (10,71 \frac{g}{m^3} - 0,078 \frac{g}{m^3})}{20 \frac{g}{m^3} (1 + (0,06 * 12d))}$$

$$V = \frac{1084,46}{34,4}$$

$$V = 31,5 m^3$$

Eficiencia

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} * 100$$

Donde:

So: Concentración de DBO en el afluente (kg/m³)

S: Concentración de DBO en el efluente (kg/m³)

$$E = \frac{(10,71 - 0,078)}{10,71} * 100$$

$$E = 99,27\%$$

Tiempo de retención hidráulica

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

Donde:

V: Volumen del reactor (m³)

Q: Caudal (m³/d)

$$Trh = \frac{31,5 m^3}{17 \frac{m^3}{día}}$$

$$Trh = 1,8 d = 14 h$$

F/M

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{Trh * X}$$

Donde:

So: Concentración de DBO en el afluente (kg/m³)

Trh: Tiempo de retención hidráulica (d)

X: Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (kg/m³)

$$\frac{F}{M} = \frac{10,71 \frac{kg}{m^3}}{1,8d * (20 \frac{kg}{m^3})}$$
$$\frac{F}{M} = 0,29$$

Producción observada de lodo

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + k_d \phi_c)}$$

Donde:

Y: Coeficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada.)

ϕ_c : Tiempo medio de retención celular (d)

k_d : Coeficiente de degradación endógena (d⁻¹)

$$Y_{obs} = \frac{0,5}{(1 + (0,06 * 12d))}$$
$$Y_{obs} = 0,29 \frac{kg}{kg}$$

Con este valor se calcula la producción de lodo

Producción de lodo

$$P_X = Y_{obs} Q (S_o - S) * (10^2 \frac{g}{kg})^{-1}$$

Donde:

Y_{obs}: producción observada

Q: Caudal (m³/d)

So: Concentración de DBO en el afluente (kg/m³)

S: Concentración de DBO en el efluente (kg/m³)

$$P_x = 0,29 \frac{kg}{kg} * 17 \frac{m^3}{d} \left(1071,8 \frac{kg}{m^3} - 7,82 \frac{kg}{m^3} \right) * (10^2 \frac{g}{kg})^{-1}$$

$$P_x = 5,2 \frac{kg}{d}$$

Necesidad de transferencia de oxígeno

$$\frac{KgO_2}{d} = \frac{Q(S_o - S) * \left(\frac{10^3 g}{kg} \right)^{-1}}{f} - 1,42(P_x)$$

Donde:

So: Concentración de DBO en el afluente (kg/m³)

S: Concentración de DBO en el efluente (kg/m³)

Q: Caudal (m³/d)

f: Factor de conversión de DBO₅ en DBO_L (0,45-0,68)

Px: Produccion de lodo

$$\frac{KgO_2}{d} = \frac{17(1071,8 - 7,82) * \left(\frac{10^3 g}{kg} \right)^{-1}}{0,5} - 1,42(5,2)$$

$$\frac{KgO_2}{d} = 36,17 - 7,38$$

$$\frac{KgO_2}{d} = 28,78$$

Potencia del sistema de aireación a través de aireadores

$$P_w = \frac{W_{aire} R T_1}{29,7 ne} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Donde:

W_{aire}: Potencia necesaria para cada soplante (kW)

R: Constante universal de los gases (8,314 kJ/kmol K)

T₁: Temperatura absoluta a la entrada (K)

P1: Presión absoluta a la entrada (atm)

P2: Presión absoluta a la salida (atm)

e: Eficiencia en compresores (normalmente entre 0,70 y 0,90)

n: (k-1) /k= 0,283 para el aire

k: 1,395 para el aire

$$P_w = \frac{0,63 * 8,314 * 288}{29,7 * 0,28 * 0,8} \left[\left(\frac{1,7}{0,95} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_w = 226,74 * 0,17$$

$$P_w = 38,54 \text{ kW}$$

Caudal purgado desde el reactor

$$Ef = \frac{V_r * X}{(Q_w * X) + (Q * X_e)}$$

Donde:

Ef: Edad del fango (12 días)

V_r: Volumen real del reactor

X: SSVLM

Q_w: Caudal purgado

Q: Caudal de entrada al reactor

X_e: SSV del efluente

$$12 = \frac{31,5 \text{ m}^3 * 2000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{\left(Q_w * 2000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) + \left(17 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * 3,07 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}$$

$$12(Q_w * 2000) + (52,19) = 63000$$

$$Q_w = 2,59 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Dimensiones del reactor biológico

El reactor debe tener un borde libre no menor de 40 cm. Ya que deben proveerse sistemas aprobados para el control de la espuma. Las dimensiones del reactor biológico son las siguientes:

5,5 m de longitud

3 m de ancho

2 m de profundidad

Tubería de retorno de lodo

Las tuberías de succión y descarga deben ser de, por lo menos 10 cm de diámetro y diseñadas para mantener una velocidad no menor de 0.61m por segundo cuando las instalaciones de retorno de lodo estén operando a razón normal. (RAS - 2000, 2000)

Bomba para succionar los lodos

La bomba que se utilizara para recirculación de lodos debe cumplir las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 23. Tipo de bomba

Nombre del producto	Bomba de lodos centrífugos-bomba para lodos 3/2 hp
Material	Cr27
Color	Azul
Estandar	GB
Grado	A05, A07
Tipo	6x4
Uso	Industria minera, aguas residuales

Realizado por: (García, 2018)

Además la bomba debe tener abertura de succión y descarga de 7.6 cm. Si se usan por arrastre con aire (Air lifts) para regresar el lodo desde el tanque de sedimentación. (RAS - 2000, 2000)

Sistema de aireación

Tabla 24. Tipos de aireadores

Difusores porosos	Características típicas recomendadas
Difusores con forma de domo	Diámetro 18 cm, altura 3,18 cm, espesor del medio 15mm (bordes) y 19 mm (parte superior)

Fuente: (RAS - 2000, 2000)

8.1.8 SEDIMENTADOR CIRCULAR (15,3 m³)

Tabla 25. Información típica de diseño para decantadores secundarios

Tipo de tratamiento	Carga de superficie $\frac{m^3}{m^2*d}$		Carga de sólidos $\frac{kg}{m^2*h}$		Profundidad (m)
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	0,678-1,356	1,695-2,035	3,90 - 5,85	9,76	3,6 - 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	0,678-1,356	1,695-2,035	4,88 - 6,83	9,76	3,5 - 6,0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	0,339-0,678	1,018-1,356	0,97 - 4,88	6,83	3,6 - 6,0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	0,678-1,017	1,695-2,035	2,93 - 4,88	7,81	3,0 - 4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos:	0,678-1,356	1,695-2,035	3,90 - 5,85	9,76	3,0 - 4,5
- Efluente secundario	0,678-1,017	2,035-1,356	2,93 - 4,88	7,81	3,0 - 4,5
- Efluente nitrificado		1,695			

Fuente: (METCALF & EDDY, 1995, pág. 669)

Realizado por: (García, 2018)

Área superficial del sedimentador

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Donde:

Cs: Carga superficial ($\frac{m^3}{m^2*d}$)

As: Área superficial m²

Q: Caudal ($\frac{m^3}{día}$)

$$As = \frac{15,3 \frac{m^3}{día}}{2 \frac{m^3}{m^2 * d}}$$

$$As = 7,6 m^2$$

Diámetro del tanque sedimentador

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

Donde:

D: Diámetro del tanque (m)

A: Área (m²)

π: Pi (Adimensional)

$$D = \sqrt{4 * \frac{7,6 \text{ m}^2}{\pi}}$$
$$D = 3,12 \text{ m}$$

El 25% del diámetro es el reparto central, entonces:

$$R. \text{ central} = D * 25\%$$

$$R. \text{ central} = 3,12 * 25\%$$

$$R. \text{ central} = 0,78 \text{ m}$$

Por lo tanto el diámetro total del tanque es:

$$Dt = D + R. \text{ central}$$

$$Dt = 3,87 + 0,96$$

$$Dt = 3,9 \text{ m}$$

Altura de reparto

Para la altura de reparto se toma en cuenta $\frac{1}{4}$ de la profundidad que es 3,6m

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} * h$$

Donde:

h: Profundidad

H_{reparto}: Altura de reparto

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} * 3,6 \text{ m}$$

$$H_{\text{reparto}} = 0,9 \text{ m}$$

Carga sobre el vertedero

$$C_{sv} = \frac{Q}{\pi * D}$$

C_{sv} : Carga sobre el vertedero ($\frac{m}{s}$)

Q: Caudal ($\frac{m^3}{s}$)

π : Pi (Adimensional)

D: Diámetro (m)

$$C_{sv} = \frac{1,77 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi * 3,9 m}$$

$$C_{sv} = 0,0000144 \frac{m^2}{s}$$

Ancho del sedimentador

$$B = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Donde:

B: Ancho (m)

A: Área (m²)

$$B = \sqrt{\frac{7,6 m^2}{2}}$$

$$B = 1,9 m$$

Largo del sedimentador

$$L = \frac{A}{B}$$

Donde:

L: Largo (m)

A: Área (m²)

B: Ancho (m)

$$L = \frac{7,6 \text{ m}^2}{1,9 \text{ m}}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

Volumen del sedimentador

$$V = B * L * h$$

Donde:

V: Volumen (m³)

L: Largo (m)

B: Ancho (m)

h: Profundidad (m)

$$V = 1,9 \text{ m} * 4 \text{ m} * 3,5 \text{ m}$$

$$V = 26,6 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica

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

Donde:

Trh: Tiempo de retención hidráulica (h)

Q: Caudal ($\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$)

V: Volumen (m³)

$$Trh = \frac{26,6 \text{ m}^3}{15,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$Trh = 1,7 \text{ h}$$

