



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA”.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4. Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

Sub línea. Desarrollo y sostenibilidad

AUTOR: JHONNY GUSTAVO JIMÉNEZ TORRES

ASESOR: Mgs. SANTIAGO XAVIER MAFLA ANDRADE

IBARRA, JULIO – 2019

Ibarra, 31 de julio de 2019

Mgs. Santiago Xavier Mafla Andrade
ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECCA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 

Mgs. Santiago Xavier Mafla Andrade

C.C.: 100265839-9

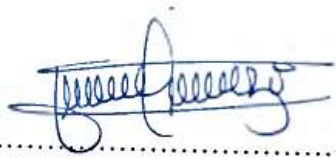
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

Mgs. Santiago Xavier Mafla Andrade

C.C.: 100265839-9

(f): 

Ph.D. Yadira Fernanda Ordoñez Vivanco

C.C.: 110376486-4

(f): 

Mgs. Diego Manuel León Tápiá

C.C.: 171166889-5

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Jhonny Gustavo Jiménez torres, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizations de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 31 de julio de 2019

(f.).....

Jhonny Gustavo Jiménez Torres

C.C.100450388-2

AUTORÍA

Yo, Jhonny Gustavo Jiménez Torres, portador de la cédula de ciudadanía N° 1004503882, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f.).....

Jhonny Gustavo Jiménez Torres

C.C.100450388-2

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Jhonny Gustavo Jiménez Torres, con CC: 100450388-2, autor del trabajo de grado intitulado: “implementación de una planta de tratamiento para aguas residuales en la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Ibarra”, previo a la obtención del título profesional de “Ingeniero en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo”, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 31 de julio de 2019

(f.).....

Jhonny Gustavo Jiménez Torres

C.C.100450388-2

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: **“implementación de una planta de tratamiento para aguas residuales en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra”** lo propuesto en el Código de Ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 15 de enero del 2018.

Ibarra, 31 de julio de 2019

(f.).....
Jhonny Gustavo Jiménez Torres

C.C.100450388-2

DEDICATORIA

A mis padres Jhonny Jiménez y Patricia Torres y mis abuelitos Gustavo Torres y Pepita Granda por estar en todo momento apoyándome y dándome un excelente ejemplo de cómo ser una buena persona y un excelente profesional, todos mis logros son gracias a ustedes.

Sin ustedes jamás hubiera aprendido lo difícil que puede ser la vida pero con dedicación, esfuerzo, honestidad y siempre dando lo mejor se puede llegar alcanzar grandes cosas.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ese apoyo incondicional sin importar las decisiones que he tomado siempre han estado para ayudarme de alguna manera, sin duda alguna sin ustedes no sería nada, me han enseñado el camino que debo seguir, las cosas y buenas malas por las que debemos pasar todos, gracias a ustedes nunca me ha faltado nada. Les amo mucho, espero algún día devolverles todo lo que me han dado.

A mi abuelitos Gustavo y Pepita por sus sabios consejos y buenos ejemplos de cómo debe ser un excelente profesional y una de las frases que siempre decía mi abuelito es “más vale un excelente zapatero que un pésimo médico” es por eso que siempre todo lo hago con mucho corazón, las enseñanzas que dejaste en mi jamás las voy a olvidar.

A mi tutor y amigo Santiago que siempre estuvo pendiente de los problemas que se puedan presentar en esta etapa académica además que ha sido muy influyente para que esta tesis se pueda realizar y como no siempre brindando buenos consejos para mejorar, muchas gracias por todo

A toda mi familia que siempre está pendiente de como estoy que siempre me están transmitiendo ese cariño y amor, espero que se sientan orgullosos

A mis profes Héctor Fuertes, Paola Chávez y Moraima Mera que me han compartido muy buenos conocimientos respecto a la carrera, siempre han estado para ayudarme cuando les he necesitado para aclarar mis dudas y por supuesto por ser ejemplos a seguir de excelentes profesionales

A Cinthya que siempre ha estado apoyándome sin importar nada, brindándome amor y cariño, gracias por estar a mi lado toda mi etapa en la universidad pase lo que pase siempre tendrás mi respeto y espero que también cumplas todas tus metas y seas una gran profesional porque todo lo que haces lo haces con amor y honestidad.

A mis amigos Henry, César y Karito quienes me han ayuda muchas veces y con quien he pasado gratos momentos, gracias de verdad por todo lo vivido jamás los voy a olvidar, espero que su vida sea llena de éxitos gracias por todo

Al personal de la granja Ing.Puerres , Ing Eduardo y Don José que siempre aportaron con ideas y siempre dando una mano en la realización del proyecto sin ustedes el proyecto aun seguiría en construcción gracias por todas las soluciones brindadas , son unos excelentes profesionales de verdad un agradecimiento especial la ECAA sin ustedes no sería igual

ÍNDICE

1.	RESUMEN Y PALABRAS CLAVES.....	1
2.	ABSTRACT	2
3.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.1	Objetivo General:	4
3.2	Objetivos Específicos:.....	4
4.	ESTADO DEL ARTE.....	5
4.1	Línea base.....	5
4.1.1	Componente abiótico del lugar.....	5
4.1.2	Clima.....	6
4.1.3	Topografía.....	13
4.1.4	Componente biótico del lugar.....	14
4.1.5	Ubicación actual del proyecto.....	15
4.1.6	Ecosistemas de importancia.....	15
4.1.7	Actividades económicas	16
4.2	Importancia del agua.	16
4.3	Las aguas residuales	17
4.4	Objetivos del tratamiento de aguas residuales.	18
4.5	Eliminación de patógenos	18
4.6	Tipos de aguas residuales	19
4.7	Toma de muestras de aguas residuales.....	23
4.7.1	Toma de muestras compuestas.	24
4.8	Caracterización de aguas residuales	24
4.9	Plantas de tratamiento	25

4.9.1	Pretratamiento	26
4.9.2	Biodigestor	26
4.9.3	Tratamiento primario	27
4.9.4	Tratamiento secundario.....	27
4.9.5	Tratamiento biológico:.....	29
4.9.6	Proceso de tratamiento biológico:.....	29
4.9.7	Descripción del proceso de eliminación de nitrógeno biológico	31
4.9.8	Eliminación biológica del fósforo.....	33
4.9.9	Descripción del proceso de asentamiento	33
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
5.1	Metodología	40
5.1.1	Toma de muestras:	40
5.1.2	Medición de coliformes totales y fecales.....	41
5.1.3	Medición de nitrógeno total	41
5.1.4	Medición de Turbidez.....	42
5.1.5	Medición de Conductividad.....	42
5.1.6	Medición de pH	43
5.1.7	Medición de nitritos	43
5.1.8	Medición de nitratos	43
5.1.9	Medición de hierro.....	43
5.1.10	Medición de amonio	44
5.1.11	Medición de sulfatos.....	44
5.1.12	Medición de fosfatos.....	44
5.1.13	Medición sólidos totales	45

5.1.14	Medición de DQO.....	45
5.1.15	Medición de DBO.....	46
5.2	Implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	46
5.2.1	Caja de revisión 1	46
5.2.2	Caja de revisión 2	47
5.2.3	Caja de revisión 3	48
5.2.4	Biodigestor.....	49
5.2.5	Sedimentador	50
5.2.6	Bioreactor.....	51
5.2.7	Sistema eléctrico.....	52
5.2.8	Clarificadores.....	53
5.2.9	Tanque de almacenamiento	53
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
6.1	Medición de caudales:.....	55
6.2	Resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos.....	57
6.3	Análisis estadísticos de cada uno de los parámetros medidos antes y después de ingresar a la planta de tratamiento	60
6.4	Socialización	89
7.	CONCLUSIONES.....	92
8.	RECOMENDACIONES	93
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
10.	ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población económicamente activa en el Cantón Ibarra	16
Tabla 2. Instrumentos	35
Tabla 3. Resultados de la caracterización física, química y microbiológica en los diferentes procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales	57
Tabla 4. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del amonio antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.	60
Tabla 5. Prueba de muestras emparejadas	60
Tabla 6. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del sulfato antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema	62
Tabla 7. Prueba de muestras emparejadas	62
Tabla 8. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del BDO antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.	64
Tabla 9. Prueba de muestras emparejadas	64
Tabla 10. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema	66
Tabla 11. Prueba de muestras emparejadas	66
Tabla 12. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del fósforo antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.....	68
Tabla 13. Prueba de muestras emparejadas	68
Tabla 14. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del nitrógeno antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.....	70
Tabla 15. Prueba de muestras emparejadas	70
Tabla 16. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del hierro antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.....	72
Tabla 17. Prueba de muestras emparejadas	72
Tabla 18. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de sólidos totales antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.....	74
Tabla 19. Prueba de muestras emparejadas	74

Tabla 20. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de sólidos volátiles antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema ..	76
Tabla 21. Prueba de muestras emparejadas	76
Tabla 22. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de nitritos antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema	78
Tabla 23. Prueba de muestras emparejadas	78
Tabla 24. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de nitratos antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema	80
Tabla 25. Prueba de muestras emparejadas	80
Tabla 26. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de la conductividad antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema...	82
Tabla 27. Prueba de muestras emparejadas	82
Tabla 28. Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de la turbidez antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.	84
Tabla 29. Prueba de muestras emparejadas	84

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Temperatura promedio diaria.	7
Figura 2. Porcentaje de tiempo empleado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado por el porcentaje de cielo cubierto por nubes.	8
Figura 3. Porcentaje de días en los que se observa la probabilidad diaria de precipitación, excluyendo cantidades traza: lluvia sola, nieve sola y mixta.....	9
Figura 4. Precipitación promedio (línea continua) acumulada en el transcurso de un período móvil de 31 días centrado en el día en cuestión.	10
Figura 5. Número de horas durante las cuales el Sol es visible.....	10
Figura 6. Porcentaje de tiempo empleado en varios niveles de confort de humedad.....	11
Figura 7. Promedio de las velocidades del viento por hora.	12
Figura 8. Dirección del viento	13
Figura 9. Mapa ubicación PTAR ECAA	15
Figura 10. Tipos de aguas residuales.....	19
Figura 11. Esquema referente a un tratamiento primario de aguas residuales.....	23
Figura 12. Diseño 3D de la caja de 1 de revisión	47
Figura 13. Diseño 3D de la caja de revisión 2	48
Figura 14. Diseño de la caja de revisión 3	48
Figura 15. Diseño del biodigestor.....	50
Figura 16. Diseño del sedimentador	51
Figura 17. Diseño del reactor biológico.....	52
Figura 18. Diseño de clarificadores	53
Figura 19. Diseño del tanque de almacenamiento	54
Figura 20. Promedio del parámetro amonio en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales	61
Figura 21. Promedio del parámetro sulfatos en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales	63
Figura 22. Promedio del DBO_5 en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales	65

Figura 23. Promedio del parámetro DQO en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales	67
Figura 24. Promedio del parámetro fósforo en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	69
Figura 25. Promedio del parámetro nitrógeno en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	71
Figura 26. Promedio del parámetro Hierro en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	73
Figura 27. Promedio del parámetro sólidos totales en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	75
Figura 28. Promedio del parámetro sólidos volátiles en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	77
Figura 29. Promedio del parámetro nitritos en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	79
Figura 30. Promedio del parámetro nitratos en mg.l ⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.	81
Figura 31. Promedio del parámetro conductividad en us antes y después del tratamiento de aguas residuales	83
Figura 32. Promedio del parámetro turbidez en NTU antes y después del tratamiento de aguas residuales.	85
Figura 33. Cambios de pH en los distintos sistemas de la planta de tratamiento.	86
Figura 34. Variación de temperatura en los diferentes sistemas de tratamiento.....	87
Figura 35. Comparación de aumento y disminución de coliformes totales con coliformes fecales.	88
Figura 36. Resultados de las encuestas sobre organización del evento de socialización.	89
Figura 37. Resultados de las encuestas sobre la ejecución del evento por parte del expositor.	90
Figura 38. Resultados de las encuestas sobre la medición de impacto de la investigación.	90
Figura 39. Lista de asistencia a socialización de investigación	114
Figura 40. Lista de asistencia a socialización de investigación	115

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1. Manual de operación y limpieza de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales ECAA	100
Anexo 2. Formato para la Encuesta de la socialización de la investigación.	112
Anexo 3. Lista de asistencia a socialización de investigación.....	114
Anexo 4. Fotografías de la construcción de la PTAR.....	116
Anexo 5. Fotografías de los materiales e instrumentos utilizados en la construcción de la PTAR	117
Anexo 6. PTAR en funcionamiento.....	118
Anexo 7. Mantenimiento PTAR	119
Anexo 8. Certificado y exposición en VI Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería Ambiental, avances y desafíos de la conservación y sostenibilidad en el Ecuador”	120

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El “Agua Residual” proveniente de procesos productivos pecuarios es un tema de importancia debido a las características que posee el agua que contienen altos niveles de nitritos y nitratos que causan problemas como la eutrofización.

Por tal motivo se realizó el diseño e implementación de planta de tratamiento de aguas residuales en la granja de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) perteneciente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra.

Para realizar las dimensionamiento se tomó en cuenta el caudal máximo de $1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ durante 45 minutos todos los días, pasado este tiempo se anula el caudal. Posterior al diseño se procedió a la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales con un sistema en paralelo, el cual cuenta con una caja de revisión con cribado que evita el ingreso de material particulado mayor a 2 cm.

El agua residual pasa a un biodigestor de 2000 litros donde se depositan la mayor cantidad de sedimentos orgánicos, obteniendo así una fermentación anaeróbica, este tanque fue modificado para obtener gas, lodos y agua. El agua saliente es conducida a un tanque sedimentador (homogenizador) de 2500 litros del cual distribuye a 2 tanques aeróbicos de 500 litros en los cuales el agua residual es sometida a aireación mediante turbinas la cual llega al último proceso que es la clarificación que se realiza en 2 tanques de 1300 litros. El agua tratada es llevada y almacenada en un tanque de 2500 litros.

Para evidenciar que todo el proceso funcionó correctamente se realizaron análisis de laboratorio teniendo como los parámetros más importantes DBO, DQO, ST, NH_4^{+1} y NTK dando como resultados una disminución significativa del DQO en 96,2%, de DBO en 93,8%, de ST en 97,97%, de NH_4^{+1} en un 96,87% y NTK en un 78%.

PALABRAS CLAVE. Eutrofización, sedimentos, residual, fermentación

2. ABSTRACT

The "Wastewater" from livestock production processes is an important issue due to the characteristics of water that contain high levels of nitrites and nitrates that cause problems such as eutrophication.

For this reason, the design and implementation of a wastewater treatment plant was carried out on the farm of the School of Agricultural and Environmental Sciences (ECAA) belonging to the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ibarra headquarters.

To realize the dimensioning, the maximum flow of 1 l.s-1 was taken into account for 45 minutes every day, after this time the flow is canceled. After the design, a wastewater treatment plant was built with a parallel system, which has a review box with screening that prevents the entry of particulate material larger than 2 cm.

The wastewater passes to a 2000-liter biodigester where the largest amount of organic sediments are deposited, thus obtaining anaerobic fermentation, this tank was modified to obtain gas, sludge and water. The outgoing water is taken to a sedimentation tank (homogenizer) of 2500 liters of which it distributes to 2 aerobic tanks of 500 liters in which the waste water is subjected to aeration by means of turbines which reaches the last process that is the clarification that is carried out in 2 tanks of 1300 liters. The treated water is carried and stored in a 2500 liter tank.

To show that the whole process worked correctly, laboratory analyzes were carried out with the most important parameters as BOD, COD, ST, NH₄ + 1 and NTK, resulting in a significant decrease in COD in 96.2%, BOD in 93.8 %, of ST in 97.97% of NH₄ + 1 in 96.87% and NTK in 78%.

KEYWORDS. Eutrophication, sediments, residual, fermentation

3. INTRODUCCIÓN

El agua cubre el 71% de la superficie de la tierra y constituye el 65% de nuestros cuerpos. Es fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible, además el agua contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan, es por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta (Sonune y Ghate, 2004).

Alvarado (2012), indica que las aguas residuales son aquellas que han sido contaminadas con orina proveniente de animales o humanos al igual que sustancias fecales. La importancia radica en el sistema para reducir la contaminación de estas aguas mediante tratamientos.

Una de las grande problemáticas la menciona García (1985), “Los residuos agrícolas contienen altos niveles de nitratos, fosfatos, amonio y sulfuros, y el drenaje de los silos puede ser tóxico, debido a sus bajos niveles de pH” haciendo que sobrepasen los límites permisibles para el vertido al alcantarillado.

Whesley (1981), indica que los tratamientos biológicos se trata sobre la utilización de microorganismos nativos o externos para que puedan asimilar sustancias que se encuentran suspendidas o que están disueltas en el agua residual y de esta manera las bacterias pueden asimilar estas sustancias como alimento el cual les servirá como energía para poder sobrevivir y continuar con sus funciones, si controlamos las condiciones dentro de un sistema de tratamiento como es proporcionar más oxígeno , un pH ideal ,además de una temperatura adecuada y brindar más alimento para las bacterias los microorganismos en este caso bacterias serán usados para lograr un tratamiento biológico que servirá para la disposición final del agua trata, el agua podrá ser utilizada para riego o para ser vertida al alcantarillado con parámetros ideales.

Con base en lo expuesto se afirma que es de suma importancia implementar una planta de tratamiento de aguas residuales para evitar pasivos ambientales que pueden generar grandes problemas al medio ambiente, por tal motivo la disposición final de aguas residuales debe

ser sometida a un tratamiento incluso para ser vertida al alcantarillado, la importancia de una adecuada disposición final radica en devolver el agua en condiciones aceptables para que las futuras generaciones puedan contar con reservas de agua aptas para el consumo humano mejorando así la calidad de vida.

3.1 Objetivo General:

- Implementar una planta de tratamiento para aguas contaminadas con purines, en la granja experimental de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales en la PUCE-SI

3.2 Objetivos Específicos:

1. Caracterizar física, química y microbiológicamente las aguas que salen de la tubería de la granja de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales en la PUCE-SI mediante análisis de laboratorio para determinar las condiciones en las que se encuentra el agua.
2. Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamientos mediante análisis de calidad de agua
3. Socializar los resultados de la investigación

Con la aplicación del desarrollo tecnológico (planta de tratamiento) se busca que las aguas residuales provenientes de la granja de la PUCE-SI alcancen parámetros permisibles para el vertido en el alcantarillado y su posible reutilización.

4. ESTADO DEL ARTE.

4.1 Línea base

4.1.1 Componente abiótico del lugar

4.1.1.1 Geología y edafología

Ibarra está formada por rocas del Plioceno Terciario y Pleistoceno Cuaternario provenientes de restos volcánicos de Imbabura y Angochagua además de terrazas indiferenciadas, formación silante y sedimentos provenientes de San Gerónimo (Geoderma ,1973).

Según Geoderma (1973), menciona que la edafología de la ciudad de Ibarra presenta suelos derivados de materiales piroclásticos, alofánicos, franco arenosos teniendo en cuenta también que contiene una saturación de bases inferior al 50% y suelos muy negros especialmente en la zona de paramos.

4.1.1.2 Localización geográfica

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra se encuentra ubicada dentro del área urbana, Av. Padre Aurelio Espinosa Polit, Ibarra, sector la Victoria con coordenadas UTM 17N 822055,45 38452,34

4.1.1.3 Datos geomorfológicos

Según la información general proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Miguel de Ibarra las elevaciones montañosas más importantes con las que cuenta Ibarra hacen referencia al volcán Imbabura que se encuentra a 4500 m.s.n.m y junto al Cubilche con una elevación de 3800 m.s.n.m y el Cunro con una elevación de 3304 m.s.n.m (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2018).

4.1.1.4 Uso y cobertura del suelo

El uso de suelos se basa principalmente en uso agrícola, uso forestal y ganadería. 68002,71 ha son destinadas al uso forestal, estas se encuentran en Salinas y Ambuquí. Principalmente

el uso agrícola es de cultivos de ciclo corto y cultivos perennes. (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2013)

El uso que se le da al suelo en la granja experimental ECAA perteneciente a la PUCE-SI es principalmente la rotación de cultivos y ganadería.

4.1.2 Clima

Basado en un análisis estadístico de informes meteorológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos desde el 1 de enero de 1980 hasta el 31 de diciembre de 2016. En la temporada de lluvias Ibarra está nublada, la estación seca es parcialmente nublada y es cómoda durante todo el año. Ibarra presenta un clima templado-seco mediterráneo contando también con la presencia de vientos cálidos y secos (Weather Spark ,2018).

4.1.2.1 Temperatura

La estación cálida tiene una duración de 1 mes, del 9 de septiembre al 9 de octubre, con un promedio de temperatura diario por encima de 24°C. El día más caliente del año es 21 de septiembre con un promedio de 24°C y bajo de 14°C, además la estación fresca tiene una duración de 1,7 meses, del 2 de junio hasta el 25 de julio con un promedio de temperatura diario por debajo de 23°C. El día más frío del año es 13 de julio con un promedio bajo de 13°C y alta de 23°C (Weather Spark ,2018).

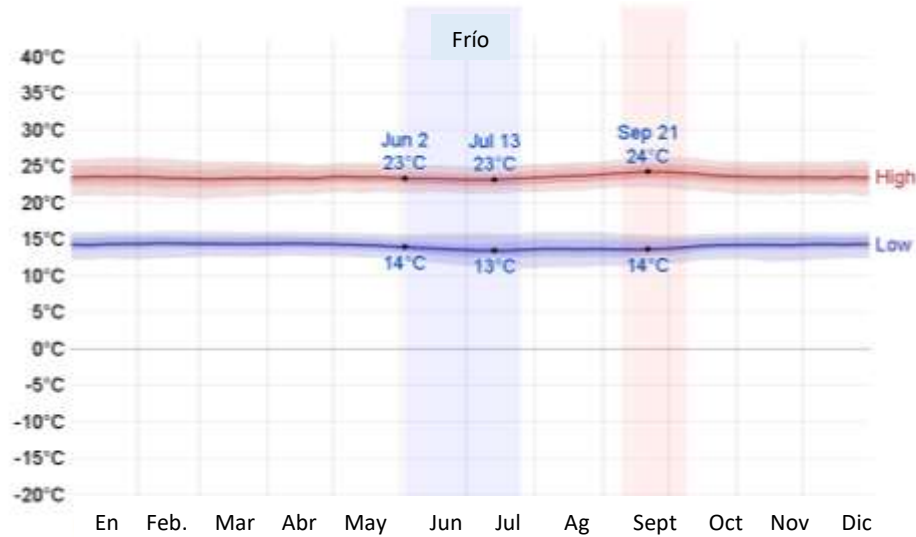


Figura 1. Temperatura promedio diaria.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

La figura 1 indica la temperatura promedio diaria de la ciudad de Ibarra, alta (línea roja) y baja (línea azul). (Weather Spark ,2018)

4.1.2.2 Nubosidad

En Ibarra, el porcentaje promedio del cielo está cubierto por nubes (figura 2), en donde la parte más clara del año en Ibarra comienza alrededor del 25 de mayo y dura 4,2 meses, y termina alrededor del 30 de septiembre. Según los datos tomados del año 2018 de Weather Spark el 30 de julio fue el día más claro del año en donde el cielo está despejado, el 45% del tiempo permanece nublado o y el 55% del tiempo permanece casi nublado y la parte más nublada del año comenzó alrededor del 30 de septiembre y dura 7,8 meses y terminó alrededor del 25 de mayo. El 14 de marzo fue el día más nublado del año en donde el cielo se presentó nublado o en su mayor parte nublado el 90% del tiempo, y el 10% del tiempo permaneció despejado, casi siempre despejado o parcialmente nublado. (Weather Spark ,2018)

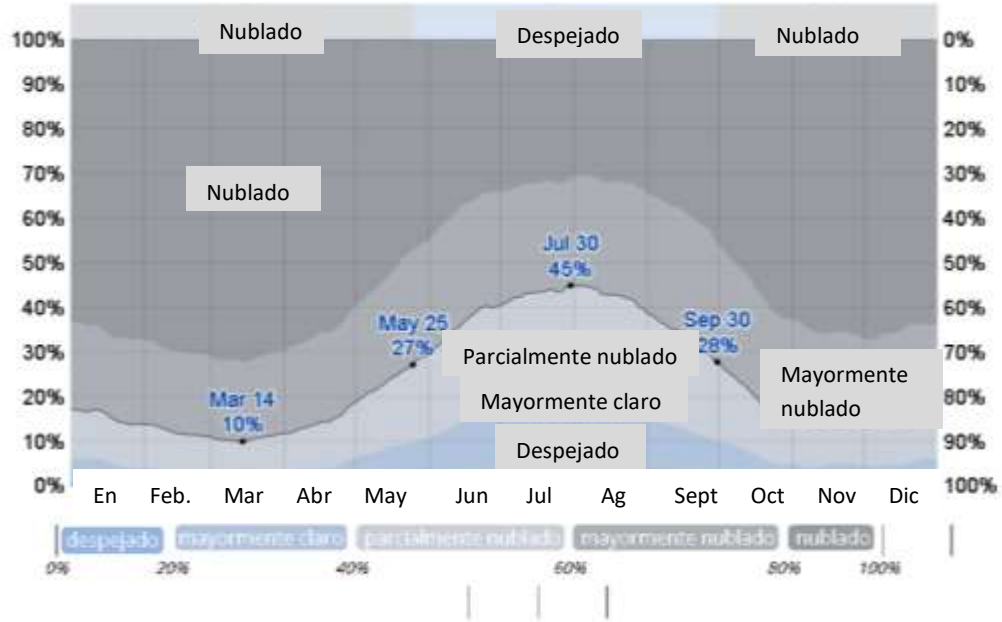


Figura 2. Porcentaje de tiempo empleado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado por el porcentaje de cielo cubierto por nubes.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

4.1.2.3 Precipitaciones

Un día húmedo es uno con al menos 1,00 milímetros de precipitación líquida o equivalente líquida. La posibilidad de días húmedos en Ibarra varía muy significativamente a lo largo del año (Weather Spark ,2018).

En la figura 3 se observa datos del 2018 en donde la temporada más húmeda duró 6 meses, del 16 de noviembre al 24 de mayo, con más del 40% de probabilidad de que un día determinado sea un día húmedo. La probabilidad de un día húmedo llegó al 70% el 22 de abril (Weather Spark ,2018).

La temporada más seca duró 5,7 meses, del 24 de mayo al 16 de noviembre. La probabilidad más pequeña de un día húmedo fue del 11% al 3 de agosto. (Weather Spark ,2018).

Entre los días húmedos, distinguimos entre aquellos que experimentan solo lluvia, solo nieve o una mezcla de ambos. Según esta clasificación, la forma más común de precipitación durante

todo el año es la lluvia sola, con una probabilidad máxima del 70% el 22 de abril. (Weather Spark ,2018)

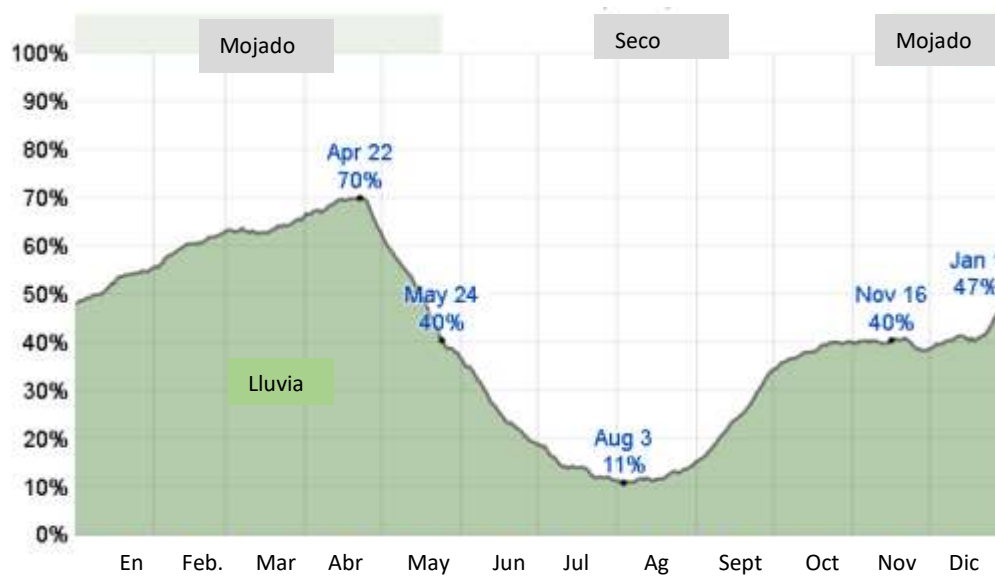


Figura 3. Porcentaje de días en los que se observa la probabilidad diaria de precipitación, excluyendo cantidades traza: lluvia sola, nieve sola y mixta.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

4.1.2.4 Lluvia

La lluvia cae durante todo el año en Ibarra. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor de 12 de abril, con una acumulación total media de 154 milímetros (figura 4).

La menor cantidad de lluvia cae alrededor del 7 de agosto, con una acumulación total promedio de 14 milímetros. (Weather Spark ,2018)

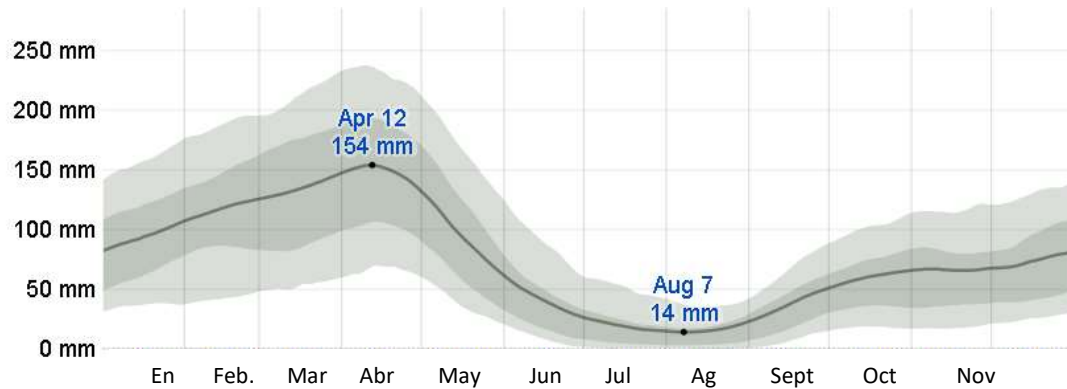


Figura 4. Precipitación promedio (línea continua) acumulada en el transcurso de un período móvil de 31 días centrado en el día en cuestión.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

4.1.2.5 Luz solar

La longitud del día en Ibarra no varía sustancialmente en el transcurso del año (figura 5), manteniéndose dentro de 8 minutos de 12 horas en todas partes. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 12 horas y 6 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 9 minutos de luz natural (Weather Spark ,2018)

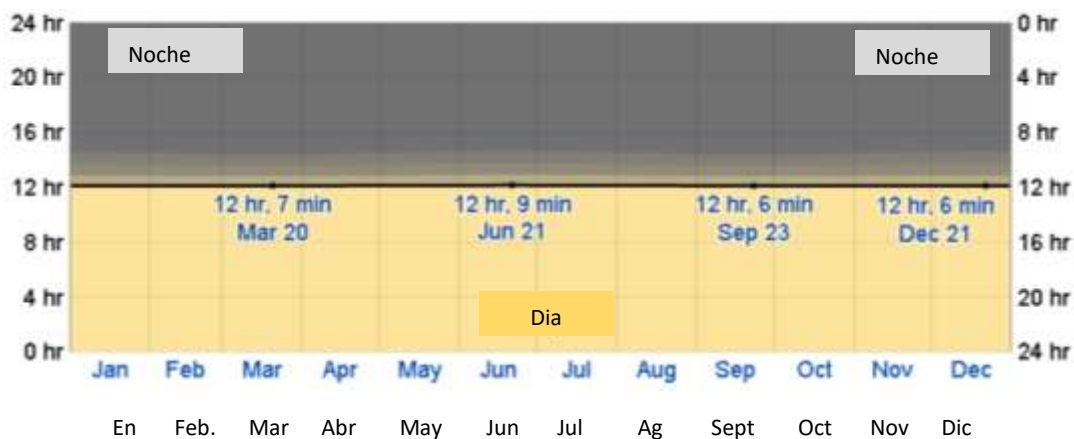


Figura 5. Número de horas durante las cuales el Sol es visible.

Fuente: (Weather Spark ,2018).

4.1.2.6 Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que determina si la transpiración se evaporará de la piel y enfriará el cuerpo. Los puntos de rocío más bajos se sienten más secos y los puntos de rocío más altos se sienten más húmedos. A diferencia de la temperatura, que normalmente varía significativamente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, por lo que si bien la temperatura puede bajar durante la noche, un día húmedo suele ir seguido de una noche húmeda (Weather Spark ,2018).

El nivel de humedad percibido en Ibarra, medido por el porcentaje de tiempo en el que el nivel de confort de humedad es húmedo, opresivo o miserable, no varía significativamente a lo largo del año, permaneciendo prácticamente constante en 0% como se observa en la figura 6 (Weather Spark ,2018).



Figura 6. Porcentaje de tiempo empleado en varios niveles de confort de humedad

Fuente: (Weather Spark ,2018)

4.1.2.7 Viento

Esta sección analiza el vector de viento promedio por hora de área amplia (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo (figura 7). El viento experimentado en cualquier ubicación dada depende en gran medida de la topografía local y otros factores, la velocidad y dirección instantáneas del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. (Weather Spark ,2018).

La velocidad promedio del viento por hora en Ibarra experimenta una variación estacional significativa a lo largo del año. (Weather Spark ,2018).

La parte más ventosa del año dura 3,5 meses, del 4 de junio al 19 de septiembre, con velocidades promedio del viento de más de 3,2 metros por segundo. El día más ventoso del año es el 31 de julio, con una velocidad promedio del viento por hora de 4,5 metros por segundo. (Weather Spark ,2018).

La época más tranquila del año dura 8,5 meses, del 19 de septiembre al 4 de junio. El día más tranquilo del año es el 3 de diciembre, con una velocidad promedio del viento por hora de 2,0 m.s⁻¹. (Weather Spark ,2018).

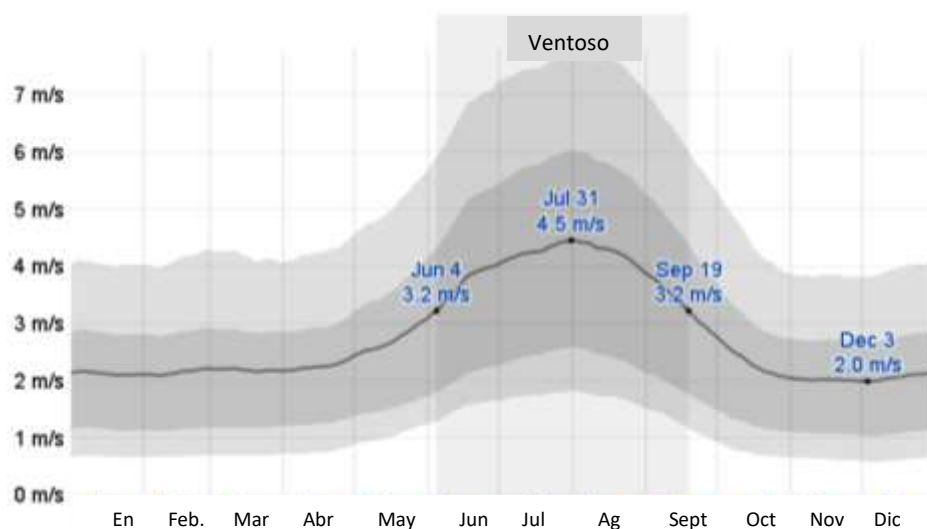


Figura 7. Promedio de las velocidades del viento por hora.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

La figura 7 indica el promedio de las velocidades medias del viento por hora (línea gris oscuro).

La dirección predominante promedio del viento por hora en Ibarra es desde el este durante todo el año. (Weather Spark ,2018).

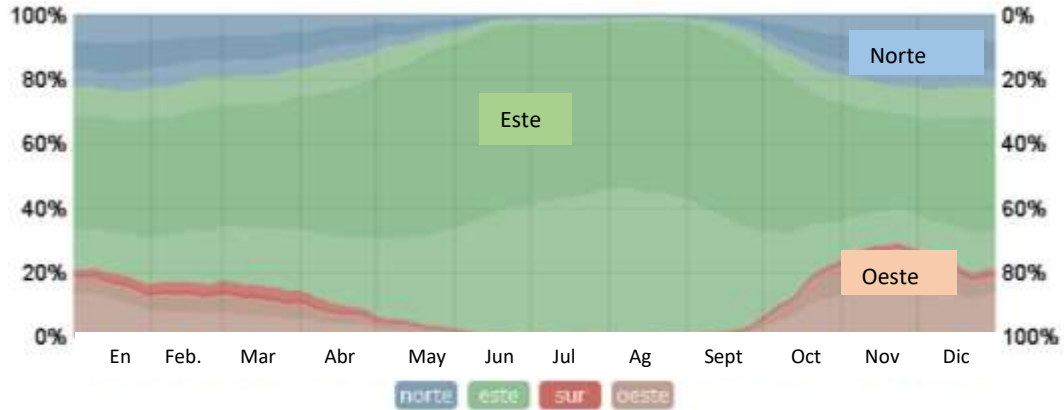


Figura 8. Dirección del viento

Fuente: (Weather Spark ,2018)

La figura 8 indica el porcentaje de horas en que la dirección media del viento corresponde a cada una de las cuatro direcciones cardinales del viento, excluyendo las horas en las que la velocidad media del viento es inferior a $0,4 \text{ m.s}^{-1}$. Las áreas ligeramente teñidas en los límites son el porcentaje de horas pasadas en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste) (Weather Spark ,2018).

4.1.3 Topografía

A los efectos de este informe, las coordenadas geográficas de Ibarra son de latitud 0,352 grados, -78,122 grados de longitud, y 2229 m de elevación (Weather Spark ,2018).

La topografía a 3 kilómetros de Ibarra contiene variaciones muy significativas en la elevación, con un cambio de elevación máximo de 536 metros y una elevación promedio sobre el nivel del mar de 2232 metros. Dentro de 16 kilómetros contiene variaciones muy significativas en elevación (3076 metros). Dentro de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de elevación (5487 metros) (Weather Spark ,2018).

El área dentro de los 3 kilómetros de Ibarra está cubierta por pastizales (56%) y árboles (28%), dentro de 16 kilómetros por pastizales (48%) y árboles (32%) y dentro de 80 kilómetros por árboles (57%) y pastizales (21%) (Weather Spark ,2018).

4.1.4 Componente biótico del lugar

4.1.4.1 Flora

El área de estudio está compuesta por matorral seco montano esto fue determinado gracias al mapa de vegetación del Ecuador que arrojo como resultados que el matorral seco montado está presente en 1400 y 2500 m.s.n.m en donde podemos encontrar ríos, teniendo en cuenta que en estas partes la vegetación toma otra densidad y coloración (Sierra et al ., 1999).

Los reportes en esta investigación indican la presencia de 22 y 34 especies de 0,50m de altura, prevaleciendo la vegetación espinosa.

La vegetación en la mayoría del tiempo tiene una característica seca y únicamente se observa verde en la época de lluvia.

Las familias de flora urbana más representativas del lugar son:

Aloeaceae, Bignoniaceae, Caesalpinaceae, Cactaceae, Sapindaceae, Portulacaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae.

En las partes que presentan más humedad: *Anacardiaceae, Bromeliaceae, Salicaceae* (Sierra et al, 1999).

4.1.4.2 Fauna

Ibarra se encuentra en un piso zoogeográfico templado el cual va desde los 1800 m.s.n.m a los 3000 m.s.n.m (Albuja et al., 2013).

Las especies que más se encuentran en este piso zoogeográfico correspondiente a Ibarra son

Reptiles: *Liophis albiventris, Guagsa Stenocercus guentheri, Pholidobolus montium,*

Aves: *Orejivioleta Ventriazul, coruscans, Coragyps artratus, Bulbuscus ibis, Notiochelidon murina, Zonotrichia capensis, Pheuticus chysogaster, Tyto alba, Lesbia victoriae, xanthocephala, auriculata, Patogonia gigas y Columbina passerina* (Albuja et al., 2013).

Mamíferos

Sciurus granatensis, *Chucuri Mustela frenata*, *Didelphis albiventris* (Albuja et al., 2013).

4.1.5 Ubicación actual del proyecto



Figura 9. Mapa ubicación PTAR ECAA

Elaborado por: El autor

La figura 9 muestra la ubicación de la PTAR ECAA dentro de la granja experimental perteneciente a la PUCE-SI.

4.1.6 Ecosistemas de importancia

Loma de guayabillas es un bosque protector ubicado el Río Tahuando y el Valle de la Campiña en el cual la principal vegetación es el eucalipto teniendo en cuenta la presencia

de pequeños lugares con vegetación nativa, es un sitio importante ya que es visitado frecuentemente (Albuja et al., 2013).

4.1.7 Actividades económicas

Tabla 1.

Población económicamente activa en el Cantón Ibarra

EDAD	NÚMERO DE PERSONAS ECONOMICAMENTE ACTIVAS	PORCENTAJE (%)
10 - 19 años	5,784	7,1
20 - 29 años	20,79	25,8
30 - 39 años	19,85	24,6
40 - 49 años	16,15	20,0
50 - 64 años	13,34	16,5
65 y más	4,55	5,6

Fuente: SIISE-Versión 2014 Elaborado por: El autor

La tabla 1 indica la población económicamente activa en el cantón Ibarra dando como el porcentaje más alto a personas de 20 - 29 años y el más bajo de 65 y más.

4.2 Importancia del agua.

El agua es el fundamento de la vida es un recurso crucial para la humanidad y para el resto de los seres vivos. Todos la necesitamos y no solo para beber. Nuestros ríos y lagos, nuestras aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger (Sonune y Ghate, 2004).

A lo largo del último siglo, el continuo crecimiento de la población y la industrialización han resultado en la degradación de diversos ecosistemas de los cuales depende la vida humana. En el caso del océano y el río esta contaminación es causada principalmente por la descarga inadecuada de Tratamiento de aguas residuales industriales y municipales (Chan et al., 2009).

Las aguas residuales causan grandes problemas debido a las actividades humanas como la agricultura, incluida la ganadería, así como el desarrollo urbano e industrial crean grandes cantidades de aguas residuales que deben tratarse antes de su descarga en cuerpos de agua o tierras. Si no se tratan adecuadamente, su carga de contaminantes puede causar un grave deterioro ambiental, con un impacto directo en la salud humana. Las aguas residuales urbanas y agrícolas acumulan grandes cantidades de contaminantes, como compuestos orgánicos, nitrógeno y fósforo, en aguas superficiales, aguas subterráneas y suelos. Estos contaminantes son responsables de la eutrofización y son nutrientes para una variedad de especies microbianas (Trikoilidou et al., 2016).

4.3 Las aguas residuales

Las aguas residuales son sólidos transportados por agua y líquidos que se descargan en las alcantarillas que representan los desechos de la vida comunitaria. Las aguas residuales incluyen sólidos orgánicos disueltos y suspendidos, que son "putrescibles" o biológicamente descomponibles (Sonune y Ghate., 2004).

Las aguas residuales son aguas cuyas propiedades físicas, químicas o biológicas se han modificado como un resultado de la introducción de ciertas sustancias que lo hacen inseguro para algunos propósitos que pueden ser para regadío, para recreación entre otros. Las actividades diarias del hombre dependen principalmente del agua y, por lo tanto, Descargar 'residuos' en el agua. Algunas de las sustancias incluyen desechos corporales (heces y orina), cabello, restos de comida, grasa, detergente en polvo, acondicionadores de tela, detergentes, limpiadores, suciedad, microorganismos (gérmenes) que pueden producir enfermedades a los animales y las personas. Aquí radica la importancia del tratamiento. El tratamiento de aguas residuales es el proceso y la tecnología que se utiliza para eliminar la mayoría de los

contaminantes que se encuentran en las aguas residuales para garantizar un medio ambiente sano y una buena salud pública. Por lo tanto, la gestión significa manejar las aguas residuales para proteger el medio ambiente y garantizar Salud pública, económica, social y política (Metcalf y Eddy, 1991).

El correcto funcionamiento sostenible de una planta de tratamiento biológico de aguas residuales está altamente vinculado a su eficiencia de remoción, costo de manejo de los lodos, consumo de energía y costo de monitoreo (Trikoilidou et al., 2016).

4.4 Objetivos del tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales es muy necesario por las razones mencionadas anteriormente.

Reducción de sustancias orgánicas biodegradables en el medio ambiente:

Sustancias orgánicas .como el carbono, el nitrógeno, el fósforo, el azufre en la materia orgánica deben descomponerse por oxidación en gases que se liberan o permanecen en solución (Romero, 2010).