8.1.9 FILTRO (15 m³)

Tabla 26. Características físicas de los filtros de medio granular de uso común

Tipo de funcionamiento	Tipo de filtro	Detalles del lecho filtrante		
		Tipo de lecho filtrante	Medio filtrante	Profundidad típica del lecho, cm
Semicontinuo	Convencional	Medio único (estratificado o no)	Arena o antracita	85
Semicontinuo	Convencional	Medio doble (estratificado)	Arena y antracita	90
Semicontinuo	Convencional	Medio múltiple (estratificado)	Arena, antracita y granate	90
Semicontinuo	Lecho profundo	Medio único (estratificado o no)	Arena o antracita	180
Semicontinuo	Lecho profundo	Medio único (estratificado)	Arena o antracita	180
Semicontinuo	Lecho fluidificado	Medio único (estratificado)	Arena	27,5

Fuente: (METCALF & EDDY, 1995, pág. 766)

Realizado por: García, 2018

Tabla 27. Datos típicos para el proyecto de filtros de medio único

Característica	Valor	
	Intervalo	Típico
Lecho poco profundo (estratificado) Antracita:		
Profundidad, cm	30-75	40
Tamaño efectivo, mm	0,8-1,5	1,3
Coefficiente de uniformidad	1,3-1,8	1,6
Velocidad de filtración, m/h	4,88-14,66	7,33
Convencional (estratificado)		
Antracita:		
Profundidad, cm	60-90	75
Tamaño efectivo, mm	0,8-2,0	1,3
Coefficiente de uniformidad	1,3-1,8	1,6
Velocidad de filtración, m/h	4,88-19,54	9,77
Lecho profundo (no estratificado) Antracita:		
Profundidad, cm	90-210	150
Tamaño efectivo, mm	2-4	2,75
Coefficiente de uniformidad	1,3-1,8	1,6
Velocidad de filtración, m/h	4,88-24,43	12,21
Lecho- orificios		
Diámetro de los orificios de los laterales, mm	2-4	2
Velocidad en el orificio, m/s		0,3
Velocidad de entrada, m/s	0,15-3	0,6
Velocidad de salida, m/s	0,4-0,9	0,7
Tiempo de lavado, min	5-15	8

Fuente: (METCALF & EDDY, 1995, pág. 768)

Realizado por: García, 2018

Área

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

Donde:

V_f : Velocidad de filtración (m/s)

Q: caudal (m³/min)

A: Área (m²)

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

$$A = \frac{15 \frac{m^3}{h}}{6 \frac{m}{h}}$$

$$A = 2,5 \text{ m}^2$$

Coefficiente de mínimo costo

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

Donde:

K: Coeficiente de mínimo costo (Adimensional)

N: Número de Unidades (Adimensional)

$$K = \frac{2 * 1}{1 + 1}$$

$$K = 1$$

Longitud del filtro

$$L = (A * K)^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

L: Longitud del filtro (m)

As: Área superficial real (m²)

K: Coeficiente de mínimo costo (Adimensional)

$$L = (2,5 \text{ m}^2 * 1)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = 1,58 \text{ m}$$

Ancho del filtro

$$B = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

B: Ancho del filtro (m)

A_s : Área superficial real (m²)

K: Coeficiente de mínimo costo (Adimensional)

$$B = \left(\frac{1,58 \text{ m}^2}{1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$B = 1,58 \text{ m}$$

Vertedero de entrada

$$Q = B(ha)^{\frac{2}{3}}$$

Despejando ha , obtenemos:

$$ha = \left(\frac{Q}{1,84 * B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

ha: Vertedero de entrada (m)

Q: Caudal (m³/ min)

B: Ancho del filtro (m)

$$ha = \left(\frac{0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{1,84 * 1,58 \text{ m}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$ha = 0,19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

Altura del filtro

$$Z_F = FS (CA + LA + CS + FC)$$

Dónde:

ZF: Altura del filtro (m)

FS: Factor de seguridad (m)

CA: Altura de la capa de agua (m)

LA: Altura del lecho filtrante (m)

CS: Altura de la capa de soporte (m)

FC: Altura de drenaje (m)

$$Z_F = 1 m (0,2m + 0,7 m + 0,2m + 0,4m)$$

$$Z_F = 1,50 m$$

Sistema de drenaje

Provee una correcta distribución del agua para el lavado del equipo, igualmente recolecta el agua tratada y filtrada.

Área de orificios laterales

$$A_o = \frac{\pi * D_o^2}{4}$$

Donde:

A_o : Área de orificios laterales (m²)

D_o : Diámetro del orificio (m) Tabla 27

π : Pi (Adimensional)

$$A_o = \frac{\pi * (0,002m)^2}{4}$$

$$A_o = 3,14 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_o = 0,0314 cm$$

Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

Donde:

Q_o : Caudal que ingresa a cada orificio (m³/ s)

A_o : Área de orificios laterales (m²)

v_o : Velocidad en el orificio (m/s) Tabla 27

$$Q_o = 3,14 \times 10^{-4} \text{m}^2 * 0,3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_o = 9,42 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Numero de laterales

$$N_L = n_L * \frac{L_L}{e_L}$$

Donde:

N_L : Numero de laterales (Adimensional) Tabla 27

n_L : Espaciamiento de los laterales (Adimensional)

L_L : Longitud para laterales (m)

e_L : Separación entre laterales (m)

$$N_L = 1,5 \text{ m} * \frac{2\text{m}}{1\text{m}}$$

$$N_L = 3 \text{ laterales}$$

Diámetro de la tubería de entrada del filtro

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

Dónde:

D_{TE} : Diámetro de la tubería de entrada del filtro (m)

Q : Caudal (m³/ s)

π : Pi (Constante adimensional)

v_e : Velocidad de entrada (m/s) Tabla 27

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * 5,2 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$D_{TE} = 0,033 \text{ m} = 3,3 \text{ cm}$$

Diámetro de la tubería de salida del filtro

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_s}}$$

Dónde:

D_{TS} : Diámetro de la tubería de salida del filtro (m)

Q: Caudal (m^3/s)

π : Pi (Constante adimensional)

v_s : Velocidad de salida (m/s) Tabla 27

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * 5,2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi * 0,7 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{TS} = 0,030 \text{ m} = 3,07 \text{ cm}$$

Sistema de lavado del filtro

Velocidad optima de lavado del filtro

$$v_L = C_U * T_E$$

Dónde:

v_L : Velocidad optima de lavado del filtro (m/s)

C_U : Coeficiente de uniformidad (Adimensional) Tabla 27

T_E : Tamaño efectivo de la antracita (mm) Tabla 27

$$v_L = 1,3 * 0,8$$

$$v_L = 1,04 \frac{m}{s}$$

Cantidad de agua para lavado del filtro

$$V_L = v_L * A_S * t_L$$

Dónde:

V_L : Cantidad de agua para lavado del filtro (m³)

v_L : Velocidad óptima de lavado del filtro (m/s)

A_S : Área superficial real (m²)

t_L : Tiempo óptimo de lavado (s) Tabla 27

$$V_L = 1,04 \frac{m}{s} * 2,5m^2 * 300 s$$

$$V_L = 780 m^3$$

8.1.10 TANQUE DE DESINFECCIÓN

Tabla 28. Consideraciones de diseño para el tanque de desinfección

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen	m ³	15
Ancho del tanque	m	0,5
Largo del tanque	m	1,5

Realizado por: (García, 2018)

Volumen

$$V = Q * t$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

t : Tiempo (s)

$$V = 1,73x10^{-4} \frac{m^3}{s} * 1800s$$

$$V = 0,31 m^3$$

Altura del tanque

$$H_t = \frac{V}{L * B}$$

Dónde:

H_t: altura del tanque

V: volumen del tanque (15m³)

L: Longitud (2 m)

B: Ancho (1 m)

$$H_t = \frac{0,31 \text{ m}^3}{1,5 * 0,5}$$

$$H_t = 0,41 \text{ m}$$

Cantidad de cloro requerida para la desinfección

$$\frac{lb}{día} = 0,012 * gpm * Dos$$

Donde:

Q: Caudal 0,10 $\frac{l}{s}$ o 1,58 gpm

0,012: Constante adimensional

Dos: Dosificación 6 ppm ($\frac{mg}{l}$)

$$\frac{lb}{día} = 0,012 * 1,58 \text{ gpm} * 6 \frac{mg}{l}$$

$$\frac{lb}{día} = 0,11$$

Preparación de la solución madre

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Donde:

δ: Densidad HTH: 800 $\frac{g}{l}$

m: Cantidad de cloro requerida para la desinfección 0,11 $\frac{lb}{día}$ o 49,88 $\frac{g}{día}$

$$Vi = \frac{m}{\delta}$$

$$Vi = \frac{49,88 \frac{g}{día}}{800 \frac{g}{l}}$$

$$Vi = 0,06 \frac{l}{día}$$

- **Relación volumen, solución madre**

$$Vf = \frac{\% \text{ ConcentraciónHTH} * Vi}{\% \text{ HumedadHTH}}$$

HTH: Hipoclorito de calcio

%Humedad_{HTH}: 8,5

%Concentración_{HTH}: 65

$$Vf = \frac{\% \text{ ConcentraciónHTH} * Vi}{\% \text{ HumedadHTH}}$$

$$Vf = \frac{65 * 0,06 \frac{lb}{día}}{8,5}$$

$$Vf = 0,45 \frac{l}{día}$$

Volumen total

$$Vt = Vi + Vf$$

$$Vt = 0,06 \frac{l}{día} + 0,45 \frac{lb}{día}$$

$$Vt = 0,51 \frac{l}{día}$$

8.1.11 LECHO DE SECADO

Per cápita de sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión considerados per cápita son las purgas del tanque de almacenamiento y reactor, datos experimentales obtenidos en la planta piloto.

$$C = C_{TA} + C_{RE}$$

C_{TA} : per cápita de sólidos del tanque de almacenamiento

C_{RE} : per cápita de sólidos del reactor

$$C = 3,74 + 2,59$$

$$C = 6,33 \frac{KgSS}{d}$$

Masa de los sólidos

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Dónde:

Msd: masa de sólidos

C: Per-capital de sólidos en suspensión

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 6,33) + (0,5 * 0,3 * 6,33)$$

$$Msd = 2,05 \frac{KgSS}{día}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$V_{LD} = \frac{Msd}{\rho * \% \text{ sólidos}}$$

Dónde:

Msd: masa de sólidos

ρ : Densidad de lodo (1,04 Kg/L)

%sólidos: 17.85 %

$$V_{LD} = \frac{2,05 \frac{KgSS}{día}}{1,04 \frac{kg}{l} * 17,85\%}$$

$$V_{LD} = 11,08 \frac{l}{día}$$

Volumen de lodos

$$V_L = \frac{V_{LD} * T_{LD}}{1000}$$

Dónde:

V_{LD} : Volumen diario de lodos digeridos

T_{LD} : Tiempo 45 días; debido a la temperatura de 15°C

$$V_L = \frac{11,08 * 45}{1000}$$

$$V_L = 0,49 m^3$$

Área del lecho

$$A_{LS} = \frac{V_L}{H_L}$$

Dónde:

V_L : Volumen de lodos

H_L : Altura de lecho (m)

$$A_{LS} = \frac{0,49}{1,40}$$

$$A_{LS} = 0,35 m^2$$

Longitud del lecho

$$L_L = \frac{A_{LS}}{B_L}$$

Donde:

A_L : Área del lecho (m^2)

B_L : Ancho del lecho (m)

$$L_L = \frac{0,35 m^2}{2 m}$$

$$L_L = 0,17 m$$

Se considera que la longitud del lecho de secado sea de 5 m.

Altura del tanque

$$H = G_g + G_m + G_f + A_g + A_f + C$$

Donde:

G_g : Grava gruesa (m)

G_m : Grava media (m)

G_f : Grava fina (m)

A_g : Arena gruesa (m)

A_f : Arena fina (m)

C : Capa de lodo (m)

$$H = 0,075 + 0,075 + 0,075 + 0,075 + 0,15 + 0,3$$

$$H = 0,75 m$$

Volumen del tanque

$$V_T = L_L + B_L + H_L$$

Dónde:

B_L : Ancho del lecho

L_L : longitud del lecho

H_L : Altura de lecho

$$V_T = 5 m + 2 m + 0,75 m$$

$$V_T = 7,5 m^3$$

Intervalo de tiempo para desalojar los lodos

$$T_d = \frac{V_T}{Q}$$

Dónde:

Q: Caudal

V_T : Volumen del tanque (m^3).

$$T_d = \frac{14 \text{ m}^3}{1,8 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$T_d = 77777,77 \text{ s}$$

$$T_d = 21,60 \text{ horas}$$

8.2 ANEXO 2. EFICIENCIA DE CADA PROCESO

Tabla 29. Tanque de almacenamiento

Tanque de almacenamiento				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
SST	mg/l	351,21	344,19	2,00
STD	mg/l	577,9	569,23	1,50
Color	UTC (Pt-Co)	65	58,5	10,00
pH	...	7,3	7,1	2,74
Turbiedad	NTU	209	171	18,18

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 30. Trampa de grasas

Trampa de grasas				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
Aceites y grasas	mg/l	89,68	19	78,81

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 31. Reactor biológico

Reactor Biológico				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
DBO5	mg/l	1071,80	7,82	99,27
DQO	mg/l	1366,84	10,43	99,24
Turbiedad	NTU	171	7,46	95,64
Color	UTC (Pt-Co)	58,5	23,40	60,00
pH	...	7,1	7,6	6,58
SST	mg/l	344,19	185,70	90,51
STD	mg/l	569,23	354,21	37,77
				69,86

Realizado por: (García, 2018)

Tabla 32. Sedimentador circular

Sedimentador				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
SST	mg/l	185,70	37,14	80,00
STD	mg/l	354,21	106,26	70,00
Turbiedad	NTU	7,46	3,96	46,92
Color	UTC (Pt-Co)	23,4	22,93	2,00
				65,64

Realizado por: (García, 2018)**Tabla 33.** Filtro de antracita

Filtro de antracita				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
SST	mg/l	37,14	8,78	76,37
STD	mg/l	354,21	72,01	79,67
Color	UTC (Pt-Co)	22,932	5,27	77,00
Turbidez	NTU	3,96	1,59	59,85
				73,22


Realizado por: (García, 2018)**Tabla 34.** Tanque de desinfección

Tanque de desinfección				
Parámetros	Unidad	Inicial	Final	% Remoción
Coliformes fecales	mg/l	7693	1,7	99,98

Realizado por: (García, 2018)

8.3 ANEXO 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Figura 4. Resultados del análisis del agua residual



SEIDLaboratory CÍA. LTDA.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR. 153849

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como:	TIPO DE AGUA: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018
CODIGO LABORATORIO:	153849-1
TIPO DE PRODUCTO:	TIPO DE AGUA: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018
CLIENTE:	E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GURANDA E-P EMAPA-G
DIRECCION:	GUARANDA
CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE	BOTELLA DE PLASTICO CON TAPA
NUMERO DE LOTE:	ND
FECHA RECEPCION:	18/04/05
FECHA INICIO ENSAYO:	18/04/05
CONTENIDO DECLARADO:	ND
CONTENIDO ENCONTRADO:	4 L
FECHA DE ELABORACION:	ND
FECHA DE CADUCIDAD:	ND
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 4,6 °C
FORMA DE CONSERVACION:	REFRIGERACION
MUESTREO:	ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aceites y grasas	SEM-AB ACGR (STANDARD METHOD 5520B)	mg/L	149
Demanda Bioquímica de Oxigena DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	1028,55
Demanda Química de Oxigeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	1371,4
Oxigeno disuelto	M. INTERNO	%	0,7
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,00
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529- 8	NMP/100ml	92 x 10 ¹

NS: No solicita el cliente ND: No declara

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUAS #3 Pág. 88 / FQ 114 Pág. 73B / Microbiología 118 Pág. 63A

PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
DQO	X=C*U, U=0,66, L=CxL L=CxL (Rangos de 150mg)	ACEITES Y GRASAS	X=C*U, U=0,15, L=CxL (Rangos de 51 a 500mg)

La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%


Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

18/04/18
FECHA EMISION


 Dra. Mayra Vinuosa
 Director de Calidad
 Director Técnico (E)

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio


Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:
 Dirección de Calidad directordcalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec;
 Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec o a los teléfonos 022476314-022483145-0995450911-0992750633.

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec

Fuente: SEIDLaboratory CÍA LTDA.

Figura 5. Resultados del análisis del agua tratada



SEIDLaboratory CÍA. LTDA.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR. 163850

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: TIPO DE AGUA: TRATADA, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CODIGO LABORATORIO: 153850-1

TIPO DE PRODUCTO: TIPO DE AGUA: TRATADA, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CLIENTE: E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GURANDA E-P EMAPA-G

DIRECCION: GURANDA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: BOTELLA DE PLASTICO CON TAPA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 18/04/05

FECHA INICIO ENSAYO: 18/04/05

CONTENIDO DECLARADO: ND

CONTENIDO ENCONTRADO: 4 L

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 4,6 °C

FORMA DE CONSERVACIÓN: REFRIGERACIÓN

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Aceites y grasas	SEM-AB ACGR (STANDARD METHOD 5520B)	mg/L	<20
Demanda Bioquímica de Oxigena DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/L	7,82
Demanda Química de Oxigeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/L	10,43
Oxígeno disuelto	M. INTERNO	%	52,7
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,00
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes fecales	INEN 1529- 8	NMP/100ml	<1,8

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUA#3 Pág. 88 / Microbiología 118 Pág. 63A

INCERTIDUMBRE:			
PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
DQO	$X=C*U$, $U=0,66$, $L=C*U$, $L=C*U$ (Rango de 10mg/l)	ACEITES Y GRASAS	$X=C*U$, $U=0,15$, $L=C*U$ (Rango de 51 a 500mg/l)


Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,



Dra. Mayra Vinuesa
- Director de Calidad
- Director Técnico (E)

18/04/10
FECHA EMISION

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio


Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:
 Dirección de Calidad directordecalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec;
 Servicio al Cliente serVICIOalcliente@seidlaboratory.com.ec ó a los teléfonos 022476314-022483145-0995450911-0992750633.

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec

Fuente: SEIDLaboratory CÍA LTDA.

Figura 6. Resultado de los análisis de lodos residuales



SEIDLaboratory CÍA. LTDA.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR. 153827

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: TIPO DE LODO: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CODIGO LABORATORIO: 153827-1

TIPO DE PRODUCTO: TIPO DE LODO: RESIDUAL, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CLIENTE: E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GURANDA E-P EMAPA-G

DIRECCION: GUARANDA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA CERRADA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 18/04/05

FECHA INICIO ENSAYO: 18/04/05

CONTENIDO DECLARADO: ND

CONTENIDO ENCONTRADO: 1517,7 g

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 21 ° C

FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/Kg	18125,42
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/Kg	24167,22
Sólidos suspendidos totales	SEM-AB SSUSP (STANDARD METHOD 2540D)	%	45,36
Sólidos totales	SEM-AB ST (STANDARD METHOD 2540C)	%	57,79
Sólidos volátiles	M. INTERNO	%	3,42
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,20

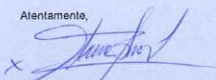
NS: No solicita el cliente/ ND: No declara

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUA #3 Pág. 93 / FQ 114 Pág. 83A

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.
El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado
Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente, 18/04/19
FECHA EMISION


Dra. Mayra Virueza
Director de Calidad
Director Técnico (E)

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio
Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:
Dirección de Calidad directordecalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec;
Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec ó a los teléfonos 022476314-022483145-0995450911-0992750633.

Página 1 de 1

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec

Fuente: SEIDLaboratory CÍA LTDA.