Reducción de la concentración de nutrientes en el medio ambiente:

Nutrientes como el nitrógeno y el fósforo de las aguas residuales en el medio ambiente enriquece los cuerpos de agua que puede causar eutrofización lo que conduce al crecimiento de algas y otras plantas acuáticas. Estas plantas (algas) agotan el oxígeno en los cuerpos de agua y trae consecuencias directas hacia la diversidad de especies acuáticas (Romero, 2010).

4.5 Eliminación de patógenos:

Los organismos que causan enfermedades en plantas, animales y humanos son llamados patógenos o también son conocidos como microorganismos porque son muy pequeños para ser visto a simple vista. Ejemplos de microorganismos incluyen bacterias, virus, hongos, protozoos y helmintos. Estos microorganismos se excretan en grandes cantidades en heces de infectando animales y humanos (Awuah y Amankwaa-Kuffuor, 2002).

La población ha aumentado dando como resultado la presión o angustia sobre los ya escasos recursos hídricos. La urbanización también ha cambiado la naturaleza agraria de muchas áreas. El aumento de la población significa que hay que cultivar más alimentos para el cultivo. La población y la agricultura, como sabemos es con mucho el mayor usuario de agua disponible que significa que el crecimiento económico está colocando nuevas demandas en los suministros de agua disponibles (Academia Nacional, 2005).

La distribución temporal y espacial del agua también es un gran desafío (Academia Nacional, 2005).

4.6 Tipos de aguas residuales

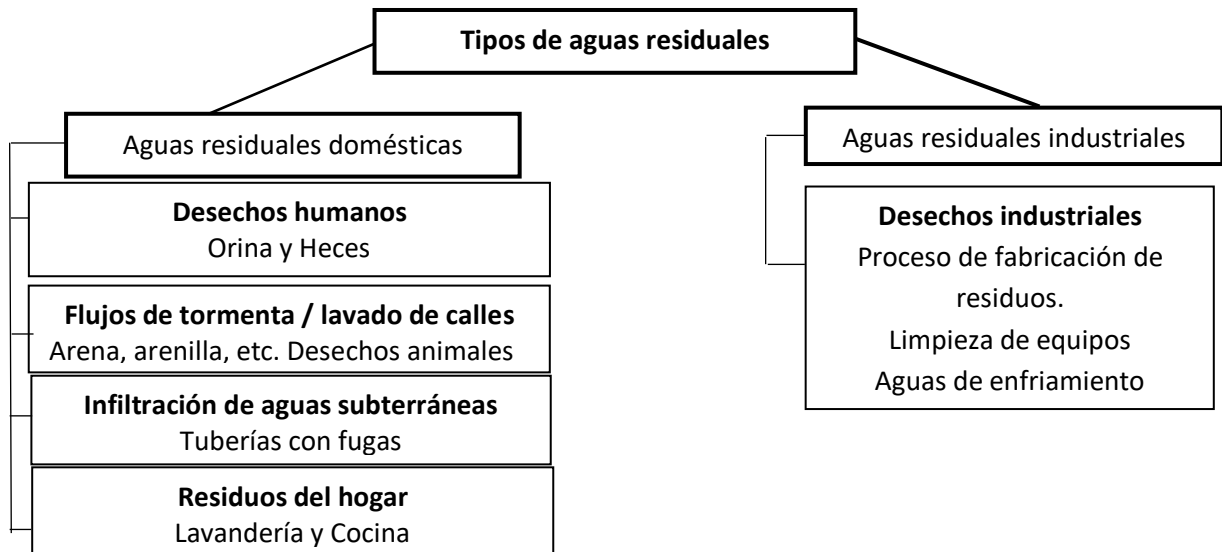


Figura 10. Tipos de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Desechos humanos

Los desechos humanos consisten en descargas corporales, principalmente heces y orina, que se convierten en parte de las aguas residuales a través del inodoro. Estos desechos tienen implicaciones obvias para la salud pública y son importantes ya que pueden contener organismos que producen enfermedades en el hombre. El tratamiento seguro y eficaz de los

desechos sanitarios constituye un objetivo importante en la eliminación de aguas residuales (Ramalho, 2016).

Residuos del hogar

Los desechos domésticos se derivan de las operaciones de lavandería doméstica, el baño, los desperdicios de cocina, el lavado y la cocción de alimentos y el lavado de platos. La mayoría de estas aguas residuales contendrán detergentes sintéticos. Los desperdicios de cocina consistirán en residuos de alimentos y grasas. Los desechos domésticos también pueden contribuir significativamente a la carga de aguas residuales cuando se utilizan las unidades de trituración de basura domésticas (Ramalho, 2016).

Flujos de tormenta

Las tormentas que fluyen de las lluvias, las tormentas y los lavados de las calles contendrán arena, arena, y otros desechos de las superficies drenadas. En algunas comunidades, estos flujos se recolectan por separado para su eliminación y no forman parte de las aguas residuales de la comunidad. El volumen del flujo de tormentas varía según la intensidad de la lluvia, la topografía, los pavimentos y las áreas del techo. Combinación de área de aguas residuales combinadas de aguas residuales domésticas o sanitarias y aguas pluviales cuando ambas se recolectan en las mismas alcantarillas (Ramalho, 2016).

Infiltración de agua subterránea

Las alcantarillas, los dispositivos de recolección de aguas residuales, están enterradas en el suelo y en algunos casos pueden estar por debajo de los niveles de agua subterránea, especialmente cuando dichos niveles son altos, debido a la precipitación estacional excesiva. Debido a que las uniones entre las secciones de la tubería que forman las alcantarillas no son todas apretadas, el agua subterránea a veces filtra o ingresa a las alcantarillas por infiltración. Dado que las alcantarillas de recolección generalmente no están bajo presión y el flujo es solo por gravedad, tal infiltración no solo es posible sino que a veces equivale a volúmenes apreciables. El volumen de la infiltración de agua subterránea a veces es difícil

de determinar con precisión. Está influenciado por la composición del suelo, el tipo de construcción de alcantarillado, las condiciones del agua subterránea y la lluvia y otras condiciones climáticas (Ramalho, 2016).

Residuos industriales

Las aguas residuales industriales son las descargas de plantas industriales y procesos de fabricación. Las aguas residuales industriales pueden representar, colectivamente, una parte importante de las aguas residuales comunitarias y deben ser consideradas para la operación exitosa de la planta de tratamiento de aguas residuales. En algunos lugares, las descargas de aguas residuales industriales se recolectan junto con otras aguas residuales de la comunidad y los residuos mixtos se tratan juntos. En otros casos, la industria puede proporcionar algún tratamiento previo o tratamiento parcial de sus aguas residuales antes de su descarga a las alcantarillas municipales. En otras situaciones, el volumen y el carácter de los residuos industriales son tales que es necesario recogerlos y eliminarlos por separado (Ramalho, 2016).

Las aguas residuales industriales varían ampliamente en composición, resistencia, flujo y volumen, según la industria específica o el establecimiento de fabricación en la comunidad. La composición y el volumen específicos de los residuos industriales dependerán, por supuesto, del uso que se haya hecho del agua. Las industrias típicas que producen grandes volúmenes de aguas residuales incluyen plantas de papel y fibra, fábricas de acero, operaciones de refinación y petroquímica, plantas de productos químicos y fertilizantes, empacadoras de carne y procesadores de aves, operaciones de empaque de vegetales y frutas y muchos más. Las descargas industriales pueden consistir en aguas residuales orgánicas muy fuertes con una alta demanda de oxígeno, o contener productos químicos indeseables que pueden dañar las alcantarillas y otras estructuras. Pueden contener compuestos que resisten la degradación biológica o componentes tóxicos que interfieren con el funcionamiento satisfactorio de la planta de tratamiento de aguas residuales. Una fuente menos obvia que debe considerarse un desperdicio industrial, es la descarga térmica, ya que reduce los valores de oxígeno disuelto. Muchas industrias utilizan grandes cantidades de

agua de refrigeración, siendo la industria de la energía eléctrica el mayor usuario. Sin embargo, la industria química y de metales primarios también utiliza cantidades sustanciales de aguas de refrigeración (Ramalho, 2016).

El tratamiento de aguas residuales nos ayuda a disminuir los niveles de contaminación tanto orgánico como inorgánico el material contaminante se puede presentar de manera disuelta en el agua o en partículas para que podamos dar distintos usos al agua ya sea para mejorar su calidad, para que cumpla con los límites permisibles o para que se le pueda dar una reutilización (Noyola et al., 2013).

Hay que tener en cuenta que como se menciona en la ley de la conservación de la materia no podremos eliminar por completo nuestro material contaminante si no que solo lo vamos a transformar o en este caso remover del agua residual, como se muestra en la figura 11, teniendo en cuenta esto vamos a generar residuos que en este caso serán los lodos, los cuales se van a generar en los sistemas que se proponen como es el de sedimentación, el de aireación y sedimentadores secundarios además de generación de gases, la calidad de nuestros lodos van a depender de las características que tenga el agua que entra al sistema de tratamiento (Noyola et al., 2013).

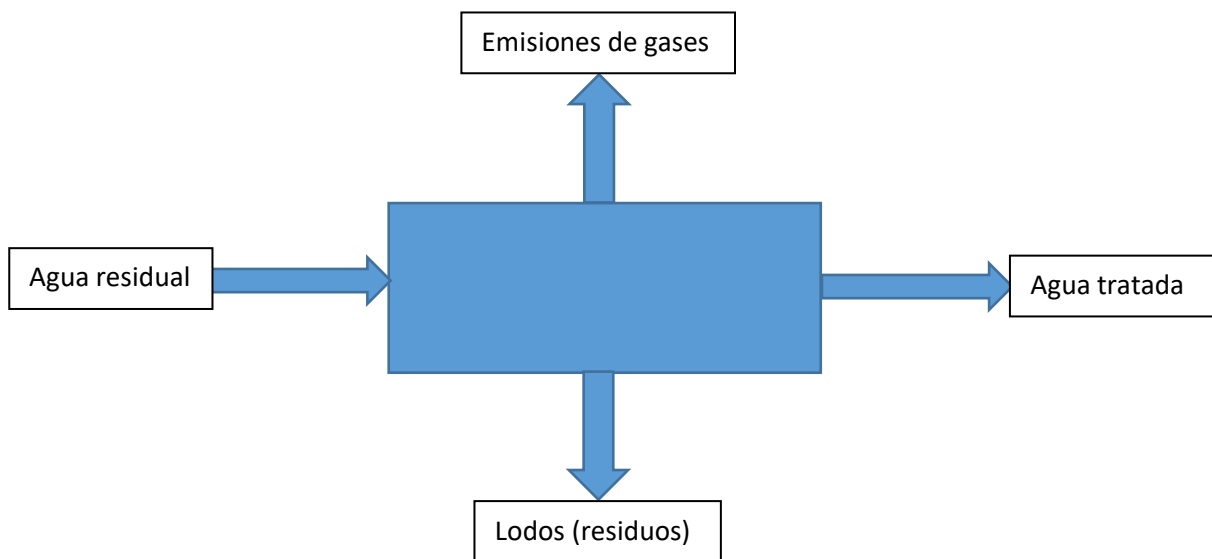


Figura 11. Esquema referente a un tratamiento primario de aguas residuales

Elaborado por: El autor

4.7 Toma de muestras de aguas residuales

El muestreo de aguas residuales generalmente se realiza por uno de dos métodos, muestreo simple o muestreo compuesto. La toma de muestras es justo lo que suena; todo el material de prueba se recoge a la vez. Como tal, una muestra al azar refleja el rendimiento solo en el momento en que se recolectó la muestra, y luego solo si la muestra se recolectó correctamente. El muestreo compuesto consiste en una colección de numerosas muestras individuales discretas tomadas a intervalos regulares durante un período de tiempo, generalmente de 24 horas. El material que se está muestreando se recoge en un contenedor común durante el período de muestreo. El análisis de este material, recolectado durante un período de tiempo, por lo tanto, representará el rendimiento promedio de una planta de tratamiento de aguas residuales durante el período de recolección (Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico, 2015).

4.7.1 Toma de muestras compuestas.

Las muestras compuestas se recolectan a lo largo del tiempo, ya sea por muestreo continuo o por mezcla. Una muestra compuesta representa las características promedio de las aguas residuales durante el período de composición. (SENASBA, 2015).

El mejor método para recolectar manualmente una muestra es usar el contenedor de muestra real que se usará para transportar la muestra al laboratorio. Esto elimina la posibilidad de contaminar la muestra con recipientes de recolección intermedios. Si el personal de muestreo no puede alcanzar físicamente la corriente de agua o de aguas residuales o si no es seguro alcanzar la muestra, se puede usar un contenedor de recolección intermedio, desde el cual la muestra se puede redistribuir a otros contenedores. Sin embargo, si se hace esto, el contenedor utilizado para recolectar la muestra debe limpiarse. Las muestras para el aceite y la grasa, las bacterias y la mayoría de los compuestos volátiles siempre se deben recolectar directamente en el recipiente de la muestra. En algunos casos, puede ser mejor usar una bomba, ya sea eléctrica o manual, para extraer una muestra de la corriente de agua o de aguas residuales. Si se usa una bomba, es imperativo que todos los componentes de la bomba que entran en contacto con la muestra se limpien adecuadamente. En general, las muestras se recolectan manualmente seleccionando primero una ubicación en la corriente de descarga que esté bien mezclada y luego sumergiendo el recipiente en el agua o en la corriente de aguas residuales, de modo que la boca del recipiente esté orientada hacia arriba. El contenedor no debe llenarse en exceso si hay conservantes presentes en el contenedor (SENASBA, 2015).

4.8 Caracterización de aguas residuales

Los datos de caracterización de aguas residuales son un requisito previo necesario para desarrollar conceptos de diseño básicos y deben considerarse con respecto al funcionamiento de los procesos que se aplicarán para el tratamiento (Ford, 1970).

El primer paso que debe tomarse en el desarrollo del diseño básico. Conceptos para un sistema de tratamiento industrial es caracterizar física, química y microbiológica las corrientes de aguas residuales.

Es necesario que la caracterización incluya:

- (a) información pertinente para el diseño de los procesos de tratamiento.
- (b) identificación de flujos de desechos con potencial de reutilización o recuperación del producto.
- (c) una evaluación de la calidad del efluente tratado con criterios regulatorios (Ford, 1970).

Los análisis que se pueden usar para la composición orgánica son

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda total de oxígeno (TOD).

Los análisis inorgánicos

Los constituyentes inorgánicos de las aguas residuales deben estimarse en relación con la toxicidad potencial o en términos de los efectos perjudiciales que estos contaminantes podrían tener en el proceso de tratamiento biológico. Además, el programa de caracterización inorgánica debe incluir la determinación del nitrógeno (nitratos y nitritos) o fósforo disponible necesario para satisfacer la demanda de nutrientes biológicos, sustancias potencialmente inhibitoras o interferentes, como cloruros, sulfatos, etc., y materiales potencialmente tóxicos, como metales pesados, amoníaco, etc. (Sonune y Ghate, 2004).

El tratamiento primario y secundario elimina la mayoría de la DBO y los sólidos suspendidos que se encuentran en las aguas residuales (Sonune y Ghate, 2004).

4.9 Plantas de tratamiento

La función básica de las plantas de tratamiento de aguas residuales es acelerar los procesos naturales mediante los cuales se purifica el agua. Hay dos etapas básicas en el tratamiento

de desechos, primario y secundario de lo cual hablaremos a continuación. En la etapa primaria, los sólidos se dejan sedimentar y se eliminan de las aguas residuales. La etapa secundaria utiliza procesos biológicos para purificar aún más las aguas residuales. A veces, estas etapas se combinan en una sola operación (Romero, 2010)

4.9.1 Pretratamiento

Incluye cribado medio para retener residuos sólidos suspendidos de (2,54 cm) de diámetro; desarenador y medidor proporcional que permite medir el gasto o caudal de agua así como para regular la velocidad entre 20 y 35 cm.seg⁻¹. El efluente del pretratamiento se descarga a una caja vertedora de donde se distribuye en forma proporcional a cada sedimentador primario (Comisión Nacional del Agua, 2013).

Su principal función en la retención de los residuos sólidos suspendidos que tengan 2,54cm de diámetro, estos pueden ser desarenadores que nos ayudaran a controlar la velocidad de 20 a 35cm.s⁻¹. Este efluente será descargado a una caja de revisión donde se va distribuir de forma proporcional al tratamiento primario el cual es generalmente un sedimentador primario (Comisión Nacional del Agua, 2013).

Por supuesto consiste en la eliminación de sólidos de cualquier objeto grande, desde latas, palos, hierba de la limpieza, hasta cáscaras de huevo y arena, así como grasas y aceites. Básicamente, cualquier cosa que pueda causar obstrucciones en las bombas o tuberías (Comisión Nacional del Agua, 2013).

4.9.2 Biodigestor

La digestión anaeróbica en un biodigestor es una forma de utilizar los desechos orgánicos de manera eficiente, produciendo no solo un gas combustible (metano) sino que también funciona como un sistema de eliminación de desechos. Según Vaid et al. (2013), el desperdicio de alimentos no solo hace que la digestión anaeróbica sea deseable sino que también la hace rentable, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en los vertederos, utiliza la infraestructura existente para el desvío de desperdicios de alimentos y cumple los objetivos locales y estatales de desvío de desechos. A nivel doméstico,

desperdicio de alimentos; se pueden agregar a los biodigestores para complementar las heces y la orina humanas (Thu Thien et al., 2014). Esto aumenta la disponibilidad de gas para cocinar y reduce la cantidad de desechos que deben transportarse a vertederos o a instalaciones de procesamiento centralizadas (Croxatto et al., 2014).

4.9.3 Tratamiento primario

Consiste en la eliminación de sólidos gruesos en forma de lodo. Esto se hace generalmente mediante la sedimentación en un tanque grande que permite que los sólidos pesados se depositen en el fondo, mientras que la grasa y los aceites suben a la parte superior, en nuestro caso usaremos para el sedimentador un tanque de 2500 litros (Hussein, 2011).

Tratamiento primario: incluye sedimentación primaria. El propósito de esta unidad es eliminar las sustancias orgánicas Sólidos Normalmente a la sedimentación primaria eliminará 50- 70 % de sólidos suspendidos totales y 30-40% de BOD₅ (Hussein, 2011).

El tratamiento primario está diseñado para eliminar los sólidos orgánicos e inorgánicos mediante los procesos físicos de sedimentación y flotación. Aproximadamente el 25-50% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entrante, el 50-70% del total de sólidos en suspensión (SS) y el 65% del aceite y la grasa se eliminan durante el tratamiento primario (Sonune y Ghate, 2004).

Algún nitrógeno orgánico, fósforo orgánico y metales pesados asociados con sólidos también se eliminan durante la sedimentación primaria, pero los componentes coloidales y disueltos no se ven afectados (Sonune y Ghate, 2004).

4.9.4 Tratamiento secundario

Consiste en la degradación de cualquier constituyente biológico mediante procesos aeróbicos biológicos, como un proceso de lodo activado de película fija. Estos tratamientos utilizan bacterias, enzimas y protozoos que consumen el material biológico en la solución (Sonune y Ghate, 2004).

El objetivo del tratamiento secundario es el tratamiento adicional del efluente del tratamiento primario para eliminar los residuos orgánicos y los sólidos en suspensión. En términos del tamaño de los sólidos, la distribución es aproximadamente 30% suspendida, 6% coloidal y aproximadamente 65% de sólidos disueltos. La función del tratamiento primario es eliminar la mayor cantidad posible de sólidos suspendidos. El tratamiento primario utiliza clarificadores o tanques de sedimentación, que eliminan las sustancias orgánicas sedimentables y los sólidos inorgánicos sedimentables de las aguas residuales. El efluente del tratamiento primario, por lo tanto, contiene principalmente sólidos orgánicos e inorgánicos coloidales y disueltos. Los estándares recientes de efluentes y los estándares de calidad del agua requieren un mayor grado de eliminación de sustancias orgánicas de las aguas residuales que el tratamiento primario solo. La eliminación adicional de sustancias orgánicas se puede lograr mediante un tratamiento secundario (Sonune y Ghate, 2004).

El proceso de tratamiento secundario consiste en el tratamiento biológico de las aguas residuales mediante la utilización de muchos tipos diferentes de microorganismos en un ambiente controlado. Se utilizan varios procesos biológicos aeróbicos para el tratamiento secundario que difieren principalmente en la manera en que se suministra oxígeno a los microorganismos y en la velocidad a la que los organismos metabolizan la materia orgánica (Sonune y Ghate, 2004).

El propósito del tratamiento secundario es eliminar los compuestos orgánicos solubles que escapan del tratamiento primario y proporcionar una eliminación adicional de los sólidos en suspensión.

Aunque el tratamiento secundario puede eliminar más del 85 por ciento de los sólidos suspendidos de DBO_5 Rand, no elimina una cantidad significativa de nitrógeno, metales pesados de fósforo, productos orgánicos no degradables, bacterias y virus. Estos contaminantes pueden requerir una eliminación adicional (uno avanzado) (Hussein, 2011).

4.9.4.1 Principales de sistemas de aireación

Estos son:

(1) Aireación difusa: el aire se suministra a través de poros Difusores o a través de boquillas de aire cerca de la parte inferior del tanque. Los difusores de aire son de varios tipos incluyen los Difusor de burbujas, difusor tubular y difusor de chorro.

(2) Aireación mecánica: en la aireación mecánica, El oxígeno es arrastrado desde la atmósfera. Los aireadores consisten en impulsores sumergidos o parcialmente sumergidos que están conectados a motores montados en flotadores o en estructuras fijas (Hussein, 2011).

Respecto a tratamiento de lodos activados

Hay muchas impurezas en las aguas residuales que deben eliminarse o alterarse mediante un tratamiento previo antes de que se pueda considerar el posterior tratamiento con lodos activados. Las altas concentraciones de sólidos suspendidos descargados directamente a procesos biológicos secundarios normalmente disminuyen la eficiencia general del proceso, ya sea reduciendo la fracción de sólidos biológicos activos o creando una demanda excesiva de oxígeno que con frecuencia resulta en un fango menos susceptible de deshidratación. Por lo tanto, deben emplearse unidades de sedimentación por gravedad o flotación para eliminar el material suspendido (Ford, 1970).

4.9.5 Tratamiento biológico:

El tratamiento biológico de los desechos implica poner el crecimiento microbiano activo en contacto con las aguas residuales para que puedan consumir las impurezas como alimento. Entra en juego una gran variedad de microorganismos que incluyen bacterias, protozoos, rotíferos, hongos, algas, etc. Estos organismos en presencia de oxígeno convierten el biodegradable. Orgánicos en dióxido de carbono, agua, más material celular y otros productos inertes (Hussein, 2011).

4.9.6 Proceso de tratamiento biológico:

El proceso de tratamiento biológico se puede lograr por dos tipos de

Crecimiento:

1- Tratamiento biológico de crecimiento suspendido: los sistemas de tratamiento de crecimiento suspendido son aquellos en los cuales los microorganismos permanecen en suspensión. Los procesos comunes de crecimiento en suspensión utilizados para el tratamiento secundario incluyen:

A. Lodos activados y otras modificaciones.

B. Lagunas aireadas.

C. Estanques de estabilización de alta velocidad (Hussein, 2011).

Para que la planta de tratamiento funcione correctamente de manera biológica debemos aprender respecto a las bacterias u otros microorganismos que estarán presentes dentro del sistema de tratamiento, los microorganismos necesitan alimentarse de esta manera con algo tan sencillo como es su alimentación nos ayudan en la descomposición de la materia orgánica que proviene en este caso de bovino y porcinos, las bacterias que se usaran en el tratamiento son bacterias nativas que provienen de las mismas aguas residuales debido a que estas bacterias ya se encuentran adaptadas al medio, es por eso que las bacterias son de suma importancia para que las bacterias trabajen con mayor eficacia es necesario darles un poco de ayuda esto se lo realizara mediante un sistema de aireación el cual dará oxígeno a las bacterias con el fin que estas puedan aumentar su población, de esta manera mientras más bacterias existan en el sistema van a requerir una mayor demanda de alimento. Las bacterias hacen uso de la materia orgánica que proviene de las aguas residuales para obtener energía (Días, 2002).

Los géneros más comunes de las bacterias que ayudan en la degradación de la materia orgánica son *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicothrix*, y *Geotrichum*.

Además de las bacterias existen otros microorganismos que son de suma importancia para la degradación de la materia orgánica como es el caso de protozoos y algunos rotíferos, en el caso de los protozoos se alimentan de las bacterias que no se han aglutinado (Días, 2002)

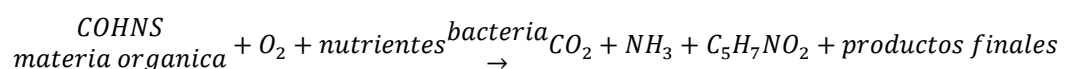
En el caso de los rotíferos se alimentarán de partículas que no han sido depositados en el fondo del sistema, para que la sedimentación sea efectiva podemos hablar de 3 y 4 días de retención, pero esto puede disminuir dependiendo de otros factores como es la adición de un acelerador de bacterias o un tratamiento previo para retener la mayor cantidad de materia orgánica que sea posible (Días, 2002).

El tratamiento biológico ofrece una alta eficiencia de eliminación orgánica, además implica una generación de lodos significativos el contiene microorganismos activos (vivos) e inactivos (muertos) los cuales nos ayudaran a la disposición final del agua, para evitar un impacto adverso en la salud pública y el medio ambiente (Trikoilidou et al., 2016).

La eficiencia del proceso de tratamiento de lodos activados se correlaciona con una eficiente separación sólido-líquido, que depende mucho de las propiedades de sedimentación de la biomasa (Trikoilidou et al., 2016).

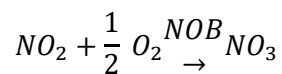
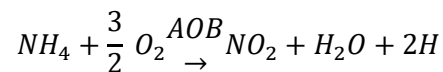
4.9.7 Descripción del proceso de eliminación de nitrógeno biológico

La eliminación de carbono orgánico se puede lograr en una serie de procesos de crecimiento aeróbico en suspensión o de crecimiento (película fija). Ambos requieren un tiempo de contacto suficiente entre las aguas residuales y los microorganismos heterótrofos, y concentraciones suficientes de oxígeno y nutrientes. Durante la captación biológica inicial del material orgánico, más de la mitad se oxida y el resto se asimilado como nueva biomasa, que puede ser oxidada aún más por la respiración endógena. La estequiometría de cada oxidación, y la síntesis y la respiración endógena, se pueden ver en las siguientes ecuaciones (Metcalf y Eddy, 2003).





Tanto para los procesos de crecimiento suspendidos como adjuntos, el exceso de biomasa producida cada día se elimina y procesa para mantener un funcionamiento y rendimiento adecuados. La biomasa se separa del efluente tratado mediante sedimentación. Cuando se mantienen las condiciones aeróbicas, las bacterias autótrofas pueden crecer al obtener energía del amoníaco y la oxidación de nitritos utilizando bicarbonato como fuente de carbono. El proceso se denomina nitrificación y se produce en dos pasos: i) la oxidación aeróbica de amonio a nitrito por medio de bacterias oxidantes de amonio (AOB) y ii) la oxidación aerobia de nitrito en nitrato por medio de bacterias oxidantes de nitrito (NOB). Las siguientes ecuaciones ofrecen más detalles sobre la estequiometría de estas reacciones (Metcalf y Eddy, 2003).



La introducción de una zona anóxica (en otro biorreactor o en el mismo) permite que el nitrato formado por los organismos autótrofos se utilice como aceptor de electrones por parte de las bacterias heterótrofas facultativas, convirtiéndolo en gas (el proceso de desnitrificación) y eliminando así el nitrógeno soluble del sistema como se indica en la ecuación 3,5 (Metcalf y Eddy, 2003).

La introducción de una zona anóxica (en otro biorreactor o en el mismo) permite que el nitrato formado por los organismos autótrofos se utilice como aceptor de electrones por parte de las bacterias heterótrofas facultativas, convirtiéndolo en gas (el proceso de desnitrificación) y eliminando así el nitrógeno soluble del sistema (Metcalf y Eddy, 2003).

Descripción del proceso de eliminación de fósforo

La eliminación del fósforo de las aguas residuales implica la incorporación de fosfato en el SST y la posterior eliminación de esos sólidos en el colono secundario. El fósforo puede

incorporarse a sólidos biológicos (por ejemplo, microorganismos) o a precipitados químicos. (Metcalf y Eddy, 2003).

4.9.8 Eliminación biológica del fósforo.

En la eliminación biológica de fósforo, el exceso de P se incorpora a la biomasa celular, que luego se elimina del proceso como resultado de la pérdida de lodos. Se alienta a los organismos que acumulan fósforo (PAO, por sus siglas en inglés) a crecer y consumir fósforo en los sistemas que usan una configuración de reactor que proporciona a los PAO una ventaja competitiva sobre otras bacterias. En la zona anaeróbica, el acetato se produce por la fermentación de material orgánico biodegradable soluble. Este material proviene de aguas residuales influentes, pero también es el resultado de la hidrólisis del material orgánico en partículas. El contenido de PHB en las PAO aumenta mientras que el contenido de polifosfato disminuye durante la captación de acetato. En las zonas aeróbicas / anóxicas, el PHB almacenado se metaboliza, proporcionando energía de la oxidación y el carbono para el crecimiento de nuevas células. Posteriormente, la energía liberada de la oxidación de PHB se usa para formar polifosfato, de manera que el ortofosfato soluble se elimina de la solución y se incorpora a los polifosfatos dentro de las células bacterianas. El crecimiento celular que se produce debido a la utilización de PHB y la formación de nueva biomasa, con una alta concentración de materiales de almacenamiento de polifosfato, explica la eliminación neta de fósforo. Finalmente, como una parte de la biomasa se desperdicia, el fósforo almacenado se elimina de la planta de lodos activados para su eliminación definitiva con los lodos de desecho (Romero, 2010).

Por lo tanto, los sistemas clásicos de eliminación de nitrógeno requieren una secuencia de condiciones aeróbicas y anóxicas en las que los procesos de nitrificación y desnitrificación pueden ocurrir respectivamente.

4.9.9 Descripción del proceso de asentamiento

La separación de sólidos es el paso final en la producción de un efluente estable, bien clarificado y bajo en materia orgánica y sólidos en suspensión. Como tal, el proceso de

asentamiento representa un paso crítico en la operación de un proceso de tratamiento de lodos activados. La separación de los sólidos de las aguas residuales se lleva a cabo por gravedad, donde los sólidos más pesados se separan del agua por sedimentación gravitacional. Estos sólidos tienden a formar una capa de lodo con lodo concentrado en el fondo del tanque que puede devolverse a la entrada de la planta para tratar más aguas residuales o eliminarse (desperdiciarse) para su posterior tratamiento y eliminación, componiendo la línea de lodo de residuos (Romero, 2010).

El asentamiento de biomasa es frecuente y trae problemas en una planta de tratamiento de aguas residuales debido a que generalmente se asocian con las condiciones de operación y el crecimiento de microorganismos específicos, la hinchazón de lodos, lodos flotantes, flóculos punteados y retardados. Los dos aspectos principales son la gestión sostenible de los lodos y el menor consumo de energía. Que determinan el costo operacional de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Tratamiento y manejo de lodos. Acumular más del 50% del costo operativo. Las plantas de tratamiento de aguas residuales aeróbicas tienen altos requisitos de energía para cubrir las necesidades de aireación y recirculación (Romero, 2010).

Para garantizar el funcionamiento eficaz de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se realizan análisis físicos, químicos y biológicos.

Una forma práctica de controlar las plantas de tratamiento de aguas residuales es la microscópica y la prueba de lodos que ha demostrado ser una herramienta importante para evaluar el rendimiento de las plantas y la evaluación de posibles problemas y síntomas (Trikoilidou et al., 2016).

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

Instrumentos

Tabla 2.

Instrumentos

Materiales	actividad
Bio tanque séptico Modelo 2000 Lt - Plastigama	Implementación PTAR
30 Codos pvc pulgada y media	Implementación PTAR
30 Tes de pulgada y media Te pvc	Implementación PTAR
30 Neplos de pulgada y media	Implementación PTAR
Caja de herramientas 23" trupper	Implementación PTAR
Arco sierra 2 pulg stanley	Implementación PTAR
Mini arco sierra	Implementación PTAR
Flexómetro trupper	Implementación PTAR
Juego de herramientas	Implementación PTAR
Taladro 452yp2 124	Implementación PTAR
Kit para instalar cerraduras trupper r97312 2	Implementación PTAR
Juego de broca 705470	Implementación PTAR
Sacos de Cemento Selva Alegre Plus	Implementación PTAR
Cajetín metálico rectangular profundo	Implementación PTAR
Enchufe 3p 14a 125v vertical metal blindado	Implementación PTAR
Toma corriente polari dobl beipepz plata	Implementación PTAR
Cable sólido 1 rollo	Implementación PTAR
Toma D /sobreponer dobl pola 125v 15An78	Implementación PTAR
Reji. Tubo tradicional t-75x50 combinada	Implementación PTAR

Continuación tabla 2.

Instrumentos

Taipe electri truper negro	Implementación PTAR
Contactores	Implementación PTAR
Relés térmicos	Implementación PTAR
Selectores	Implementación PTAR
Timer electrónico	Implementación PTAR
Gabinete metálico	Implementación PTAR
Válvula de esfera pvc 4 pulgas	Implementación PTAR
Válvula de esfera pvc 2 pulgas	Implementación PTAR
Tanque Rectangular 500 litros con KIT 1/2 - Plastigama	Implementación PTAR
Biodigestor Rotoplas de 1300 litros	Implementación PTAR
Tanque s plastigama de 2500 litros	Implementación PTAR
Bombas sumergibles Pump	Implementación PTAR
Materiales de laboratorio:	
Crisoles	Análisis físico , Químico y microbiológico
Tubos de ensayo	Análisis físico , Químico y microbiológico
Pipetas	Análisis físico , Químico y microbiológico
Gradillas	Análisis físico , Químico y microbiológico
Peras de succión	Análisis físico , Químico y microbiológico
Vasos de precipitación	Análisis físico , Químico y microbiológico

Continuación tabla 2

Instrumentos

Mechero	Análisis físico , Químico y microbiológico
Puntas para micropipeta de 1000 ul	Análisis físico , Químico y microbiológico
Agitadores inmantados	Análisis físico , Químico y microbiológico
Matraz Erlenmeyer	Análisis físico , Químico y microbiológico
Petriefilm	Análisis físico , Químico y microbiológico
Frascos plásticos	Análisis físico , Químico y microbiológico
Reactivos:	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de DQO LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de nitritos LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de nitratos LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de sulfatos LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de fósforo LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de hierro LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico
Kit de amonio LaMotte	Análisis físico , Químico y microbiológico

Continuación tabla 2.

Instrumentos

Equipos	Análisis físico , Químico y microbiológico
Refrigeradora MABE	Análisis físico , Químico y microbiológico
Espectrofotómetro Spectroquant NOVA60 de Merck	Análisis físico , Químico y microbiológico
Espectrofotómetro de microplacas EPOCH de Biotek	Análisis físico , Químico y microbiológico
Mufla Thermolyne Thermo Scientific	Análisis físico , Químico y microbiológico
Balanza digital MIDCIS	Análisis físico , Químico y microbiológico
Incubadora de DBO Velp Scientifica	Análisis físico , Químico y microbiológico
Estufa VRW Utility	Análisis físico , Químico y microbiológico
Benchtop Meters LAQUA	Análisis físico , Químico y microbiológico
Materiales de oficina	
Calculadora Casio PLUS	
Laptop ASUS REPUBLIC OF GAMERS	
Libreta Norma	
Mouse X Tech	
PROGRAMAS UTILIZADOS	
Programa informático ArcGis 10.5.1	
Programa estadístico GraphPad Prism 5	

Continuación tabla 2.

Instrumentos

Programa estadístico SPSS STATISTICS 25

Programa de diseño sketchup 2018

5.1 Metodología

5.1.1 Toma de muestras:

Seguridad:

Debe observarse las precauciones de seguridad adecuadas al recoger muestras de aguas residuales. Las aguas residuales pueden contener agentes de enfermedades microbiológicas (patógenos), venenos químicos (toxinas) y otros componentes biológicos, químicos y físicos que pueden causar problemas de salud humana o perturbar los ecosistemas acuáticos naturales (SENASBA, 2015).

Los patógenos transmitidos por el agua en el sistema de recolección de alcantarillado son diferentes, y potencialmente más resistentes a los antibióticos, que hace décadas. Los trabajadores de aguas residuales pueden estar expuestos a patógenos y toxinas de aguas residuales a través de varias vías:

- Exposición respiratoria: la cara protectora y las máscaras protegen de las gotitas y los aerosoles.
- Exposición dérmica: los guantes y la higiene de las manos protegen del contacto directo

Precauciones de procedimiento

Las siguientes precauciones deben ser consideradas al recolectar muestras de aguas residuales.

- Se debe tener especial cuidado de no contaminar las muestras. Esto incluye el almacenamiento de muestras en un lugar seguro para evitar las condiciones que podrían alterar las propiedades de la muestra. Las muestras deben estar selladas
- La documentación del muestreo de campo se realiza en un libro de registro encuadernado (SENASBA, 2015).

Técnica:

Se debe abrir el frasco de muestras el cual puede ser de plástico o vidrio (los resultados no se alteran) para luego introducirlo en el caudal, el frasco será llenado completamente e inmediatamente tapado.

Para realizar un análisis microbiológico el frasco no debe estar completamente lleno (el cuello de la botella), Para la medición de DBO y DQO es necesario que el frasco este lleno completamente (SENASBA, 2015).

5.1.2 Medición de coliformes totales y fecales

En un vaso de precipitación esterilizado se coloca la muestra, la muestra debe estar homogenizada, la placa pretrifilm se debe colocar en una superficie plana y se procede a retirar el film para que nos permita colocar la muestra, con la ayuda de una pipeta se coloca 5ml de nuestra muestra a la placa pretrifilm, esto se lo realiza de manera perpendicular, una vez colocada la muestra con cuidado se baja el film para que no se introduzcan burbujas de aire en la placa, con la ayuda de un aplicador de alta sensibilidad se distribuye la muestra sin mucha fuerza, retiramos el aplicador y esperamos 5 minutos hasta que el gel se haya solidificado, la placa se introduce en la incubadora a una temperatura de 30°C durante 24 horas, pasado el tiempo de espera las placas se pueden leer en un contador de colonias (Rice et al., 2017).

5.1.3 Medición de nitrógeno total

Para preparar el blanco la técnica consiste en precalentar el termoreactor a una temperatura de $100 \pm 2^\circ\text{C}$. Debemos retirar las tapas de 2 dos tubos reagentes de nitrógeno total con el código (4040), colocamos una cucharada de 0,15g con código (0727), con la ayuda de un embudo (0459), añadimos el reagente poder (4036) en el tubo, tapamos y agitamos hasta que el reactivo se disuelva por completo (LaMotte, 2014).

Usando una pipeta de 1,0ml añadimos 2,0ml de agua deionizada (5115PS) o también se puede utilizar agua libre orgánica (LaMotte, 2014).

Para preparar la muestra con la ayuda de una pipeta colocamos 2,0ml de la muestra en un tubo (4040), los tubos se tapan y se agitan por 30 segundos y se colocan en el termoreactor por 30 minutos. Una vez que ha terminado el tiempo de espera se apaga el termoreactor y se retiran los tubos para colocarlos a temperatura ambiente, cuando termina el tiempo de enfriamiento se procede a medir en el colorímetro, para esto presionamos en HOLD presionamos ENTER, ingresamos al menú, seleccionamos todos los test. (el blanco debe estar libre de manchas de dedos u otras suciedades que ocasionen una mala lectura , esto con una toalla de papel y agua destilada), seleccionamos el código de NITROGENO TOTAL que es el 069, con cuidado quitamos las tapas de los tubos digestados, con la ayuda de un embudo colocamos 0,15g de nitrógeno total reagente A, tapamos y agitamos durante 15 segundos, esperamos 3 minutos, volvemos a retirar las tapas de los tubos y añadimos una tableta de nitrógeno total reagente B, tapamos y agitamos durante 45 segundos hasta observar que la tableta se ha disuelto por completo, esperamos 2 minutos. Retiramos las tapas de los tubos. Con mucho cuidado removemos las tapas de 2 tubos de nitrógeno total reagente ácido (4043), con la ayuda de una pipeta añadimos 2ml de digestión (LaMotte, 2014).

5.1.4 Medición de Turbidez

La técnica consiste en el encendido del turbidímetro 2020 *e/i* (LaMotte, 2005), colocación del blanco preparado que tiene unidades de NTU, cerramos la tapa y escaneamos luego se procede a colocar 10ml de nuestra muestra en el tubo procedemos a limpiar el exterior para evitar una mala medida esto con la ayuda de una toalla, colocamos en el turbidímetro nuestra muestra y obtenemos los resultados, finalmente limpiamos y apagamos el equipo (LaMotte, 2014).

5.1.5 Medición de Conductividad

Para medir la conductividad *ex situ* se realizó colocando la muestra en un vaso de precipitación e introduciendo el conductímetro en la muestra, hasta que la lectura sea estable (HANNA instruments, 1995).

5.1.6 Medición de pH

Para medir el pH ex situ se lo realizó colocando la muestra en un vaso de precipitación, posterior a esto se introdujo el potenciómetro en la muestra hasta que la lectura sea estable (LaMotte, 2014).

5.1.7 Medición de nitritos

La técnica consiste en añadir 5,0 ml de la muestra en un tubo de ensayo y añadir una microcuchara del reactivo nitrito de sodio (la microcuchara se encuentra en el tapa del reactivo), se debe agitar hasta que el reactivo se haya disuelto totalmente. Para el tiempo de reacción se debe dejar en reposo durante 10 minutos, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.8 Medición de nitratos

La técnica consiste en añadir 1 microcuchara del reactivo NO_3^-1 (la microcuchara se encuentra en el tapa del reactivo) en un tubo de ensayo , con la ayuda de una pipeta se añade 5,0 ml del reactivo NO_3^-2 y agitamos durante 1 minuto hasta observar que el reactivo se ha disuelto por completo, con cuidado procedemos añadir 1,5ml de la muestra , es necesario tomar medidas de seguridad como gafas protectoras debido a que la muestra se calienta y puede causar una reacción agresiva, se debe dejar en reposo durante 10 minutos, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.9 Medición de hierro

La técnica consiste en colocar 5,0 ml de la muestra con la ayuda de una pipeta procedemos añadir 3 gotas del reactivo Fe-1 y mezclamos, para el tiempo de reacción es necesario dejar en reposo 3 minutos, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.10 Medición de amonio

La técnica consiste en añadir 5,0ml de la muestra en un tubo de ensayo con la ayuda de una pipeta, procedemos añadir del test amonio con un pipeta 0,60ml del reactivo NH_4^-1 y mezclamos, debemos añadir 1 microcuchara del reactivo NH_4^-2 (la microcuchara se encuentra en la tapa del reactivo) y agitamos vigorosamente hasta observar una dilución total del reactivo, dejamos en reposo durante 5 minutos a esto lo llamaremos el tiempo de reacción A. Pasado el tiempo de espera añadimos cuatro gotas del reactivo NH_4^-3 , cerramos y mezclamos, dejamos en reposo la muestra preparada durante 5 minutos a esto lo llamaremos tiempo de reacción B, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.11 Medición de sulfatos

La técnica consiste en colocar en un tubo de ensayo que tenga tapa con rosca 2,5ml de nuestra muestra y procedemos añadir del kit sulfatos 2 gotas del reactivo SO_4^-1 cerramos el tubo y mezclamos, ahora procedemos a añadir 1 microcuchara rasa del reactivo SO_4^-2 (la microcuchara se encuentra en la tapa del reactivo) cerramos y procedemos a mezclar.

El tubo de ensayo será sometido a baño de agua durante 5 minutos a una temperatura de 40°C teniendo en cuenta agitar de vez en cuando. A este paso lo llamaremos tiempo de reacción A. Cuando ha pasado el tiempo de reacción A añadimos con una pipeta 2,5ml del reactivo SO_4^-3 , cerramos el tubo y mezclamos. En este paso es de suma importancia hacer pasar la muestra por un filtro a otro tubo de ensayo que también tenga tapa con rosca. A la muestra que fue filtrada procedemos añadir 4 gotas del reactivo SO_4^-4 , cerramos y mezclamos. La muestra será calentada en baño de agua durante 7 minutos a una temperatura de 40°C teniendo en cuenta agitar de vez en cuando. A este paso lo llamaremos tiempo de reacción B, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.12 Medición de fosfatos

La técnica para determinar la cantidad de fosfatos en la muestra se la realiza añadiendo en un tubo de ensayo con la ayuda de una pipeta 8,0ml de agua destilada, luego añadir 0,50 ml

de la muestra, en el kit de test fosfatos se encuentra el reactivo $\text{PO}_4\text{-1}$ del cual debemos añadir 0,50ml y procedemos a mezclar, una vez que se ha mezclado se añade 1 dosis del reactivo $\text{PO}_4\text{-2}$ y procedemos a agitar vigorosamente hasta observar una disolución total del reactivo y dejamos en reposo por un tiempo de 5 minutos, pasado el tiempo de espera procedemos a colocar la muestra en una cubeta de 10mm e introducirla en el fotómetro (LaMotte, 2014).