Figura 7. Resultado de los análisis de lodos tratados



SEIDLaboratory CÍA. LTDA.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR. 153828

TIPO MUESTRA: Declarada por el cliente como: TIPO DE LODO: TRATADO, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CODIGO LABORATORIO: 153828-1

TIPO DE PRODUCTO: TIPO DE LODO: TRATADO, PROCEDENCIA: DESCARGA HIDROSUCCIONADOR, FECHA: 04/04/2018

CLIENTE: E-P EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GURANDA E-P EMAPA-G

DIRECCION: GUARANDA

CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE: FUNDA PLASTICA CERRADA

NUMERO DE LOTE: ND

FECHA RECEPCION: 18/04/05

FECHA INICIO ENSAYO: 18/04/05

CONTENIDO DECLARADO: ND

CONTENIDO ENCONTRADO: 1926 g

FECHA DE ELABORACION: ND

FECHA DE CADUCIDAD: ND

CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA: Temperatura 21 ° C

FORMA DE CONSERVACION: AMBIENTE

MUESTREO: ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	SEM-AB DBO5 (STANDARD METHOD 5210B)	mg/Kg	14099,30
Demanda Química de Oxígeno DQO	SEM-AB DQO (STANDARD METHOD 5220B)	mg/Kg	18799,06
Sólidos suspendidos totales	SEM-AB SSUSP (STANDARD METHOD 2540D)	%	38,40
Sólidos totales	SEM-AB ST (STANDARD METHOD 2540C)	%	51,99
Nitrógeno total	M. INTERNO	%	0,17

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara

Datos tomados del cuaderno de Carpeta Ambiental / FQ AGUA #3 Pág. 93 / FQ 114 Pág. 83A

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,

Dra. Mayra Vinueza
Director de Calidad
Director Técnico (E)

18/04/19
FECHA EMISION

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Nota: Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad directordecalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec;
Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec o a los teléfonos 022476314-022483145-0995450911-0992750633.

Página 1 de 1

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth
www.seidlaboratory.com.ec

Fuente: SEIDLaboratory CÍA LTDA.

Figura 8. Resultados de los análisis del agua residual (E.P-EMAPA-G)

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "CHAQUISHCA"
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
REPORTE: ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

SECTOR NORTE CANTÓN GUARANDA **SECTOR SUR CANTÓN GUARANDA**

PROCEDENCIA: SISTEMA DE ALICANTABILIDAD CANTÓN GUARANDA - HIDROSECCIONADOR

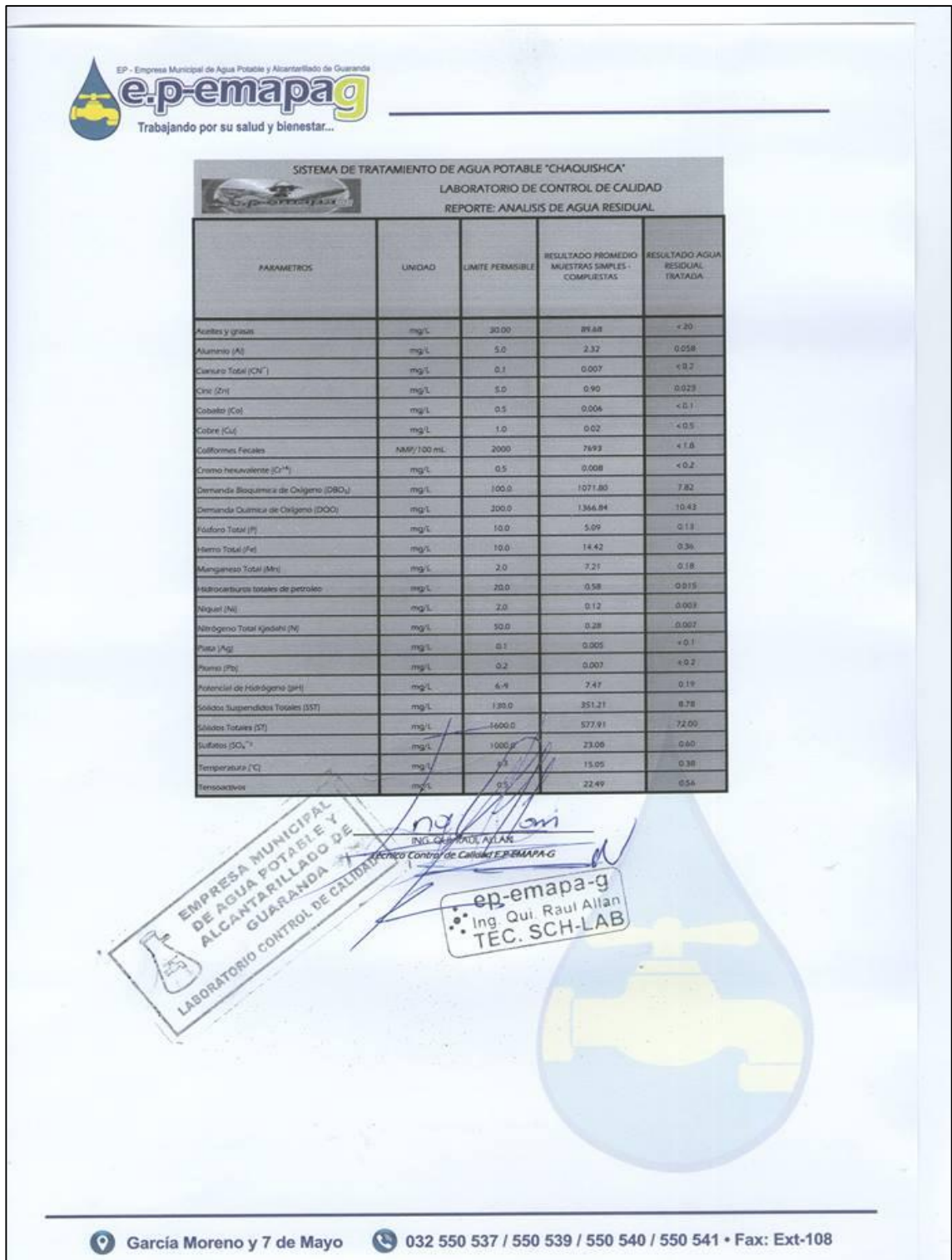
PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE PERMISIBLE	MUESTRAS PUNTUALES COD: LAEMAPAG04V001				MUESTRAS PUNTUALES COD: LAEMAPAG06V001			
			LOS TIGUALES	P. MAYO	HUMBERDINA	5 DE NOVIEMBRE DEL 2017	5 DE JUNIO	COMPLEJO	9 DE OCTUBRE	LAS COLUMNAS
Modulos y grava	mg/L	30.00	98.12	81.64	92.17	74.08	74.59	71.24	75.63	
Arsenico (As)	mg/L	5.0	2.84	2.99	2.12	1.96	2.07	1.94	2.11	
Carbono Total (CT)	mg/L	0.1	0.08	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	
Cloro (Cl)	mg/L	5.0	0.95	0.92	0.94	0.89	0.88	0.85	0.87	
Cobalto (Co)	mg/L	0.5	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	
Cromo (Cr)	mg/L	1.0	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	
Cilindros Fecales	NMP/100 ml.	2000	12000	12400	11800	4800	4960	4720	5040	
Cromo Hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.5	0.009	0.008	0.009	0.007	0.008	0.008	0.007	
Densidad Relativa de Oxigeno (DRO)	mg/L	100.0	108275	106556	12154	101903	106556	112154	109685	
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/L	200.0	138811	139936	139932	138079	139539	135162	139104	
Sulfato Total (S)	mg/L	10.0	5.16	5.47	5.28	4.97	5.03	4.62	4.84	
Hierro Total (Fe)	mg/L	10.0	1678	1534	1649	1252	1260	1278	1259	
Manganeso Total (Mn)	mg/L	7.0	8.39	7.67	8.45	6.26	6.3	6.39	6.30	
Sustancias totales de nitrógeno	mg/L	20.0	0.50	0.62	0.51	0.58	0.63	0.59	0.61	
Niquel (Ni)	mg/L	2.0	0.12	0.18	0.16	0.09	0.10	0.08	0.11	
Nitrogeno Total Amonio (N)	mg/L	50.0	0.31	0.29	0.3	0.28	0.28	0.28	0.28	
Plata (Ag)	mg/L	0.1	0.005	0.006	0.006	0.003	0.004	0.004	0.004	
Potasio (K)	mg/L	0.2	0.008	0.01	0.009	0.007	0.007	0.006	0.007	
Potencial de Halogeno (pH)	mg/L	6-9	7.45	7.50	7.47	7.49	7.46	7.42	7.43	
Sulfato Suspendedos Totales (STT)	mg/L	130.0	325.00	302.50	295.00	276.45	312.00	340.00	357.50	
Sulfato Total (S)	mg/L	1600.0	572.68	571.62	571.90	572.70	578.38	588.91	581.25	
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000.0	240.0	250.0	240.0	206.65	220.0	200.0	17.00	
Temperatura (T)	mg/L	2.3	14.46	15.60	15.24	14.87	14.53	14.96	14.24	
Transparencia	mg/L	0.5	14.13	12.89	12.89	24.01	19.06	20.08	22.51	

LIMITES PERMISIBLES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ACUEDUCTO MUNICIPAL 097
DE AGUA POTABLE
ALCANTARILLA DE GUARANDA
TECNICO CONTROL DE CALIDAD
ep-emapa-g
Ing. Qui. Raul Allan
TEC. SCH-LAB

García Moreno y 7 de Mayo 032 550 537 / 550 539 / 550 540 / 550 541 • Fax: Ext-108

Fuente: Laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G

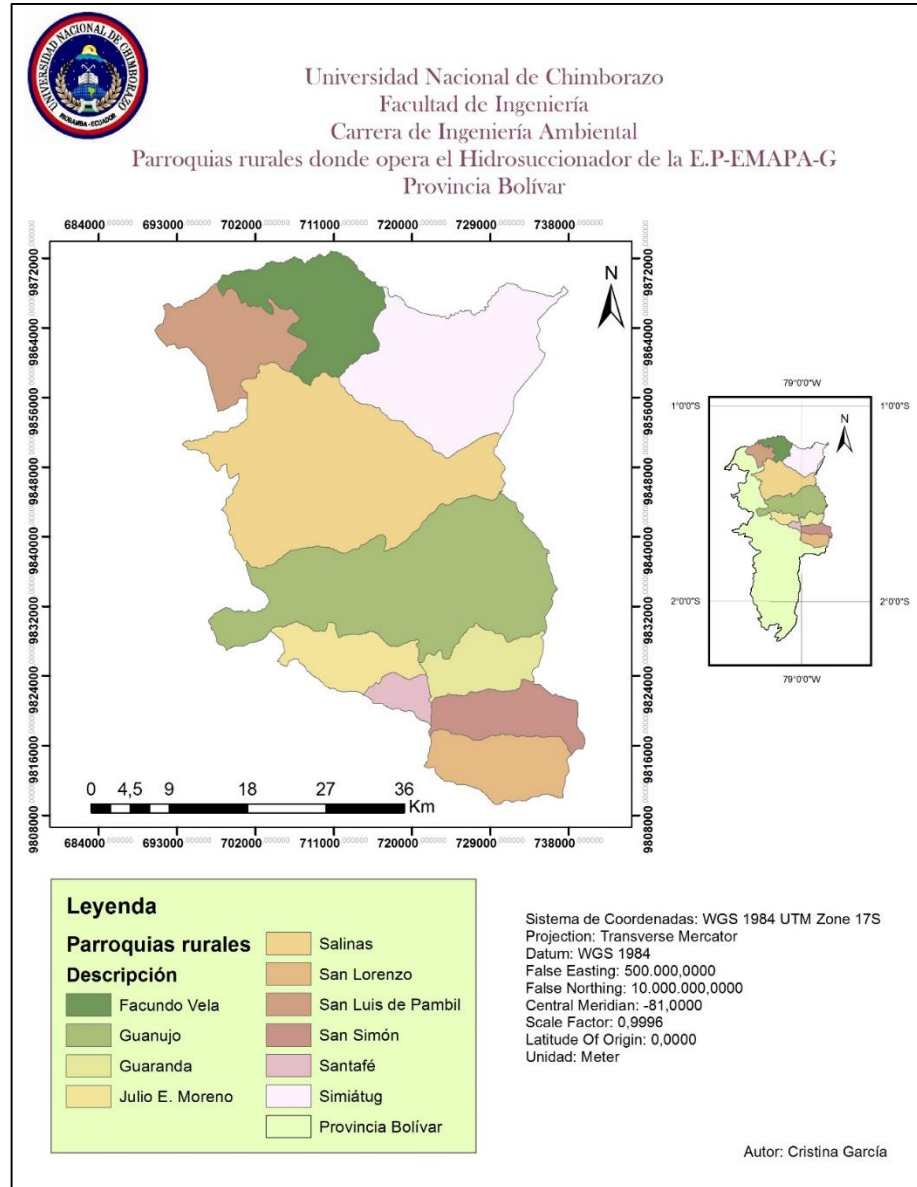
Figura 9. Promedio de los resultados de los análisis del agua residual - agua tratada



Fuente: Laboratorio de control de calidad de la E.P-EMAPA-G y SEIDLABOTARY CÍA LTDA

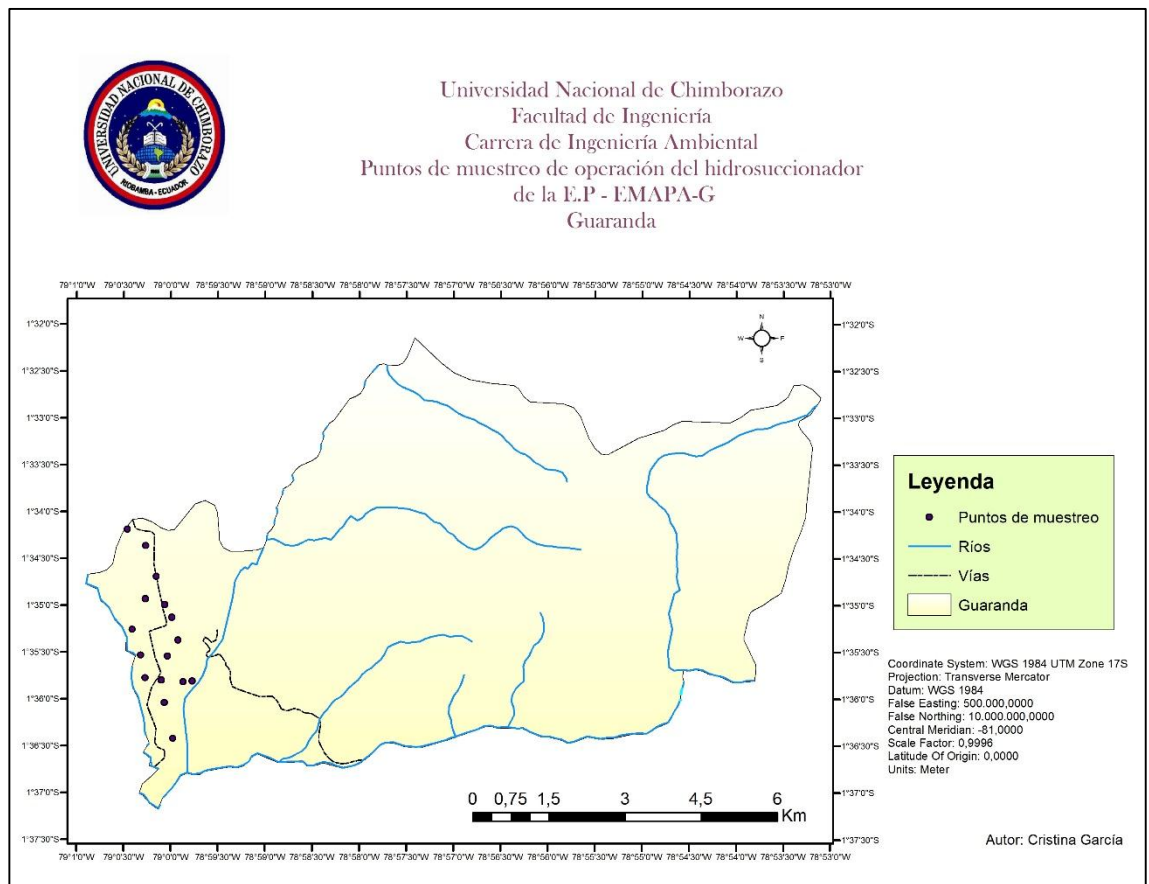
8.4 ANEXO 4. MAPAS

Figura 10. Parroquias rurales donde opera el hidrosuccionador de la E.P- EMAPA-G



Realizado por: (García, 2018)

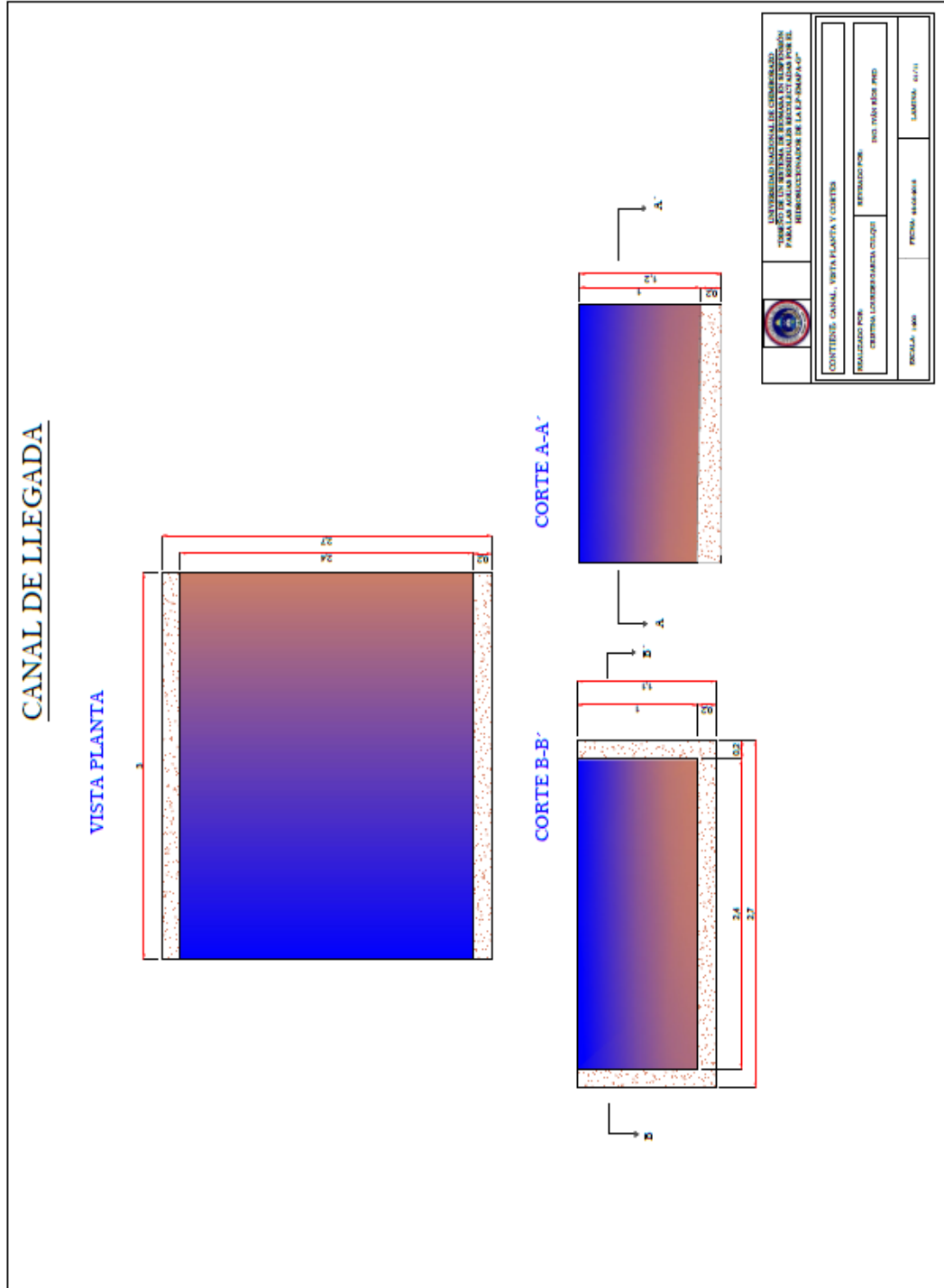
Figura 11. Puntos de recolección de muestras en el cantón Guaranda