5.1.13 Medición sólidos totales

Para determinar sólidos totales debemos tarar, esto se lo realiza pesando los crisoles y luego meterlos en la estufa a 110°C sacamos y los enfriamos en el decantador y volvemos a pesar, para saber si esta tarado el crisol el peso debe variar en un rango de ± 5 . Al crisol tarado se le añade 20 ul de la muestra y se procede a colocar en la estufa a 110°C hasta la evaporación total, sacamos de la estufa, dejamos enfriar en el decantador y procedemos a pesar. Para los sólidos volátiles el crisol con la muestra debe ser introducido a la mufla a 550°C durante 3 horas, sacamos de la mufla el crisol y lo colocamos en el decantador, una vez que este frio se procede a pesar (Rice et al., 2017).

5.1.14 Medición de DQO

Paso 1: Para realizar la DQO primero se homogeniza la muestra (si es necesario) y mientras preparamos la muestra precalentamos el termoreactor a 150°C , Paso 2: procedemos a Remover la tapa del tubo de COD y colocamos el tubo en un ángulo de 45° , Paso 3: usando una pipeta de graduada de 5ml añadimos en las paredes del tubo con cuidado 0,2ml de la muestra. Procedemos a tapar y a mezclar exhaustivamente. Debemos limpiar el exterior del tubo, esto se lo realiza únicamente con agua destilada y una toalla de papel. Para preparar nuestro blanco debemos repetir los pasos 3 y 5 pero en esta ocasión usaremos 0,2ml de agua destilada. Una vez preparada la muestra y el blanco debemos colocar los tubos en el termoreactor a la temperatura de 150°C con un tiempo de 2 horas. Cuando ha terminado el tiempo de 2 horas debemos setear el termoreactor a 120°C y esperamos por 20 minutos hasta que los tubos lleguen dicha temperatura o menos. Una vez que ha terminado el tiempo de espera retiramos los tubos del termoreactor e invertimos el tubo por varias ocasiones.

Colocamos los tubos en una gradilla a temperatura ambiente cuando los tubos están a temperatura ambiente procedemos a medir en el colorímetro para esto presionamos en HOLD presionamos ENTER, ingresamos al menú, seleccionamos todos los test. (El blanco debe estar libre de manchas de dedos u otras suciedades que ocasionen una mala lectura, esto con una toalla de papel y agua destilada, seleccionamos el código de DQO que es el 026 COD HR, colocamos el blanco en el colorímetro y pulsamos escanear blanco, removemos el tubo y saldrá escanear la muestra o en ingles scan simple y tenemos la medida de DQO de nuestra muestra (Nollet, 2007).

5.1.15 Medición de DBO

La técnica de la demanda biológica de oxígeno consiste en añadir las soluciones A que contiene 0,25g de cloruro férrico hexahidratado contenido en un litro de agua destilada, B que contiene 27,5g de cloruro de calcio anhidro contenido en un litro de agua destilada, C 22,5 g de Sulfato de magnesio Heptahidratado contenido en un litro de agua destilada y D 8,5g de difosfato monobásico de potasio 33,4 g de difosfato disódico heptahidratado 21,7 g de difosfato dipotásico y 1,7 g de Cloruro de amonio contenido en un litro de agua destilada. De cada una de las soluciones de debe añadir 1ml, añadimos con la ayuda de un probeta 14,5ml de nuestra muestra, es importante colocar un agitador dentro de la muestra preparada, en la botella ámbar se le añade en la tapa hidróxido de sodio al ras, utilizando el sensor system se tapa y coloca en el régimen respiratorio durante 5 días configurado a una temperatura de 20°C (VELP Scientifica, 2015).

5.2 Implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales

5.2.1 Caja de revisión 1

La caja de revisión se construyó con hormigón con dimensiones de 0,51m x 0,51m y una profundidad 1,04m.

A la caja de revisión se le añadió un sistema de 2 tipos de cribado o rejillas que impiden el paso de material particulado superior a 5 mm y el otro cribado protege el ingreso de material particulado inferior a 2mm (figura 12).

La caja se diseñó con capacidad de almacenamiento de 0,20m de lodos.

La caja de revisión recibe las aguas residuales del establo y de la chanchera las cuales después de pasar por el sistema de cribado se dirigen al biodigestor mediante una tubería de 4 pulgadas de 4,95m de largo, además cuenta con una yee pvc de 4 pulgadas con un tapón que en caso de taponamiento ayude a la evacuación del agua residual hacia otra caja de revisión.

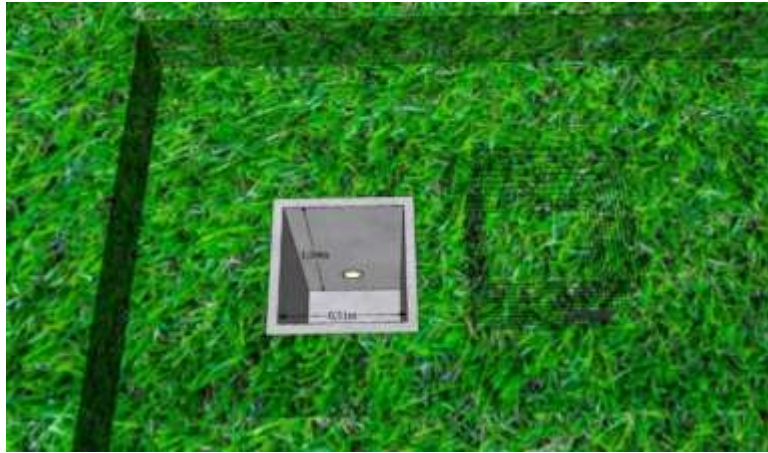


Figura 12. Diseño 3D de la caja de 1 de revisión

Elaborado por: El autor

5.2.2 Caja de revisión 2

La caja de revisión se construyó con hormigón con dimensiones de 0,60m x 0,60m y una profundidad 1,20m (figura 13).

Esta caja de revisión no fue diseñada con un sistema de cribado debido a que únicamente servirá en caso de abrir el tapón para una posible emergencia.

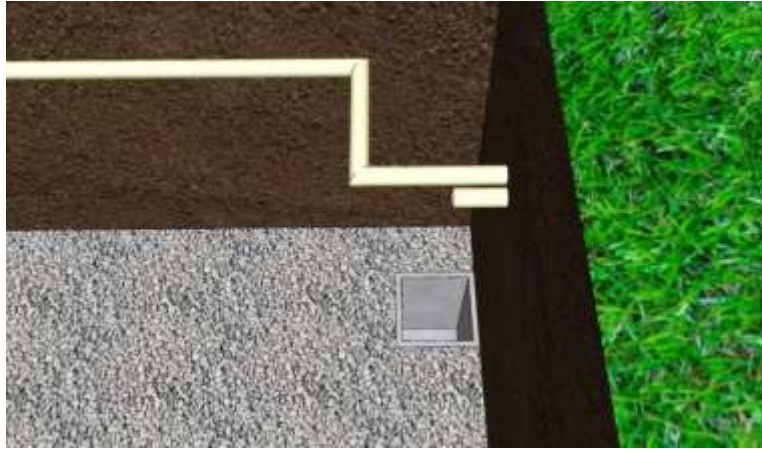


Figura 13. Diseño 3D de la caja de revisión 2

Elaborado por: El autor

5.2.3 Caja de revisión 3

La caja de revisión se construyó con hormigón, las dimensiones son de 0,60m x 0,60m y una altura de 1,20m (figura 14).

Esta caja de revisión no fue diseñada con un sistema de cribado debido a que únicamente servirá en caso de una posible emergencia.

A esta caja se conectaron la salida de lodos del biodigestor y del sedimentador.

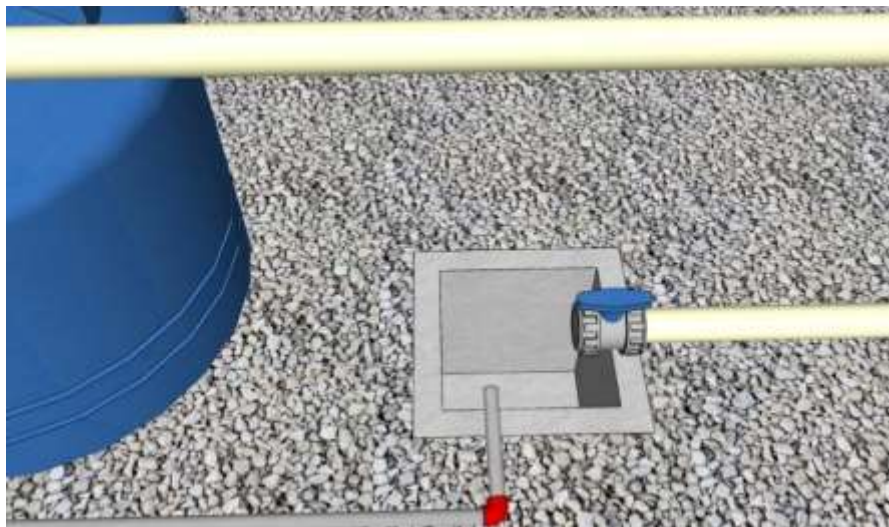


Figura 14. Diseño de la caja de revisión 3

Elaborado por: El autor

5.2.4 Biodigestor

Para la instalación del biodigestor se determinó el lugar ideal, teniendo en cuenta un fácil acceso ya sea para la limpieza con hidrocleaners o una limpieza manual.

Una vez determinado el sitio se procedió a la excavación en donde será ubicado el Tanque Cilíndrico Horizontal / Titán plastigama con capacidad de almacenamiento de 2000 litros, el lugar fue compactado de manera manual con una pendiente del 1% hacia la descarga, la pendiente fue determinada con la ayuda de un medidor de nivel (PLASTIGAMA, 2017).

En la parte exterior del tanque se colocó bridas con pega tubo las cuales nos ayudan acoplar los tubos tanto para el ingreso que viene de la caja de revisión como para la salida que se dirige al tanque sedimentador con tubería de 4 pulgadas y 15cm de largo conectadas a un codo de 4 pulgadas y a una tubería de 0,77m conectadas a un codo de 4 pulgadas y unidas a una tubería de 1,15m conectadas a un codo de 4 pulgadas y una tubería de 5m conectada al sedimentador(figura 15) (PLASTIGAMA, 2017).

Se instalaron codos dentro del biodigestor a la entrada y salida, el codo del ingreso está conformado por un neplo de tubería de 0,30m el cual no tiene ningún sistema de rejilla, el codo de salida está conformado por un neplo de tubería de 0,20m además contiene una rejilla que impide el paso de sólidos mayores a 0,10mm (PLASTIGAMA, 2017).

Adicional a esto para realizar una limpieza manual se realizó el acople de una tubería de 4 pulgadas, para esto se perforó el tanque en la parte inferior y se colocó un acople para tanque roscado de 4 pulgadas con empaques de 4 pulgadas para que impida la salida de líquido, el acople fue ajustado con la ayuda de un codo metálico con rosca de 4 pulgadas que se unió a una tubería de 4 pulgadas de 2,90m de largo, finalmente se colocó una válvula de 4 pulgadas para la extracción y limpieza de lodos.

Teniendo en cuenta la acumulación de gas en el biodigestor se realizó una salida para gas, esto consistió en la perforación en la parte superior, colocación de un acople para tanque de 2 pulgadas, un bushing de 2 pulgadas y un codo de 90° de 2 pulgadas.

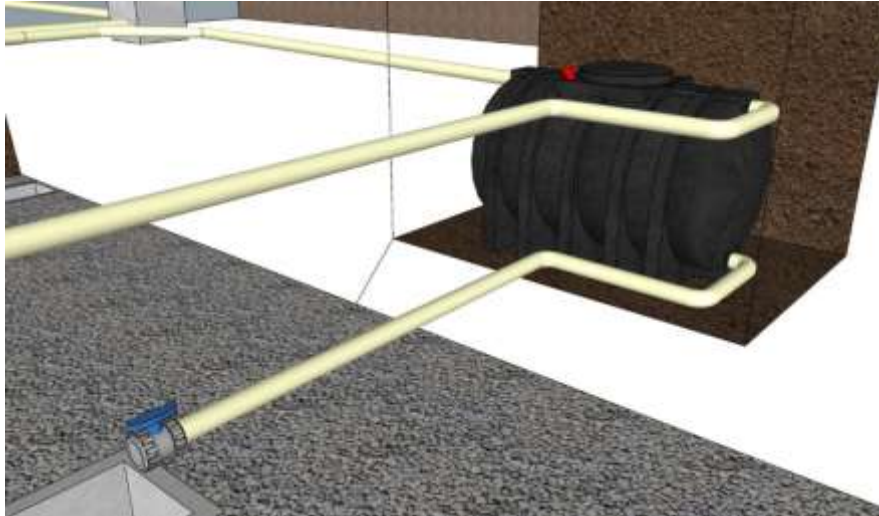


Figura 15. Diseño del biodigestor
Elaborado por: El autor

5.2.5 Sedimentador

Para la elaboración de sedimentador se necesitó un Tanque cilíndrico vertical / tipo botella de 2500 litros, la implementación consistió en la perforación de 4 pulgadas en la parte superior del tanque en donde recibe el agua proveniente del biodigestor mediante un codo y una tubería interna de 0,20m. (PLASTIGAMA, 2017).

La salida del agua se la realiza por la parte superior del tanque mediante una tubería de 2 pulgadas que se distribuye a 2 tanques bioreactores de 500 litros (figura 16), la distancia total de la tubería de 2 pulgadas es de 4,21m, este sistema de tuberías cuenta con válvulas antes del ingreso al birreactor.

Adicional a esto se instaló una válvula de 2 pulgas para la evacuación de emergencia en caso de taponamiento o exceso de caudal, esta tubería se dirige a la caja de revisión número 3.

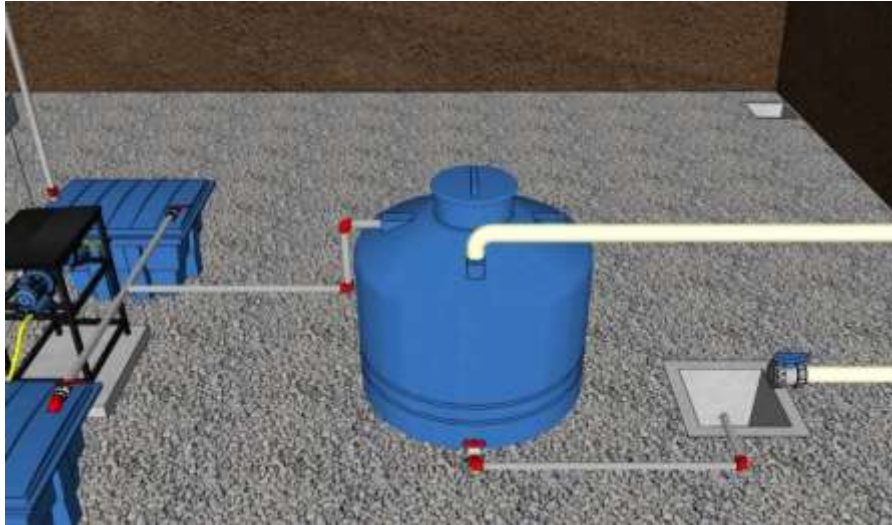


Figura 16. Diseño del sedimentador

Elaborado por: El autor

5.2.6 Bioreactor

Para la elaboración del bioreactor se colocó 2 Tanques Rectangulares de 500 litros Plastigama, conectados a la tubería del sedimentador como se puede observar en la figura 17.

Se realizó perforaciones en los costados para el ingreso de una tubería de 0,5 pulgadas, esta tubería viene conectada a un sistema de aireación que es enviada mediante blowers con una presión mayor a 120mm H₂O.

Dentro de los tanques rectangulares se encuentran bombas sumergibles de 1HP que de manera automática evacuan el agua por una tubería de 2 pulgadas, cuando el agua alcanza la capacidad máxima de los tanques el agua es llevada a los clarificadores que se encuentran a 2,35m de altura, esta tubería está separada mediante universales que permiten desensamble de la tubería con las bombas de agua para las revisiones mensuales.

Tanto los blowers como las bombas sumergibles están conectadas a un sistema eléctrico.

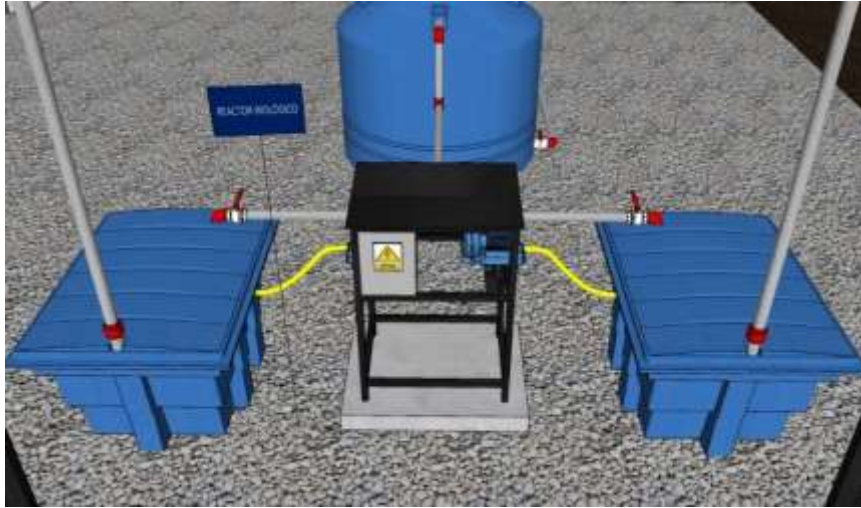


Figura 17. Diseño del reactor biológico

Elaborado por: El autor

5.2.7 Sistema eléctrico

Para el sistema eléctrico se tomó en cuenta distancia de bombas y aireadores.

El sistema eléctrico fue elaborado colocando 2 relés térmicos con 2 contactores, a los que se conectan las 2 bombas de aguas residuales, adicional a esto se colocaron 2 temporizadores a los aireadores para permitir una automatización del sistema de aireación, en el caso de las bombas de agua residual no fue necesario colocar temporizadores ya que las bombas de agua tienen operación automática que se basa en una boya que se activa en el momento que el agua ha llegado al límite que nosotros hemos calibrado, en este caso se colocó las boyas justo antes del límite máximo de llenado del tanque de 500 litros.

La colocación del tablero eléctrico y los aireadores fue colocado con una elevación 0,20 m por encima de los tanques de 500 litros mediante una estructura metálica, esto para evitar el ingreso de agua a los aireadores.

La estructura metálica está anclada a una base de concreto debido a que al colocar en el piso de ripio provocaba una inestabilidad en el sistema.

5.2.8 Clarificadores

Los clarificadores están diseñados por 2 Biodigestores Fosas Sépticas Autolimpiables de 1300 litros (figura 18) colocados a una altura de 2,35m de altura del suelo, esto ayuda en la precipitación del material particulado.

Los tanques están sostenidos por una estructura metálica de acero que está anclada a una base de concreto. La entrada y salida esta ensamblada y sellada con pegamento para PVC. Para la salida de lodos se ensambló una válvula de 2 pulgadas (ROTOPLAS, 2013)

El agua llega a los clarificadores con la ayuda de las bombas sumergibles en donde dentro del sistema ingresa hasta el fondo y sube pasando por un filtro donde se encuentran microorganismos que ayudan a la descomposición y finalmente sale por el tubo de salida, en el cual el agua se dirige a un tanque de almacenamiento de 2500 litros.



Figura 18. Diseño de clarificadores
Elaborado por: El autor

5.2.9 Tanque de almacenamiento

Al tanque de almacenamiento llega el agua de los clarificadores mediante dos tuberías unidas a una T de 4 pulgadas, el ingreso del agua es por la parte superior, por lo que se debió modificar el tanque realizando una perforación de 4 pulgadas (PLASTIGAMA, 2017).

Para la salida de agua se instaló un sistema de salida en la parte inferior mediante 1 bushing de 1 pulgada, 1 universal de 1 pulgada, 1 codo conectados a una bomba de agua la cual evacua el agua del tanque de almacenamiento como se observa en la figura 19.

El agua es llevada mediante una bomba a los terrenos para el crecimiento de cobertura vegetal.



Figura 19. Diseño del tanque de almacenamiento
Elaborado por: El autor

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Medición de caudales:

La medición de caudales nos ayuda para determinar las dimensiones de los distintos sistemas de tratamiento ya que determinará el grado de tratamiento requerido en función de la dilución disponible en la corriente con flujos de recepción más pequeños que requieren un mayor grado de tratamiento para un flujo de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales determinado (Ramalho, 2016).

Se debe tomar en cuenta que el único momento en el que se tiene caudales es cuando se realiza la limpieza en el establo y chanchera.

Los tiempos de llenado del balde de 20 litros fueron los siguientes

t1:25,46 segundos

t2: 22,24 segundos

t3:20,06 segundos

t4:24,23 segundos

t5:21,36 segundos

$$t = \frac{25,46s + 22,24s + 20,06s + 24,23s + 21,36s}{5}$$

$$t = 22,67s$$

Aplicamos la fórmula del método volumétrico

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

$$Q = \frac{20 \text{ l}}{22,67 \text{ s}}$$

Obteniendo un resultado de

$$Q=0,88 \text{ l.s}^{-1}$$

El resultado obtenido fue de $0,88 \text{ l.s}^{-1}$, pero debemos considerar que este caudal únicamente se genera cuando se realiza la limpieza de la chanchera y el establo, así que el caudal está directamente relacionado con el tiempo que se demoren en la limpieza e incluso la cantidad del caudal, ya que si en ese momento la granja está haciendo uso del agua para aspersión la limpieza tardará más pero el caudal también disminuirá.

Teniendo en cuenta que tendremos el tiempo de retención de un día. Ortiz (2011), menciona que para una operación optima dependerá también de los factores temperatura y edad de lodo esto quiere decir que se podrá operar con tiempos de retención inclusive menores al de un día en la medida que la edad del lodo sea mayor.

6.2 Resultados de los análisis físicos químicos y microbiológicos

Tabla 3.