Realizado por: (García, 2018)

8.5 ANEXO 5. PLANOS

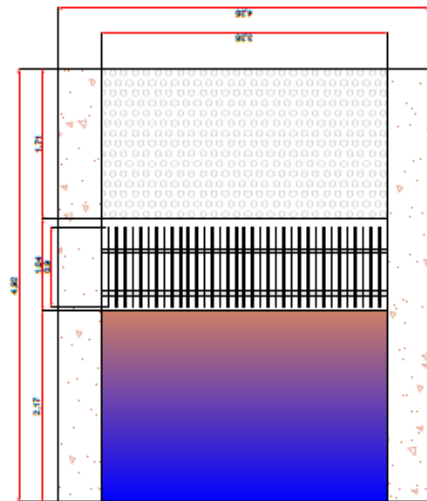
Canal de entrada



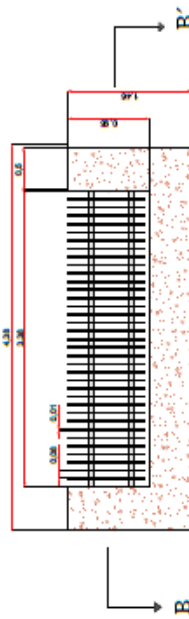
Rejillas

REJILLAS

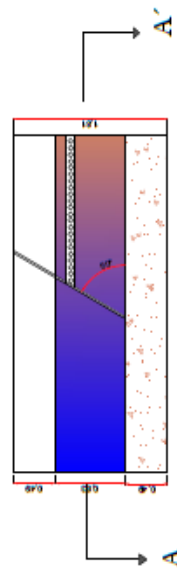
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

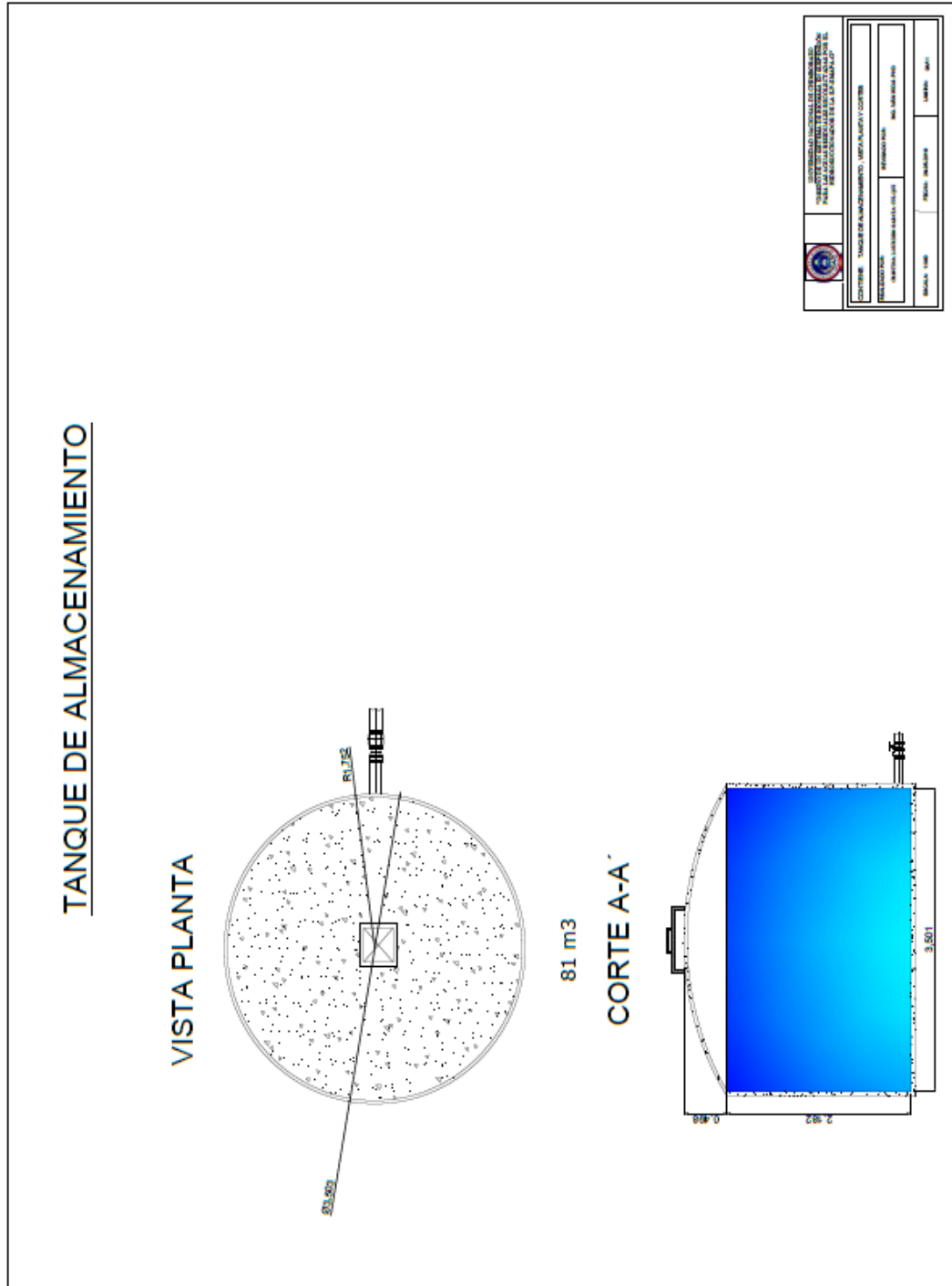


CORTE A-A'



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUENCA INSTITUTO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA DE RECONSTRUCCION POR LA INTEGRACION DE LA EDUCACION		
	RECONSTRUCCION GENERAL CUENCA (RIGC)	PROFESOR: ING. TIBURCIO RIVERA	
TEMA: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTE	FECHA: 2023-08-15	LUGAR: CUENCA	

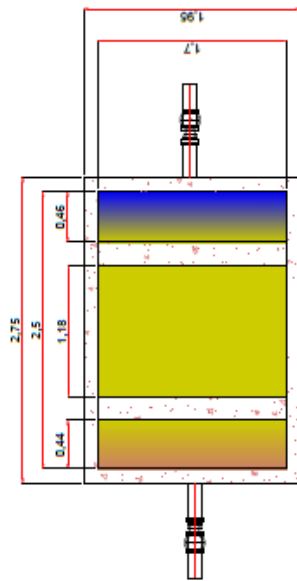
Tanque de almacenamiento



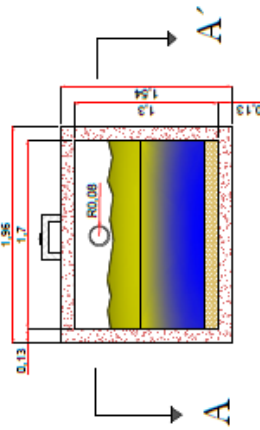
Trampa de grasas

TRAMPA DE GRASAS

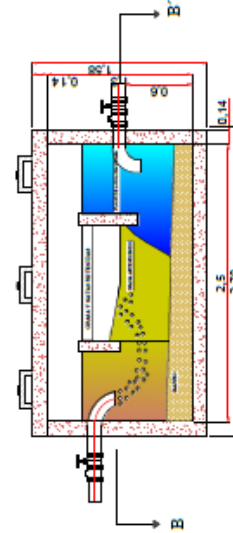
VISTA PLANTA



CORTE A-A'