Resultados de la caracterización física, química y microbiológica en los diferentes procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales

Parámetro	Expresado como	Unidad	Valor (biodigestor)	Valor (sedimentador)	Valor (bioreactor)	Valor (clarificador)	remoción de los parámetros (%)
Amonio	NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	128,0	87,0	14,0	4,0	96,9
Sulfatos		mg.l ⁻¹	140,0	89,0	69,0	67,0	52,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5días)	DBO ₅	mg.l ⁻¹	200,0	120,0	20,0	13,0	93,8
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg.l ⁻¹	1300,0	670,0	60,2	49,5	96,2
Fósforo	P	mg.l ⁻¹	18,4	9,5	6,5	5,4	70,7
Nitrógeno	NTK	mg.l ⁻¹	80,0	50,0	19,3	17,6	78,0
hierro	Fe	mg.l ⁻¹	2,1	1,7	1,3	0,9	59,0
Sólidos totales	ST	mg.l ⁻¹	48 382,0	4000,0	3000,0	984,0	98,0
Sólidos volátiles	STV	mg.l ⁻¹	41 124,0	6000,0	1023,0	325,0	99,2
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg.l ⁻¹	0,2	0,2	0,1	0,1	39,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg.l ⁻¹	47,0	38,0	16,8	15,2	67,7

Continuación Tabla 3.

Resultados de la caracterización física, química y microbiológica en los diferentes procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales

Coliformes totales	UFC	96,0	50,0	56,0	34,0	64,6
Coliformes fecales	UFC	42,0	32,0	34,0	12,0	71,4
Temperatura	°C	22,1	22,1	21,1	23,4	
pH	Rango normal	7,2	7,2	6,9	7,7	
Conductividad	us	1850,0	1100,0	820,0	689,0	
Turbidez	NTU	960,0	850,0	730,0	480,0	50,0
Materia flotante	visible	Presencia	Presencia	Presencia	Ausente	

La tabla 3 indica los resultados de la caracterización física, química y biológica obtenidos en diferentes procesos en orden secuencial además del porcentaje de remoción que se obtuvo comparando el agua desde el tanque de llegada que es el biodigestor hasta el tratamiento final que es el clarificador.

Según Buelna et al. (2008) se realizaron análisis en una granja pequeña que cuenta con 800 porcinos da como resultado una DBO de 13000 mg.l⁻¹, sólidos totales con 16000 mg.l⁻¹ y N 2300 mg.l⁻¹. Hay que tener en cuenta que estos datos varían mucho con los resultados obtenidos en la granja de la ECAA, debido a que la granja donde se implementó la implementar la PTAR únicamente es utilizada con fines académicos y cuenta con 8 cerdos.

Es necesario un post tratamiento como es el caso de cribado y la implementación de un biodigestor pero que sea de fácil manipulación ya que Garzón-Zúñiga et al. (2007) mencionan que un sistema que sea de fácil operación y manipulación benefician debido a que reduce costos y mantenimiento dando como eficiencia de 99 % de la DBO₅, 98 % de los SST y 99,7 % del N-NH₄⁺, al tratar agua residual de una granja pequeña con sedimentación con una DQO inicial de 15000 mg.l⁻¹, en el caso de la PTAR ECAA se realizó el cribado en la caja de revisión ya que es en este lugar donde llegan los caudales del establo y la chanchera para luego pasar al biodigestor.

Según Hussein (2011), el tratamiento secundario como puede ser la adición de oxígeno tiene una efectividad de disminución de la DBO en un 85% no es eficiente eliminando cantidades significativas de fósforo, bacterias y virus por lo que para su eliminación adicional que puede ser un tratamiento químico. Por este motivo se observa en la tabla 3 una disminución en algunos tratamientos como es el caso de la sedimentación y en la clarificación pero en el bioreactor se vuelve a incrementar la UFC tanto de coliformes fecales como de coliformes totales.

6.3 Análisis estadísticos de cada uno de los parámetros medidos antes y después de ingresar a la planta de tratamiento

6.3.1 Resultados del parámetro amonio antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 4.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del amonio antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,96	3	0,59
SALIDA	0,94	3	0,54

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA) = 0,59 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,54 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro amonio provienen de una distribución normal.

Tabla 5.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro amonio

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	123,500	0,94	5,508	122,00	125,47	307,34	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro amonio antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro amonio en promedio se redujo de 127,30 mg.l⁻¹ a 3,56 mg.l⁻¹

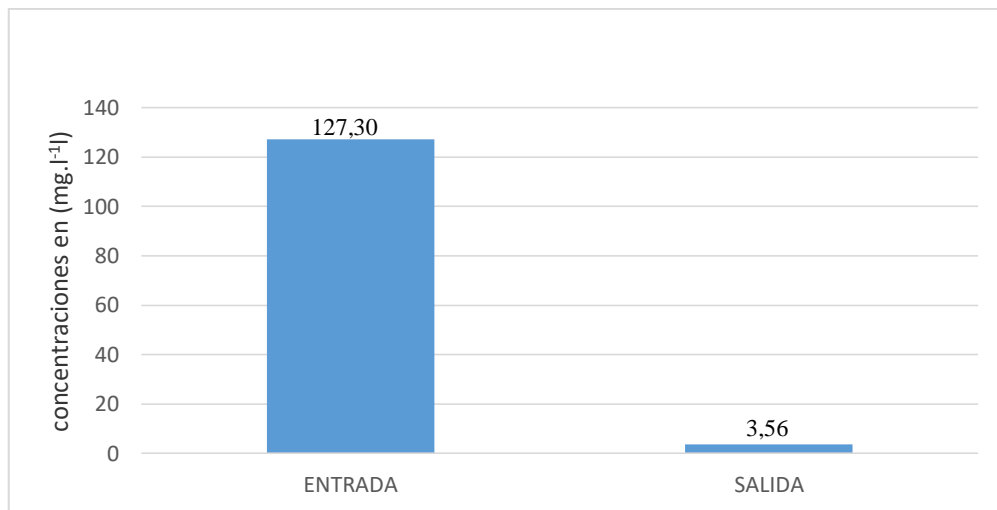


Figura 20. Promedio del parámetro amonio en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Con lagunas anaeróbicas otros estudios como el de Peñafiel et al. (2016) han logrado una remoción de 41 a 85 % de la DQO y 44 a 87 % de amonio, con el sistema completo de la PTAR se logró remover el 96,87% del amonio presente en las aguas residuales.

6.3.2 Resultados del parámetro sulfatos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 6.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del sulfato antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

Pruebas de normalidad				
	Shapiro-Wilk			Sig.
	Estadístico	gl		
ENTRADA	0,99	3		0,82
SALIDA	0,99	3		0,82

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,82 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,82 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro sulfatos provienen de una distribución normal.

Tabla 7.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro sulfato.

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	72,93	1,80	1,04	68,46	77,41	70,14	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro sulfatos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro sulfatos en promedio se redujo de 139,87 mg.l⁻¹ a 66,93 mg.l⁻¹

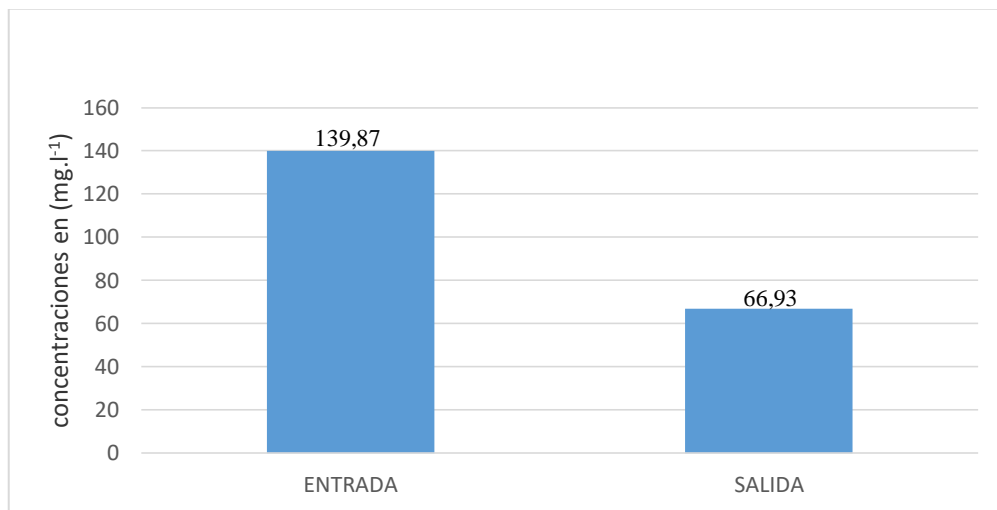


Figura 21. Promedio del parámetro sulfatos en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Estudios realizados por la Universidad Técnica Particular de Loja indican que es de suma importancia la remoción de sulfatos debido a que las bacterias metanogénicas en presencia de sulfatos compiten con las sulfatoredutoras y se ve un sistema deficiente esto debido a que las bacterias metanogénicas presentan una mayor sensibilidad (Ortiz, 2011).

6.3.3 Resultados del parámetro DBO₅ antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 8.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del DBO₅ antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	1,00	3	1,00
SALIDA	1,00	3	1,00

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 1,00 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 1,00 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro DBO₅ provienen de una distribución normal.

Tabla 9.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro DBO₅

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	178,00	9,54	5,51	154,30	201,69	32,32	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro DBO_5 antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro DBO_5 en promedio se redujo de $190,00 \text{ mg.l}^{-1}$ a $12,00 \text{ mg.l}^{-1}$

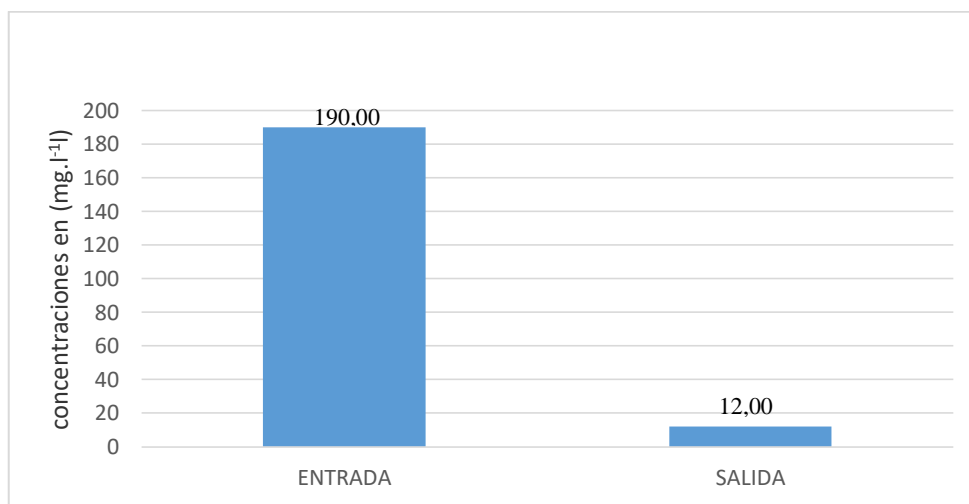


Figura 22. Promedio del DBO_5 en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Estudios en donde únicamente para el tratamiento del agua residual proveniente de porcinos añadieron un biodigestor obtuvieron resultados de remoción del 96,4% en el parámetro DBO (Zúñiga y Buelna 2007), en este caso añadiendo 4 sistemas de tratamiento se obtuvieron resultados en reducción del 93,8%.

6.3.4 Resultados del parámetro DQO antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 10.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	1,00	3	1,00
SALIDA	0,78	3	0,07

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 1,00 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,07 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro DQO provienen de una distribución normal.

Tabla 11.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro DQO

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior				
Entrada - Salida	1242,48	7,35	4,24	1224,22 1260,74	292,72	2	0,00	

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro DQO antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro DQO en promedio se redujo de 1295 mg.l⁻¹ a 52,52 mg.l⁻¹

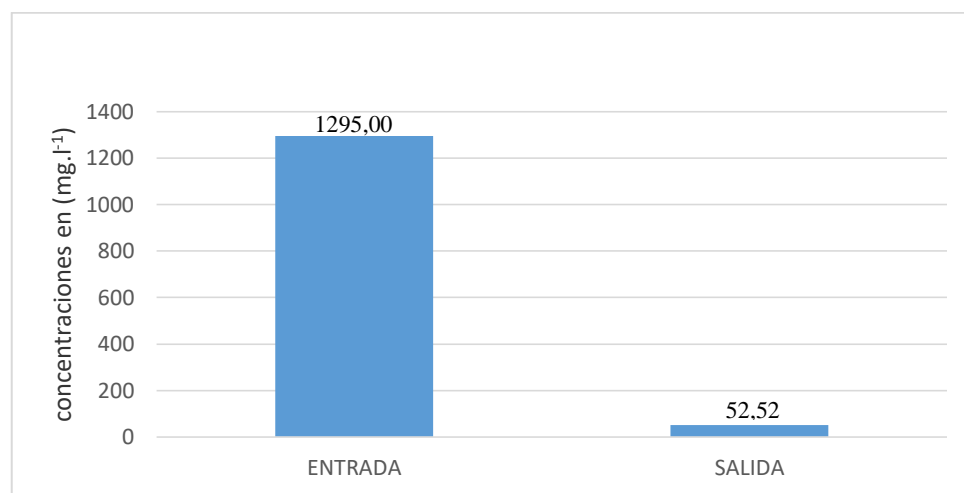


Figura 23. Promedio del parámetro DQO en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Estudios similares muestran que en una granja de 6000 cerdos se encontraron valores iniciales de DQO de 3339 y 3809 mg.l⁻¹, la disminución del DQO fue del 99,3% con la colocación de un biodigestor (Zúñiga y Buelna 2007) si comparamos con la granja de la ECAA en donde únicamente se la utiliza a nivel académico se colocó un biodigestor con el cual se obtuvo resultados de remoción del 96,2%.

6.3.5 Resultados del parámetro Fósforo antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 12.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del fósforo antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	1,00	3	1,00
SALIDA	0,94	3	0,54

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 1,00 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,54 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro fósforo provienen de una distribución normal.

Tabla 13.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro fósforo

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	13,200	0,26	0,15	12,54	13,86	86,41	2	0,000

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro fósforo antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro fósforo en promedio se redujo de $18,70 \text{ mg.l}^{-1}$ a $5,50 \text{ mg.l}^{-1}$

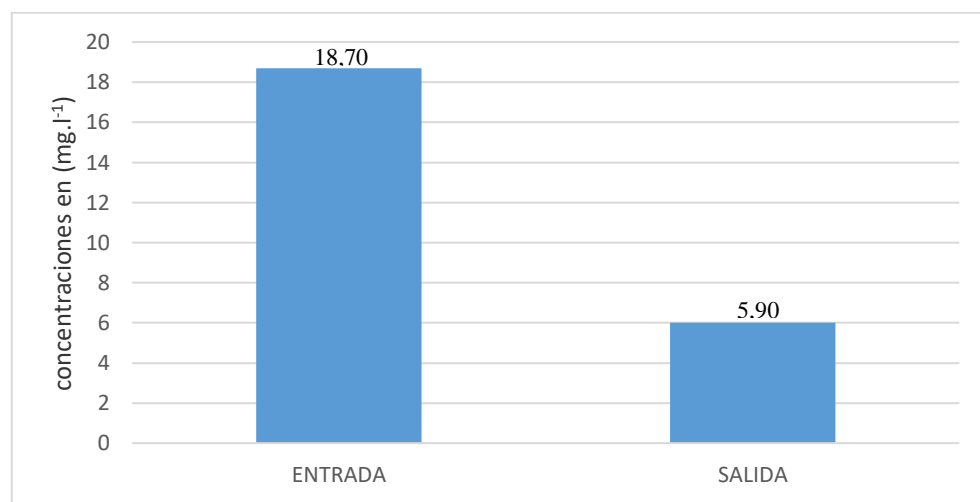


Figura 24. Promedio del parámetro fósforo en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

Los promedios coinciden con lo que menciona Romero (2010) la cantidad de fósforo presentes en aguas residuales oscila entre 6 y 20 mg.l^{-1} teniendo sus formas más usuales ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos, la planta de tratamiento de aguas residuales de la ECAA obtuvo un porcentaje de remoción del 70,65%.

6.3.6 Resultados del parámetro nitrógeno antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 14.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del nitrógeno antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,95	3	0,56
SALIDA	0,92	3	0,46

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,56 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,46 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro nitrógeno provienen de una distribución normal.

Tabla 15.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro nitrógeno

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	62,15	0,27	0,16	61,48	62,83	394,3	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro nitrógeno antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro nitrógeno en promedio se redujo de 79,42 mg.l⁻¹ a 17,27 mg.l⁻¹

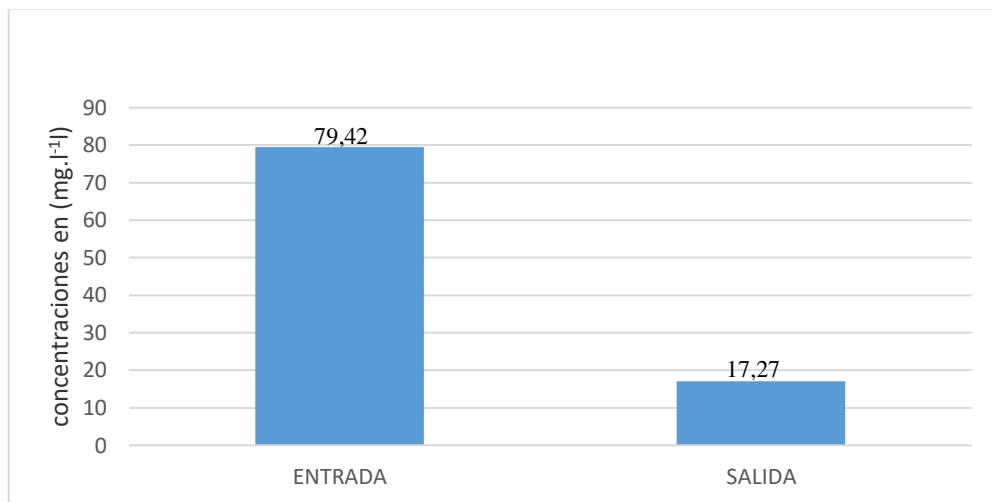


Figura 25. Promedio del parámetro nitrógeno en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

En los análisis realizados en el agua residual provenientes de porcinos y bovinos da una concentración de 79 mg.l⁻¹ en donde incluso la cantidad de nitrógeno presente en aguas residuales domésticas puede llegar a 100 mg.l⁻¹ tomando en cuenta que una concentración de nitrógeno amoniacal puede no ser tóxica debido al pH bajo ya que sólo una pequeña parte sería NH₃ (Romero, 2010).

6.3.7 Resultados del parámetro hierro antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 16.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia del hierro antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,89	3	0,36
SALIDA	0,98	3	0,73

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA) = 0,36 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,73 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro hierro provienen de una distribución normal.

Tabla 17.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro hierro

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	1,41	0,25	0,14	0,79	2,03	9,79	2	0,01

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro hierro antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro hierro en promedio se redujo de $2,20 \text{ mg.l}^{-1}$ a $0,79 \text{ mg.l}^{-1}$

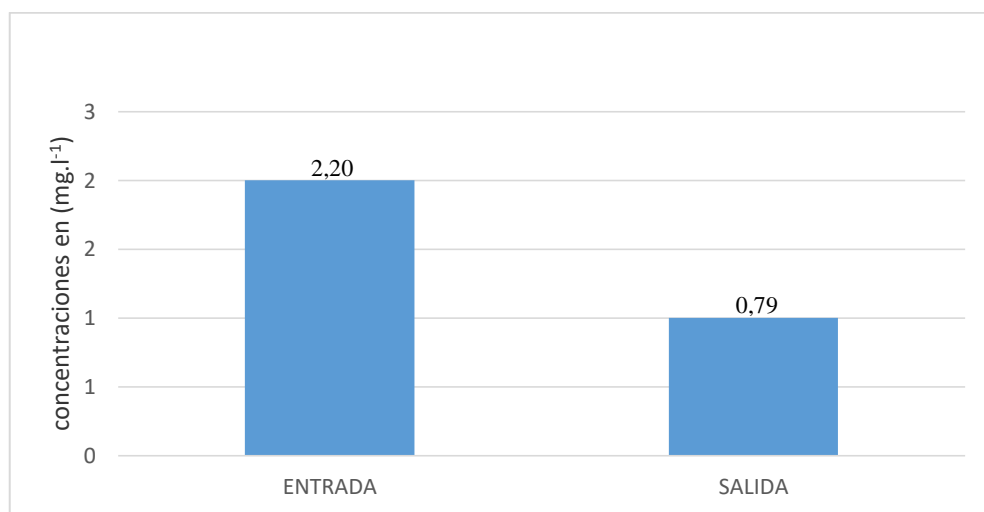


Figura 26. Promedio del parámetro Hierro en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

La presencia de hierro se debe principalmente a aguas ácidas por lo cual para su tratamiento se debe crear una reacción que oxide el hierro y lo convierta de ferroso a férrico, los tratamientos más comunes empleados son la precipitación y la clarificación (Rojas, 2010), estos procesos si se realizan en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ECAA por lo cual se ve una disminución de $2,20 \text{ mg.l}^{-1}$ a $0,79 \text{ mg.l}^{-1}$.

6.3.8 Resultados del parámetro sólidos totales antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 18.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de sólidos totales antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,96	3	0,61
SALIDA	0,94	3	0,54

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,61 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,54 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro sólidos totales provienen de una distribución normal.

Tabla 19.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro sólidos totales

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	47335,00	288,70	166,68	46617,82	48052,18	283,98	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro sólidos totales antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro sólidos totales en promedio se redujo de 48313 mg.l⁻¹ a 978 mg.l⁻¹

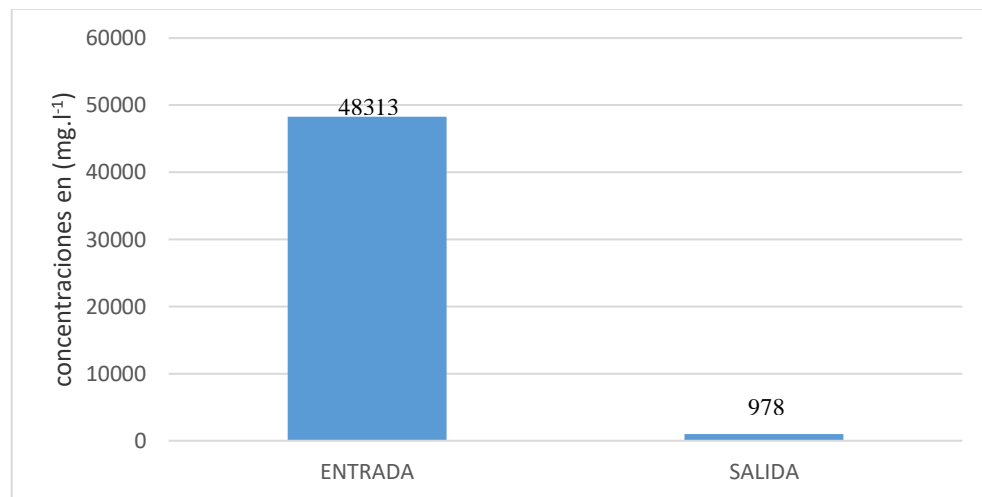


Figura 27. Promedio del parámetro sólidos totales en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

La concentración elevada de los sólidos totales se debe a la manera en la que se realiza la limpieza para esto se instaló un biodigestor y un sedimentador en donde se realiza la mayor retención de sólidos de valores iniciales de 128 mg.l⁻¹ a 14 mg.l⁻¹. Además de obtener una reducción significativa la reducción de los sólidos también juega un papel importante en el tratamiento moderno de aguas residuales, ya que los sólidos totales sirve como un adsorbente para el metal pesado y el bifenilo policlorado (PCB) (Rosenwinkel et al., 2001).

6.3.9 Resultados de los parámetros sólidos volátiles antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 20.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de sólidos volátiles antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,96	3	0,61
SALIDA	0,94	3	0,54

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,61 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,54 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro sólidos volátiles provienen de una distribución normal.

Tabla 21.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro sólidos volátiles

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Diferencias emparejadas			t	gl	Sig. (bilateral)
			Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	41435,33	1096,11	632,84	38712,46	44158,21	65,4	2	0,00
							8	

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro sólidos volátiles antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro sólidos volátiles en promedio se redujo de 41758,33 mg.l⁻¹ a 323 mg.l⁻¹

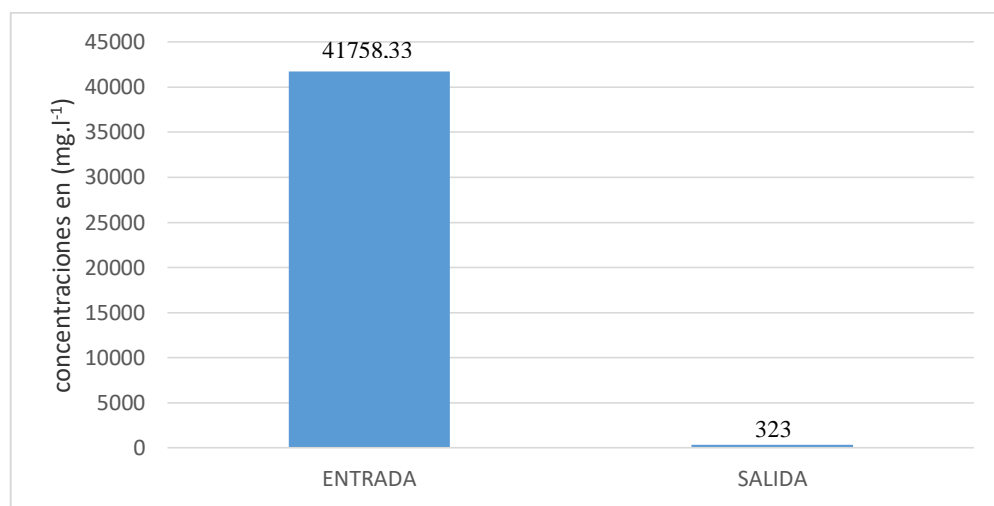


Figura 28. Promedio del parámetro sólidos volátiles en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

Para que el tratamiento biológico sea efectivo se recomienda una cantidad de 16 000 mg.l⁻¹ (Romero, 2010), es por esto la importancia de los sistemas de tratamiento previos al ingreso al bioreactor, en este caso para la eliminación de los sólidos volátiles se instaló un biodigestor y un sedimentador dando así una eficiencia al sistema de tratamiento.

Teniendo en cuenta esto podemos afirmar que el tratamiento funciona correctamente en el bioreactor debido a que en ese proceso la cantidad de sólidos volátiles se encuentran en 1023 mg.l⁻¹ como se puede observar en la tabla 3.

6.3.10 Resultados del parámetro nitritos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 22.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de nitritos antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,96	3	0,64
SALIDA	0,99	3	0,78

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA) = 0,64 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,78 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro nitritos provienen de una distribución normal.

Tabla 23.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro nitritos

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	0,11	0,026	0,015	0,04046	0,16954	7,00	2	0,02

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

No hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro nitritos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento no tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro nitritos en promedio se redujo apenas de $0,23 \text{ mg.l}^{-1}$ a $0,13 \text{ mg.l}^{-1}$

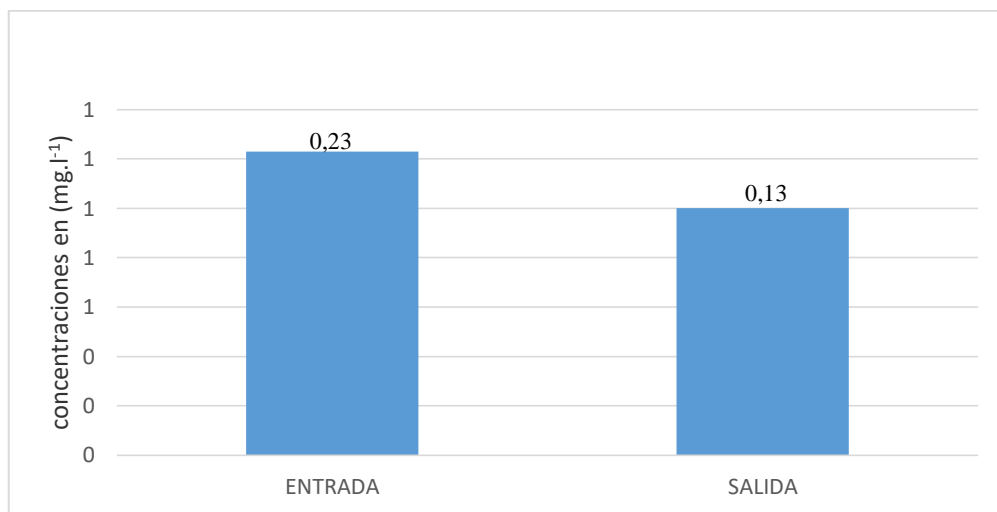


Figura 29. Promedio del parámetro nitritos en mg.l^{-1} antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

La concentración de nitritos es de 1 mg.l^{-1} es baja comparando con otro estudio que indica que la concentración de nitritos incluso puede llegar a 100 mg.l^{-1} , pero que estas concentraciones pueden estar relacionados con la presencia de fertilizantes (Fernández y Vázquez, 2006).

Fernández y Vázquez. (2006), Mencionan que es de suma importancia conocer si las aguas están contaminadas con nitritos y nitratos debido a que son muy perjudiciales ya que pueden formarse nitrosomas que tienen acción cancerogénica.

6.3.11 Resultados del parámetro nitratos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 24.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de nitratos antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,98	3	0,71
SALIDA	0,94	3	0,54

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,71 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,54 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro nitratos provienen de una distribución normal.

Tabla 25.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro nitratos

Prueba de muestras emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	47,05	0,74	0,42	45,20	48,89	109,7	2	0,00
							9	

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro nitratos antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro nitratos en promedio se redujo de 47,18 mg.l⁻¹ a 0,13 mg.l⁻¹

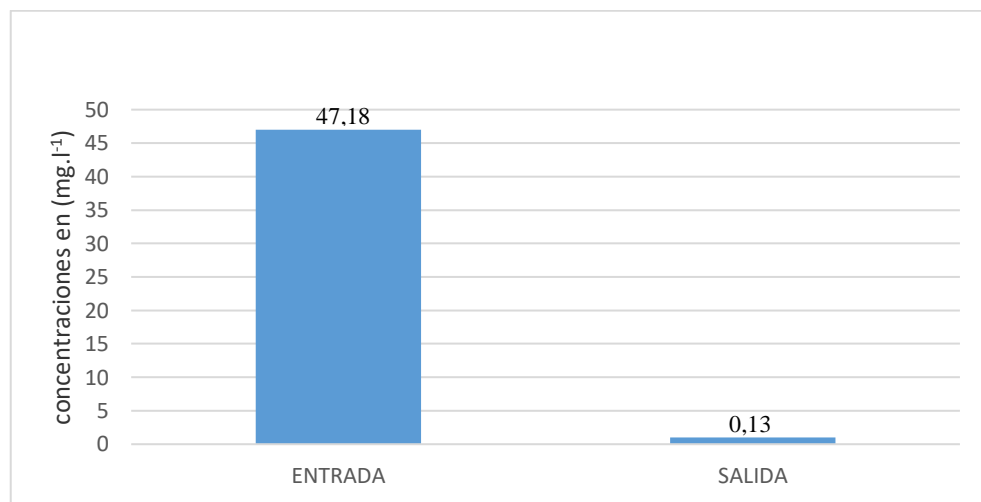


Figura 30. Promedio del parámetro nitratos en mg.l⁻¹ antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

Se evidencia una notable disminución en el parámetro amonio de 47 mg.l⁻¹ a 1 mg.l⁻¹ esto debido a que la eliminación del ion fosfato, el ion nitrato y el ion amonio se puede atribuir al intercambio iónico y la adsorción física (Ahsan et al., 2001).

6.3.12 Resultados del parámetro conductividad antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 26.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de la conductividad antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,88	3	0,33
SALIDA	0,99	3	0,84

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de chapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

NORMALIDAD

P-valor (ENTRADA)= 0,33 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,84 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro conductividad provienen de una distribución normal.

Tabla 27.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro conductividad

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Entrada - Salida	1163,00	2,65	1,53	1156,43	1169,57	761,3	2	0,00
						6		

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro conductividad antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro conductividad en promedio se redujo de 1852,33 us a 689,33 us

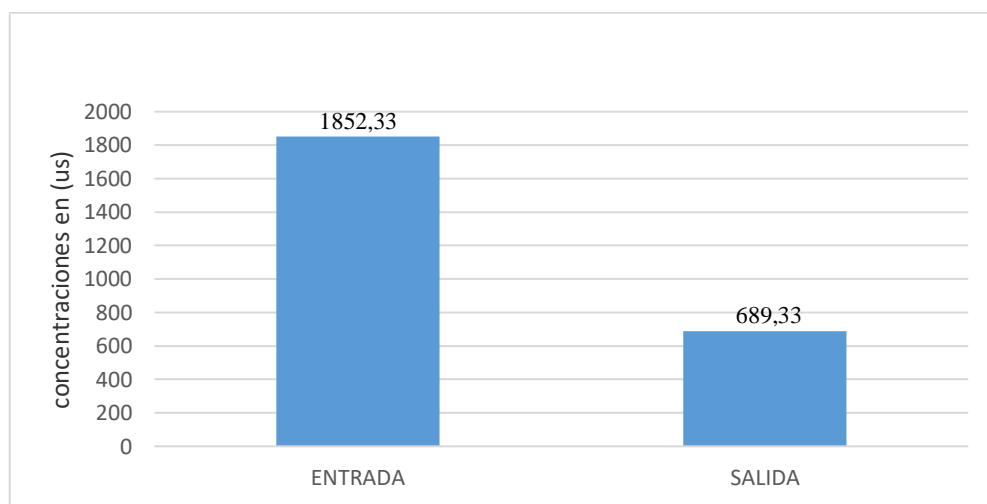


Figura 31. Promedio del parámetro conductividad en us antes y después del tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: El autor

Existe una gran presencia de conductividad esto debido a posible concentraciones de NO_3^{-1} y SO_4^{-2} que normalmente se encuentran en las aguas residuales Peñafiel et al. (2016) al eliminar la mayoría de los parámetros la conductividad disminuye notablemente de 1852us a 689us.

6.3.13 Resultados del parámetro turbidez antes y después de ingresar al sistema de tratamiento

Tabla 28.

Resultados de la prueba de normalidad de shapiro wilk donde se observa el nivel de significancia de la turbidez antes de ingresar al sistema y después de salir al sistema.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ENTRADA	0,89	3	0,36
SALIDA	0,81	3	0,17

Nota: Debido a que es una muestra pequeña menor a 30 individuos se la realiza mediante los datos obtenidos de shapiro wilk. Elaborado por: el autor

Criterio para determinar la Normalidad

Comparación de P-valor con α para determinar normalidad

P-valor (ENTRADA)= 0,36 > 0,05

P-valor (SALIDA) = 0,17 > 0,05

Una vez comparados los datos de significancia de entrada y salida con α podemos afirmar que las medidas del parámetro turbidez provienen de una distribución normal.

Tabla 29.

Prueba de muestras emparejadas del parámetro turbidez

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Promedio	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Entrada - Salida	488,67	10,26	5,93	463,17	514,16	82,47	2	0,00

Elaborado por: El autor

Decisión Estadística

Hay una diferencia significativa en las medidas del parámetro turbidez antes y después de ingresar al sistema de tratamiento. Por lo cual se concluye que el tratamiento tiene efectos de remoción significativos.

De hecho el parámetro turbidez en promedio se redujo de 961 NTU a 472,3 NTU

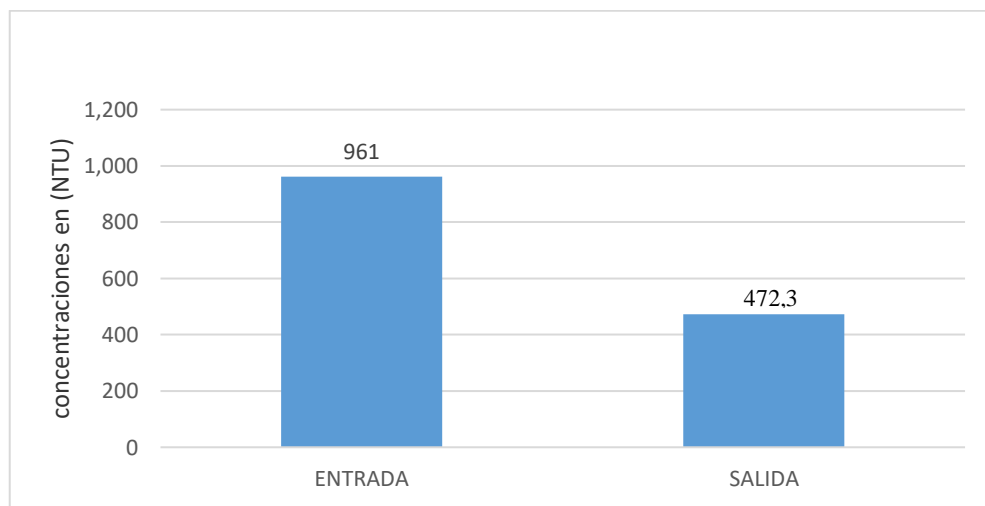


Figura 32. Promedio del parámetro turbidez en NTU antes y después del tratamiento de aguas residuales.

Elaborado por: El autor

Las aguas residuales en su mayoría presentan turbidez, tratar este parámetro es importante debido a que se mejora la calidad del agua (Romero, 2010). El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene una eficiencia del 50% de remoción del parámetro turbidez.

6.3.14 Resultados de cambios de pH

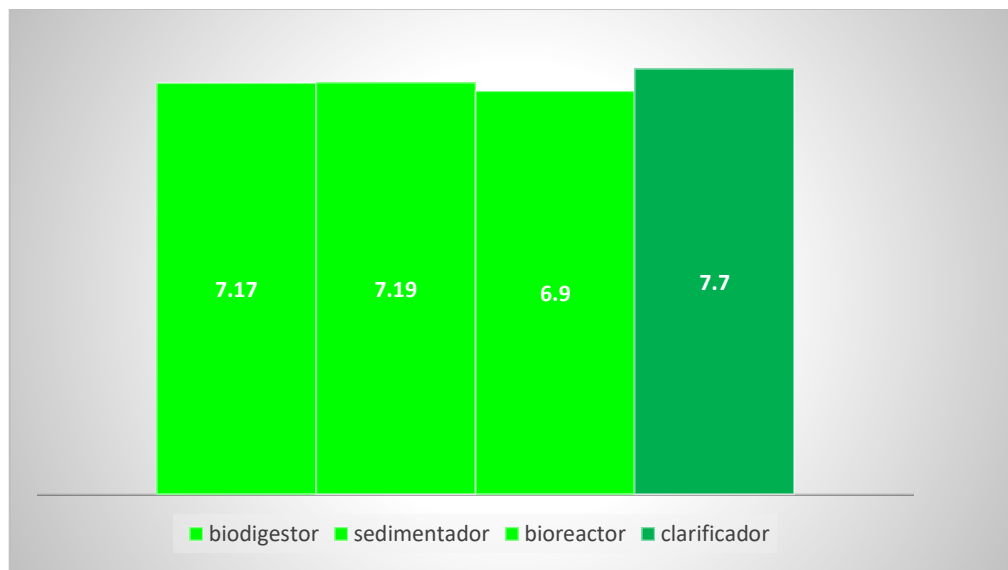


Figura 33. Cambios de pH en los distintos sistemas de la planta de tratamiento.

Elaborado por: El autor

Según el análisis realizado se puede observar que todos los resultados tienen un pH neutro a excepción del análisis en el clarificador el cual presentó un pH ligeramente alcalino. Romero (2010), refiere que la alcalinidad del agua es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos y que por lo general la alcalinidad se presenta en aguas domésticas debido a las concentraciones que tiene de amonio y magnesio, además que la alcalinidad es de suma importancia en los procesos biológicos ya que está vinculado con la nitrificación.

Para que en los diferentes procesos la vida biológica esté activa el pH generalmente se debe encontrar entre de 6,5 y 8,5 (Romero, 2010).

6.3.15 Resultados de la medición de Temperatura

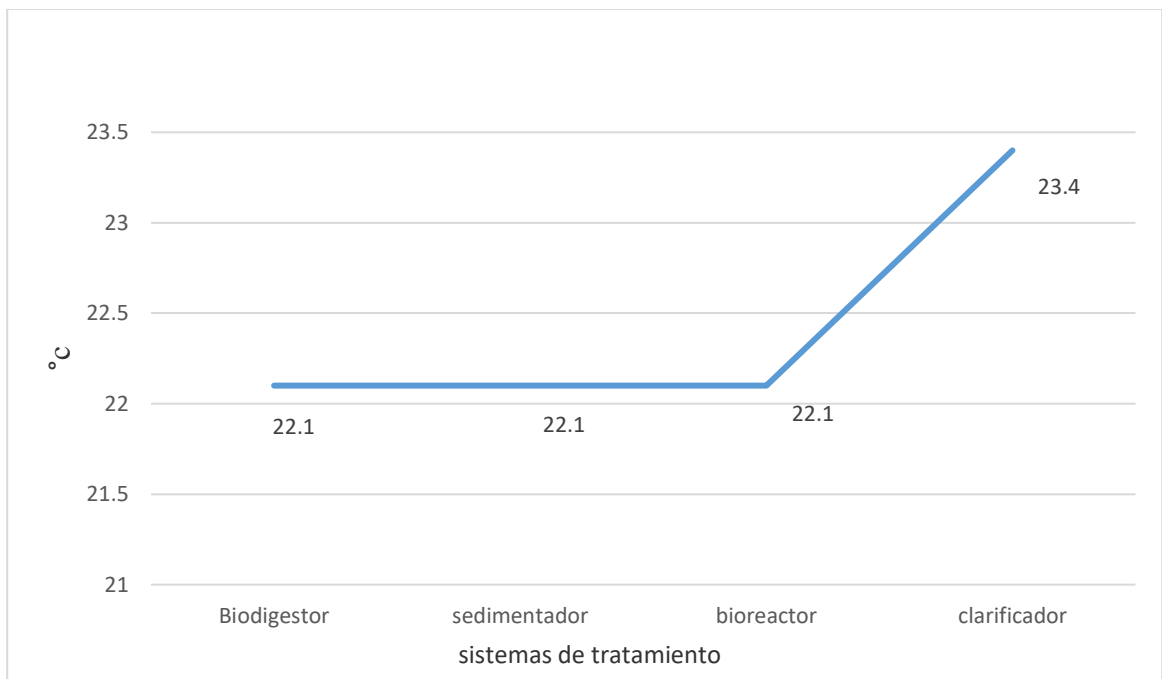


Figura 34. Variación de temperatura en los diferentes sistemas de tratamiento

Elaborado por: El autor

Como se observa en la figura 34 la temperatura no varía en los procesos del biodigestor, sedimentador y bioreactor, hay un aumento en el clarificador esto puede estar relacionado al momento que se tomó la medida, color de los tanques y permanencia del agua dentro del sistema.

Romero (2010), asegura que la temperatura que varía entre 22°C y 40°C es óptima para la actividad bacteriana, teniendo en cuenta que si la temperatura llegara alcanzar los 50°C la digestión anaeróbica y la nitrificación se suspendería.

6.3.16 Resultados de la variación de coliformes totales y fecales

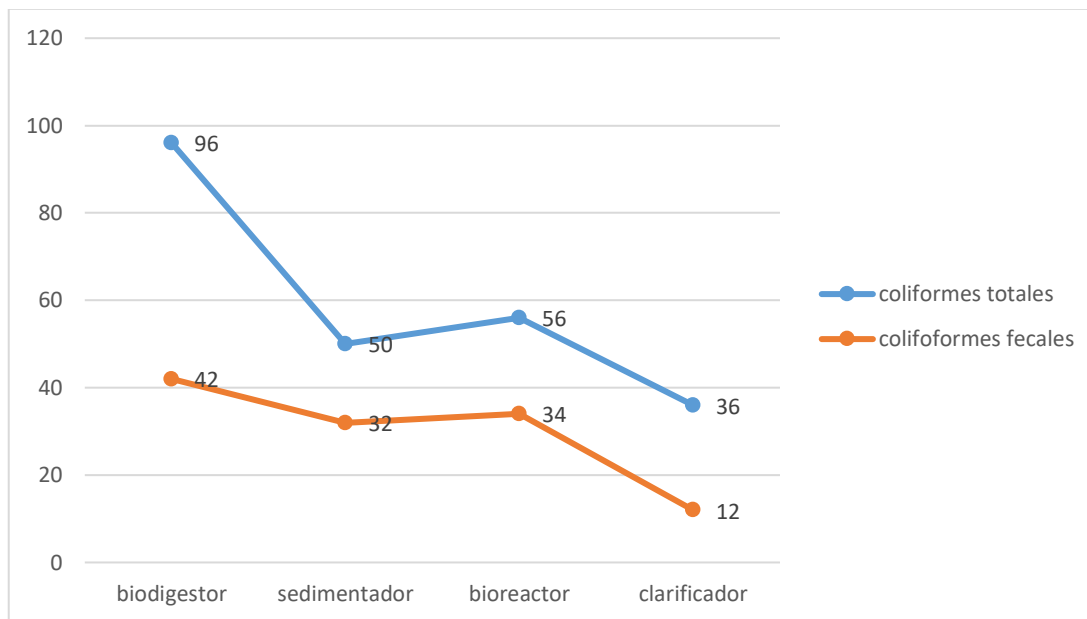


Figura 35. Comparación de aumento y disminución de coliformes totales con coliformes fecales.