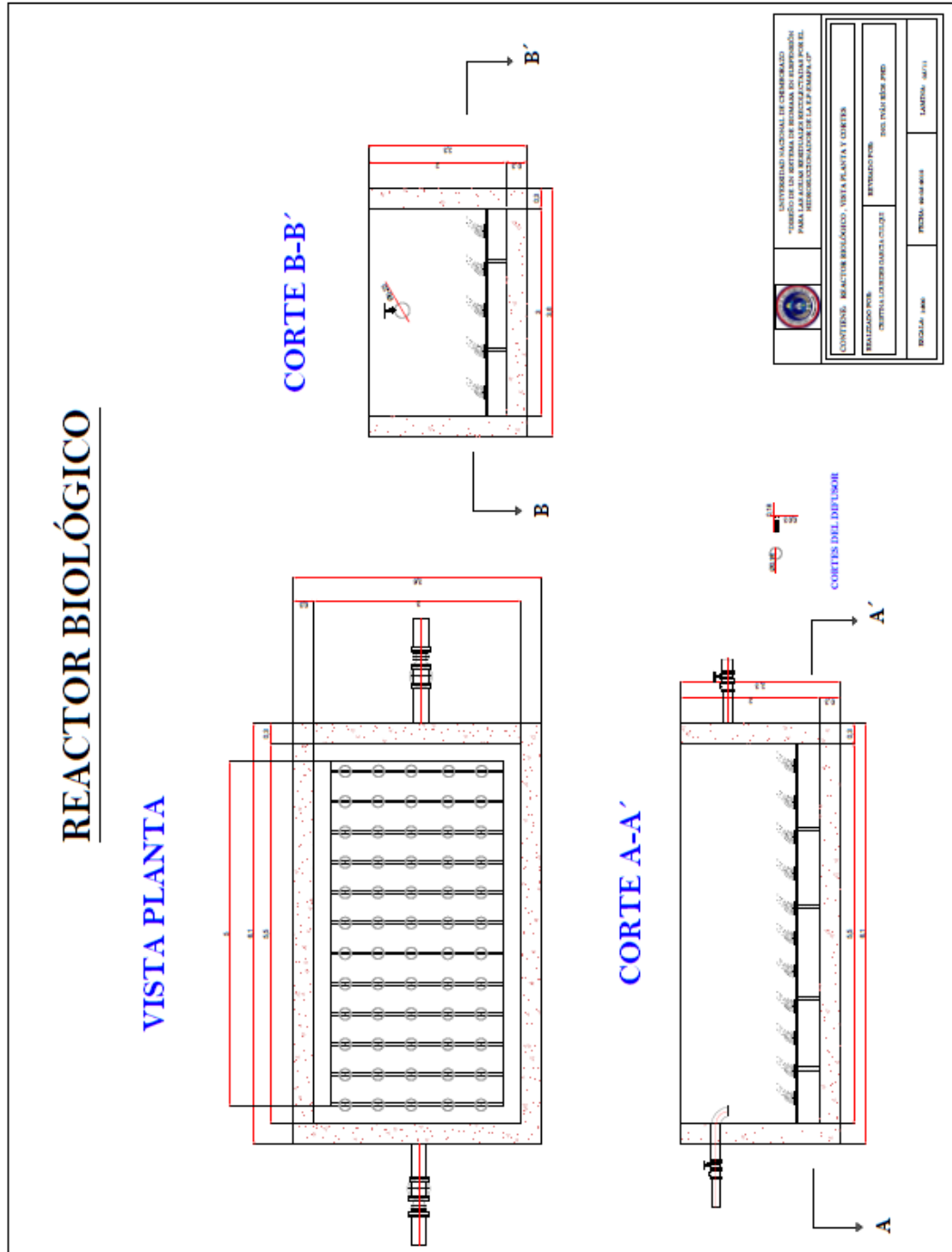


CORTE B-B'

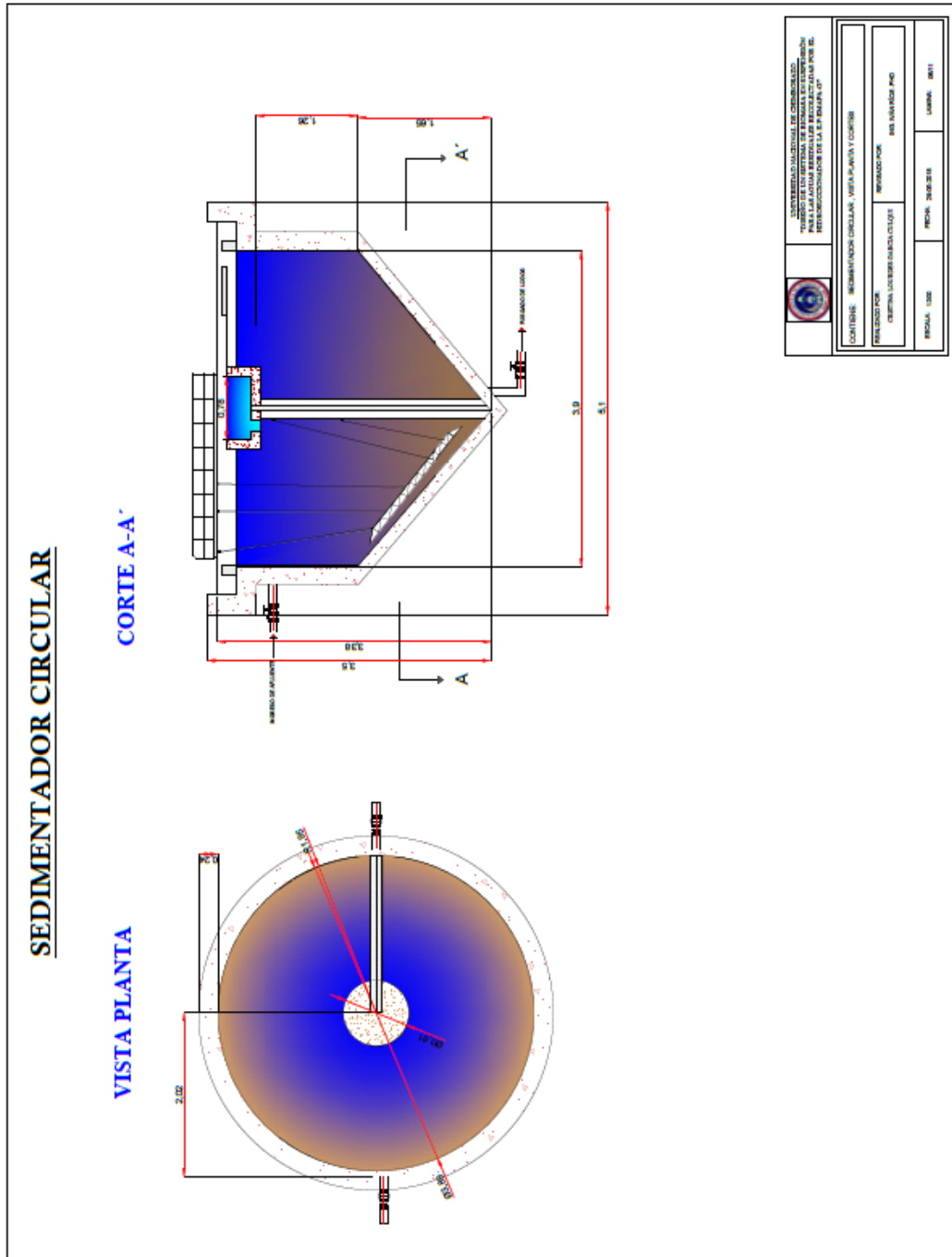


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO		INSTITUCIÓN CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO	
TÍTULO TRAMPA DE GRASAS, VISTA PLANTA Y CORTES		INFORMACIÓN ING. FREDY RIVERA AND.	
ESCUELA INGENIERIA	PROFESOR ASISTENTE FREDY RIVERA AND.	LABORATORIO 4011	

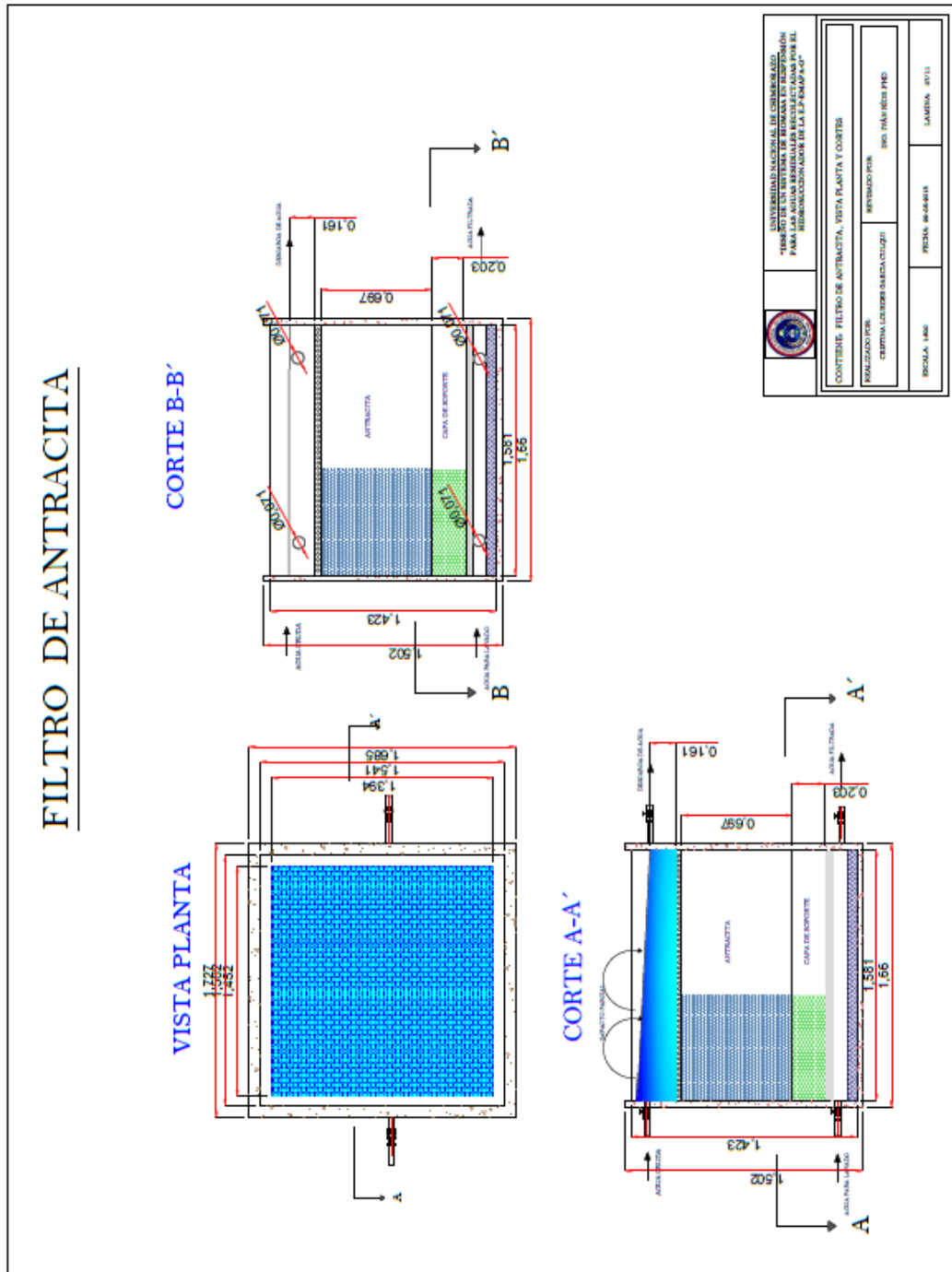
Reactor biológico



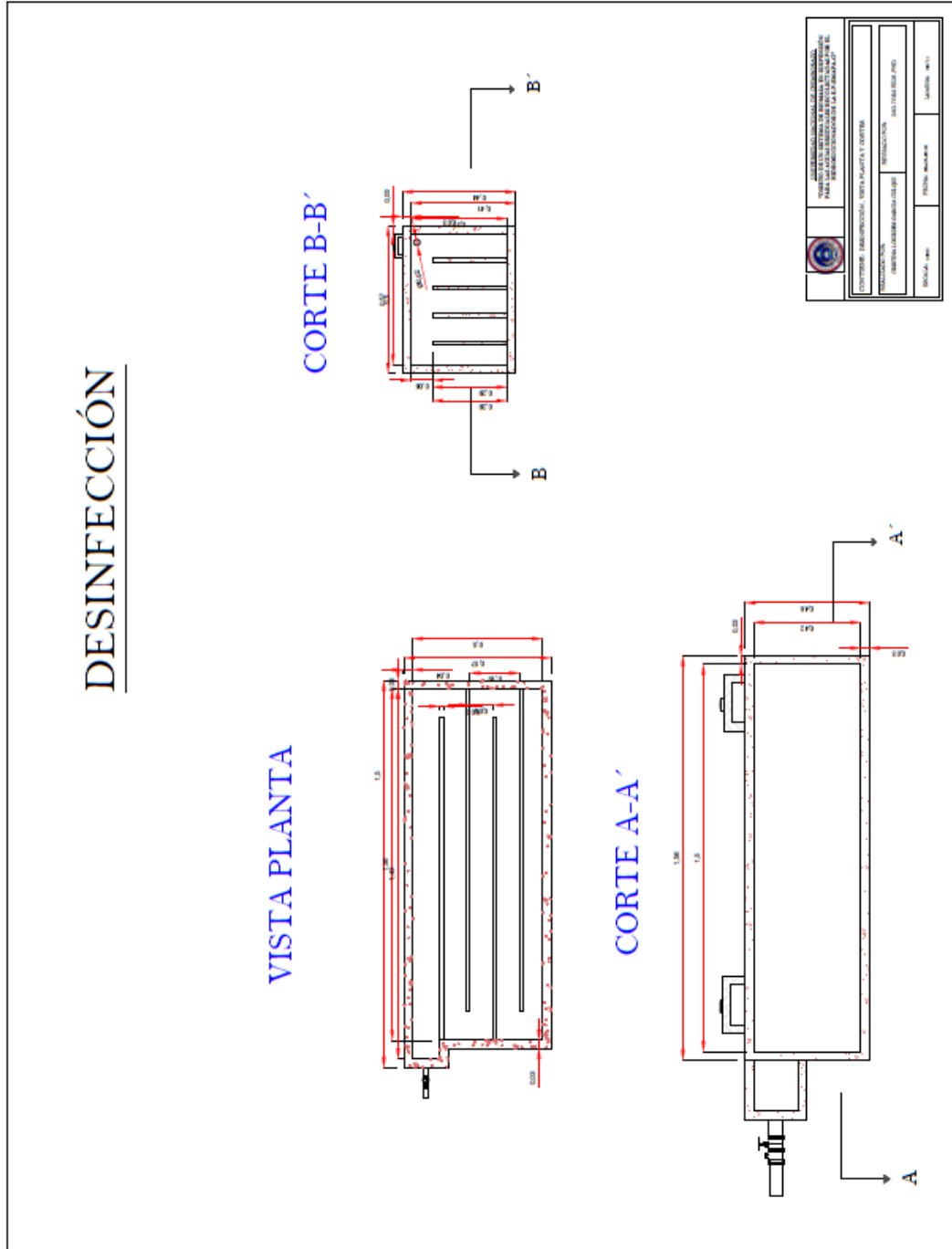
Sedimentador circular



Filtro de antracita



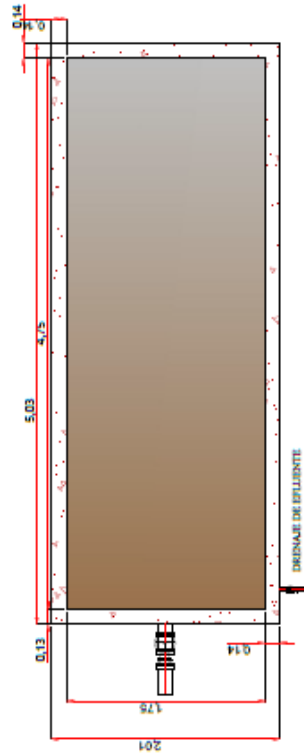
Tanque de desinfección



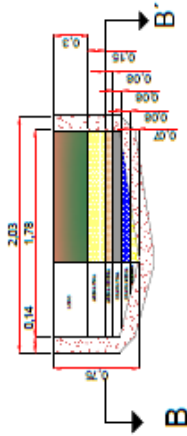
Lecho de secado

LECHO DE SECADO DE LODOS

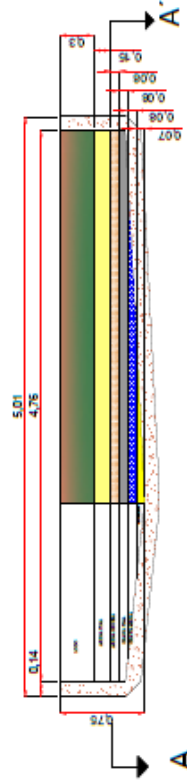
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

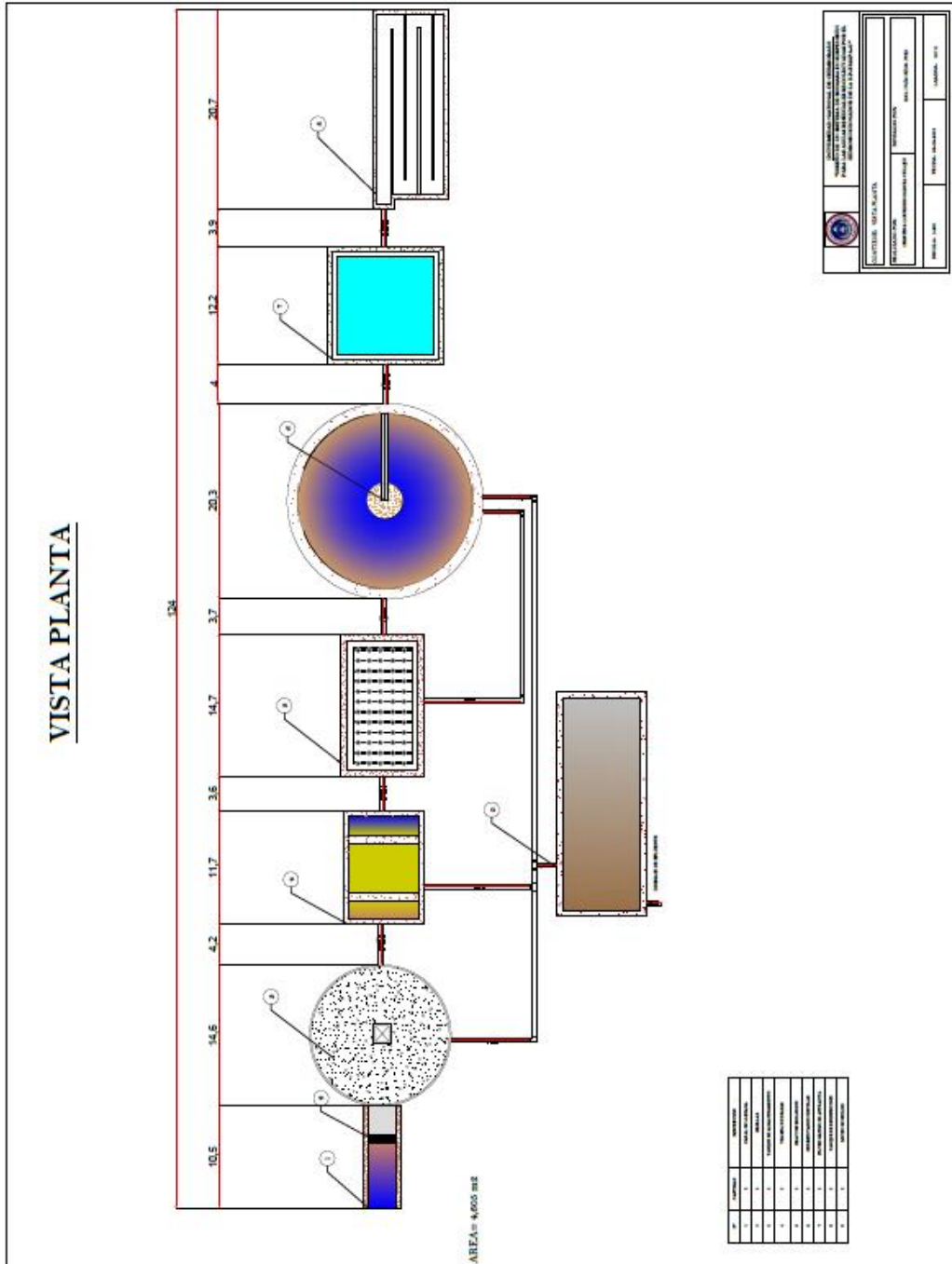


CORTE A-A'



INSTITUTO NACIONAL DE CONSERVACIÓN MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESQUERÍA INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ESPERANZA	
CONTENIDO: LECHO DE SECADO - VISTA PLANTA Y CORTES	
FECHA DE ELABORACIÓN:	FECHA DE APROBACIÓN:
ELABORADO POR:	APROBADO POR:
ESCALA: 1:500	LUGAR: 2024

Vista planta



Planta corte longitudinal