Elaborado por: El autor

La figura 35 indica una disminución de UFC en coliformes totales y fecales del biodigestor al sedimentador luego un pequeño aumento esto debido a la presencia de oxígeno lo cual promueve el crecimiento de bacterias.

Con lo cual podemos afirmar la presencia de coliformes antes y después del tratamiento debido a que el tratamiento no usa procesos químicos que eliminen este tipo de bacterias.

La presencia de *Aerobacter* y algunas *Escherichia* no representan la existencia de contaminación fecal humana debido a que estos géneros de bacterias también pueden crecer en el suelo, además ayudan en los procesos de fermentación ya que tienen la capacidad de producir gas (Romero,2010).

La descarga de aguas residuales no tratadas que contienen altos niveles de contaminantes orgánicos en el agua del río afecta la idoneidad del agua de río para uso humano y estimula el crecimiento de algas y plantas acuáticas (Kuroda et al., 1997).

6.4 Socialización

La socialización fue realizada en la ciudad de Cuenca en el teatro del Honorable Consejo Provincial de Azuay en del 3 al 5 de abril del 2019 en la VI Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería Ambiental, avances y desafíos de la conservación y sostenibilidad en el Ecuador” mediante la ponencia de mi tema de investigación la cual tuvo una duración de 20 minutos desde las 17:10 hasta las 17:30.

El evento estuvo conformado por estudiantes, investigadores, docentes y técnicos de distintas universidades del país al igual que extranjeros.

Los resultados de la socialización se observan en las figuras 36, 37 y 38.

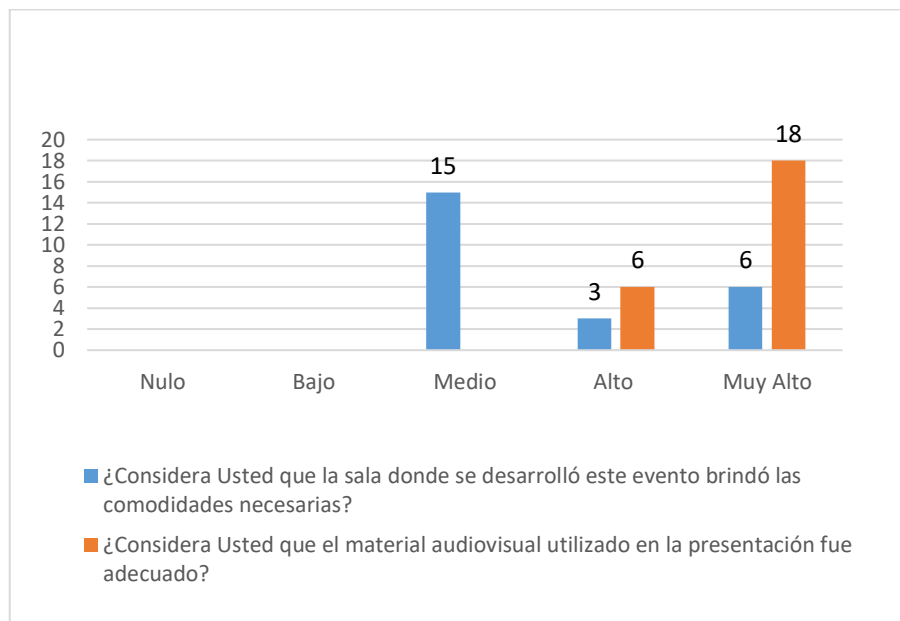


Figura 36. Resultados de las encuestas sobre organización del evento de socialización.

Elaborado por: El autor

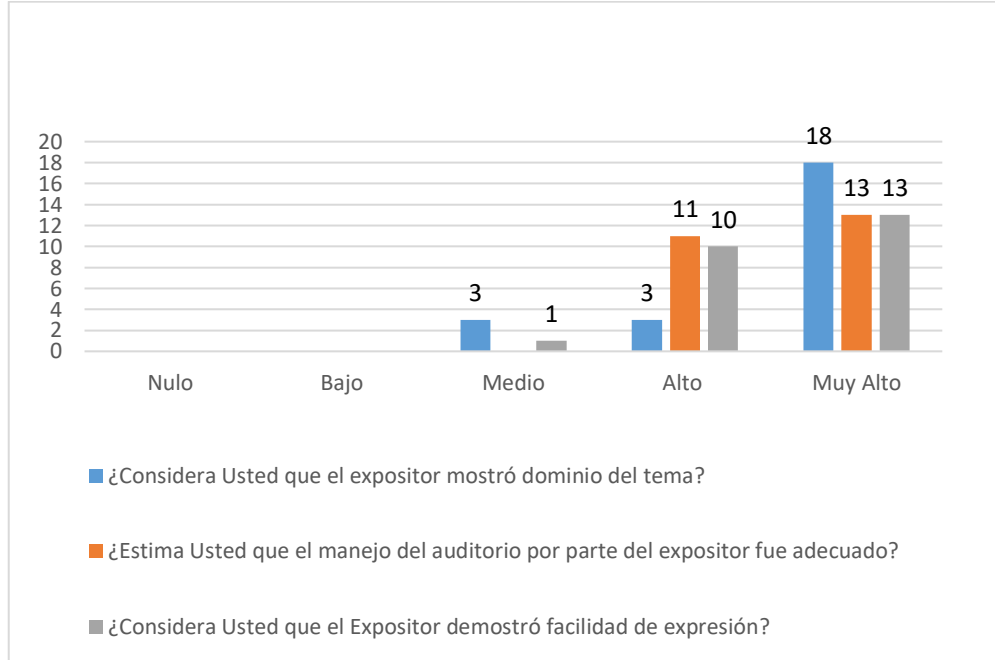


Figura 37. Resultados de las encuestas sobre la ejecución del evento por parte del expositor.

Elaborado por: El autor

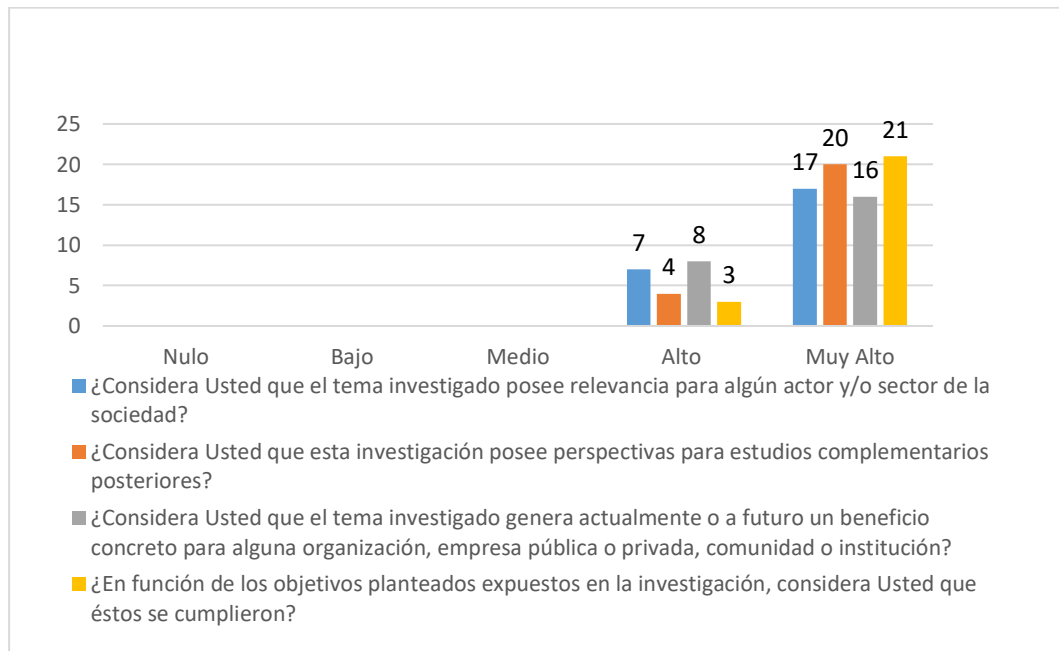


Figura 38. Resultados de las encuestas sobre la medición de impacto de la investigación.

Elaborado por: El autor

Los encuestados consideraron que la sala donde se desarrolló el evento tuvo una aceptación media sobre las comodidades necesarias, Los encuestados consideraron como muy alto el material audiovisual utilizado en la presentación. Respecto al dominio del tema los encuestados consideraron un valor de muy alto. El manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado debido a la obtención de un valor de alto y muy alto. Respecto a la facilidad de expresión los encuestados consideraron los valores de alto y muy alto. Los encuestados consideran como muy alto el tema investigado y que posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad. La medición de las respuestas de los encuestados respecto a si la investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores dio como resultado el valor de muy alto. Las respuestas de los encuestados respecto a si el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución obtuvo un valor de muy alto. Respecto a si los objetivos propuestos por el investigador se cumplieron los encuestados dieron un valor de muy alto.

Teniendo en cuenta estos resultados podemos afirmar que no existen de nulo y obteniendo así valores muy altos en la ejecución de la exposición generando gran interés a los investigadores, docentes y estudiantes.

7. CONCLUSIONES.

- El caudal de afluente para la planta de tratamiento de aguas residuales es de $11.s^{-1}$ pero únicamente se presenta durante la limpieza del establo y chanchera pasado el tiempo de limpieza el caudal se anula.
- Se caracterizó física, química y microbiológicamente las aguas provenientes del establo y chanchera lo cual dio como resultado que los parámetros amonio, sulfatos, DBO, DQO, fósforo, nitrógeno, hierro, Sólidos totales, Sólidos volátiles, nitritos, nitratos, coliformes totales, Coliformes fecales y turbidez no cumplían con el acuerdo Ministerial 097-A el cual establece concentraciones máximas para descarga al sistema de alcantarillado público, aguas para uso pecuario y niveles de la calidad de agua para riego
- Se logró implementar una planta de tratamiento para aguas residuales que cuenta con cajas de revisión, rejillas como pre tratamiento, biodigestor. Sedimentador, bioreactor, clarificador y tanque de almacenamiento. La planta contempla tratamiento primario y secundario.
- Se caracterizó física, química y microbiológicamente las aguas provenientes del establo y chanchera lo cual dio como resultados parámetros amonio, sulfatos, DBO, DQO, fósforo, nitrógeno, hierro, Sólidos totales, Sólidos volátiles, nitritos, nitratos, coliformes totales, Coliformes fecales y turbidez los cuales des pues del tratamiento lograron cumplir con el acuerdo Ministerial 097-A el cual establece concentraciones máximas para descarga al sistema de alcantarillado público, aguas para uso pecuario y niveles de la calidad de agua para riego.
- La eficiencia de depuración nos permite reducir los parámetros en alrededor de 96,87% de Amonio, 52,14% de Sulfatos, 93,8% de DBO, 96.2% de DQO, 70,65% de fósforo ,78% de nitrógeno, 59,05% de hierro, 97,97% de Sólidos totales, 99,21% de Sólidos volátiles, 39,13% de Nitritos, 67,69% de nitratos, 64,6% coliformes totales, 71,43% Coliformes fecales y 50% de turbidez, de esta manera cumpliendo con la normativa ambiental del Acuerdo Ministerial 097-A.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar la limpieza de una manera más rápida y eficiente de la chanchera y establo. Añadiendo más personal debido a que el caudal es de $1 \text{ l.}^{\text{s}^{-1}}$ y teniendo en cuenta que en la limpieza se tarda 50 minutos.
- Inspeccionar de manera diaria la caja de revisión número 1 ya que esta cuenta con un sistema de rejillas la cual podría obstruirse con material particulado de distintas procedencias.
- Realizar análisis físicos, químicos y biológicos de los residuos provenientes de la planta de tratamiento para su posible reutilización ya que el tratamiento no incluye procesos químicos.
- Realizar conexiones de tuberías y sistemas, para aprovechamiento del gas proveniente del biodigestor que pueden ser aprovechados para la crianza de cerdos
- Dependiendo a la utilización del agua saliente de la planta de tratamiento se pueden añadir más procesos, posiblemente de filtración y desinfección.
- Colocar una barrera rompe vientos en dirección este para evitar molestias en las viviendas aledañas a la granja ECAA debido a olores provenientes del establo, chanchera y PTAR.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alvarado, A. (2012) El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya. *Redalyc* vol. (14), 78-97. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Academia Nacional (2005) *Conservación, reutilización y reciclaje del agua: Procedimientos de una Obrero iraní-americana en la Academia de Prensa Nacional, Washington*. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/11241/water-conservation-reuse-and-recycling-proceedings-of-an-iranian-american>
- Awuah, E. y Amankwaa-Kuffuor, R., (2002) "Caracterización de las aguas residuales, sus fuentes y sus efectos ambientales "I-Le nning Seminario sobre aguas residuales urbanas administración. *redalyc*, 17(1): 71-80. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ahsan ,S., Kaneco ,S., Ohta ,K., Mizono ,T y Kani, K. (2001) Use of some natural and waste materials for wastewater treatment. *NCBI* 35(15), 3738-42. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11561637>
- Albuja, A. Armendáriz, R. Barriga, L.D. Montalvo, F. Cáceres y J.L Román. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5612>
- Buelna G., Dubé R. y Turgeon N. (2008). Pig manure treatment by organic bed biofiltration. Desalination. *ELSEVIER* 231, 297-304. doi.org/10.1016/j.desal.2007.11.049
- Croxatto Vega GA, Ten Hoeve M, Birkved M, Sommer SG y Bruun S (2014) Elección de co-sustratos para complementar la producción de biogás a partir de purines animales: una evaluación del ciclo de vida de las consecuencias ambientales. *ELSEVIER, Volumen, 171*, 410-420. doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.099

- Comisión Nacional del Agua. (2013). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas Residuales utilizados en Japón*. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/135609/SGAPDS-3-13.pdf>
- Chan, Y. J., Chong, M. F., Law, C. L., y Hassell, D. G. (2009). A review on anaerobic – aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 155 (2009) 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.06.041>
- Díaz, B.B. (2002). Estado del arte sobre el tratamiento biológico para los residuales de Punta Periquillo I. Digestión Aerobia. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, (23), 29-30. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd19/collazo/periqui2.pdf>
- Ford, D. L. (1970). Design of Aerobic Wastewater Treatment Facilities. *Journal of Engineering for Industry*, 92(4) 759. doi:10.1115/1.3427843
- Fernández, M., y Vázquez, Y. (2006) Origen de los nitratos (no3) y nitritos (no2) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *Minería y Geología*, 22(3), 1-9. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2235/223517652002.pdf>
- Garzón-Zúñiga M.A., Lessard P., Aubry G., y Buelna G. (2007). Aeration effect on the efficiency of swine manure treatment in a trickling filter packed with organic materials. *Water Sci. Technol.* 55 (10): 135-143. doi.org/10.2166/wst.2007.316
- Geoderma. (1973). The parent rock effect in the genesis of soil. *ELSEIVER*, Volumen (10), 215-225. doi.org/10.1016/0016-7061(73)90064-5
- Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2018). *Datos Geomorfológicos*. Ibarra: Designed by ibarra. Recuperado de <https://www.ibarra.gob.ec/web/index.php/ibarra1234/informacion-general/659-datos-geomorfologicos>. Ibarra.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2013) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/I

NFORMACION_GAD/01%20CANTON%20IBARRA_PDOT/1%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20del%20Cant%20C3%B3n%20Ibarra/PARTE%201%20-%20PLAN%20IBARRA%202031.pdf

HANNA instruments, (1995). Manual de instrucciones de conductímetro portátil multi rango. Padua. Italia.

Hussein,F.A. (2011). *Desigen of wastewater treatment plant*. (Ingeniería de Edificación y Construcción). University of Technology Building and Construction, Republic of Iraq.

Hernández C.A., Ramírez C.E. y Garzón-Zúñiga M.A. (2010). Desempeño de un biofiltro sin aire acoplado con uno aireado para tratar aguas residuales porcícolas. *Ingeniería Sanitaria Ambiental* (112), 43-48.

ISO 8466-1. (1990). Calidad del agua. Calibración y evaluación de métodos analíticos y estimación de las características de rendimiento. Parte 1: Evaluación estadística de la función de calibración lineal. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/15664.html>

Kuroda, M., Watanbe, y T., Umedu. (1997) Simultaneous COD removal and denitrification of wastewater by bio-electro reactors. *Water Sci Technol* 35(8) ,161–168. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/240792382_Simultaneous_COD_removal_and_denitrification_of_wastewater_by_bio-electro_reactors

LaMotte, (2014). Manual de operaciones de Laboratorio de análisis de agua portátil SMART (1951-02). Texas. Estados Unidos.

M. García. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Recuperado de docplayer.es/15084784-Estudio-sanitario-del-agua.html

Metcalf y Eddy, Inc. (2003) *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y reutilización*. Recuperado de https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_-_METCALF_and_EDDY-FREELIBROS.ORG.pdf

- Noyola, A., Morgan, J., y Leonor, P (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Recuperado de: http://www.pronatura-sur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf
- Nollet, L.M (2007). *Manual de análisis de agua: Análisis Bacteriológico del Agua*. Recuperado de https://www.academia.edu/3136079/Bacteriological_analysis_of_water
- Ortiz, D. (2011) *Manual de Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales para poblaciones medianas de la Región Sur del Ecuador* (Tesis de pregrado) Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- PLASTIGAMA. (2017). Fichas de productos. Ecuador: Mexichem. Building & infraestructura. Recuperado de <http://plastigama.com/fichas-de-productos/>
- Peñafilell, R., Moreno,C y Ochoa,V (2016) Eliminación de nitrógeno y contaminación orgánica de agua residual industrial pretratada en lagunas anaeróbicas mediante un biofiltro de arena. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 8(1), 63–74.
doi:<http://dx.doi.org/10.18272/aci.v8i1.299>
- Ramallo, R. (2016).*Tratamiento de Aguas Residuales*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/IngAmbientalMX/tratamiento-de-aguas-residuales-rs-ramallo>
- ROTOPLAS. (2013). Soluciones para mejora de saneamiento. Ecuador: Rotoplas Ecuador. Recuperado de <http://rotoplas.com.ec/instalacion/>
- Rosenwinkel, K., Weichgrebe, D., Meyer H y Wendler ,D. (2001) Suspended solids from industrial and municipal origins. *Ecotoxicol Environ Saf* 50(5),135–142. Recuperado de <http://geolib.geo.auth.gr/index.php/bgsg/article/viewFile/6974/6732>
- Weather Spark (2018). *The Typical Weather Anywhere on Earth. Mineapolis, EU.: Cedar Lake Ventures, Inc*. Recuperado de <https://weatherspark.com/y/20035/Average-Weather-in-Ibarra-Ecuador-Year-Round>

- W. Wesley (1981). *Industrial Water Pollution Control*. Recuperado de <https://www.amazon.com/Industrial-Pollution-Control-Wesley-Eckenfelder/dp/007018903X>
- Valencia, A. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis – Provincia de Chimborazo* (tesis de grado para la obtención del título en ingeniería en biotecnología ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Vaid V y Garg S (2013) Alimentos como combustible: perspectivas de generación de biogás a partir de residuos de alimentos. *Revista Internacional de Agricultura y Ciencia de Alimentos Tecnología (IJAFST) 4 (2): 68-71*. Recuperado de https://www.ripublication.com/ijafst_spl/ijafstv4n2spl_14.pdf
- VELP Scientifica, (2015). Demanda Bioquímica de Oxígeno. Milano Italia. Recuperado de: https://www.velp.com/euronet/contenuti/image/thumb/VELP_BOD_Sensor_Leaflet.pdf
- Thu Hien PT, Preston TR, Lam V y Khang DN (2014) Desechos vegetales suplementados con excrementos humanos o animales como sustrato para la producción de biogás. *Livestock Research for Rural Development 26 (10)*, 1-6. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd26/10/hien26176.html>
- Sierra, R.M (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Sierra4/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental/links/546a6c760cf20dedafd38870/Propuesta-Preliminar-de-un-Sistema-de-Clasificacion-de-Vegetacion-para-el-Ecuador-Continental.pdf
- Sonune, A., y Ghatte, R. (2004). Developments in wastewater treatment methods. *ELSEVIER, 167 (2004) 55-63*. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.06.113>

- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual*. Recuperado de https://periagua.webmo.info/img_auth.php/7/7f/Guia_para_la_toma_de_muestra_de_agua_residual.pdf
- Rice, R., Baird, A., y Eaton, D. (2017). *Estándar methods for the examination of water and wastewater*. Recuperado de <https://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/2017SMWWLookInside.pdf>
- Trikoilidou, E., Samiotis, G., Bellos, D., y Amanatidou, E. (2016). Sustainable operation of a biological wastewater treatment plant Sustainable operation of a biological wastewater treatment plant. *Materials Science and Engineering 161* (2016),3-8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012093>
- Yen, S. Preston T R y Thuy N T (2017): Biogas production from vegetable wastes combined with manure from pigs or buffaloes in an in vitro biodigester system. *Livestock Research for Rural Development 29* (8),1-5. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd29/8/soph29150.html>
- Zúñiga, G y Buelna, G (2014). Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 30 (1), 65-79. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100006

10. ANEXOS

Anexo 1. Manual de operación y limpieza de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales ECAA

Tabla de contenido

Objetivos y alcance	2
Descripción de advertencias	3
Biodigestor	4
Sedimentador	6
Tanque de almacenamiento	7
Clarificador	8
Bioreactor	9
Limpieza y desbroce	12

Descripción

El presente manual tiene como objetivos brindar la gestión adecuada y eficaz de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales para asegurar el tiempo de vida útil de la infraestructura y equipos, dando como resultado un efluente tratado y que se encuentre dentro de la norma para el vertido al alcantarillado o reutilización para especies forestales u ornamentales.

Objetivos

Dar a conocer al personal encargado sobre los procesos que están en operación

Disponer de información necesaria para el correcto mantenimiento y limpieza de la PTAR

Identificar zonas de alto riesgo que involucran un mayor cuidado

Alcance

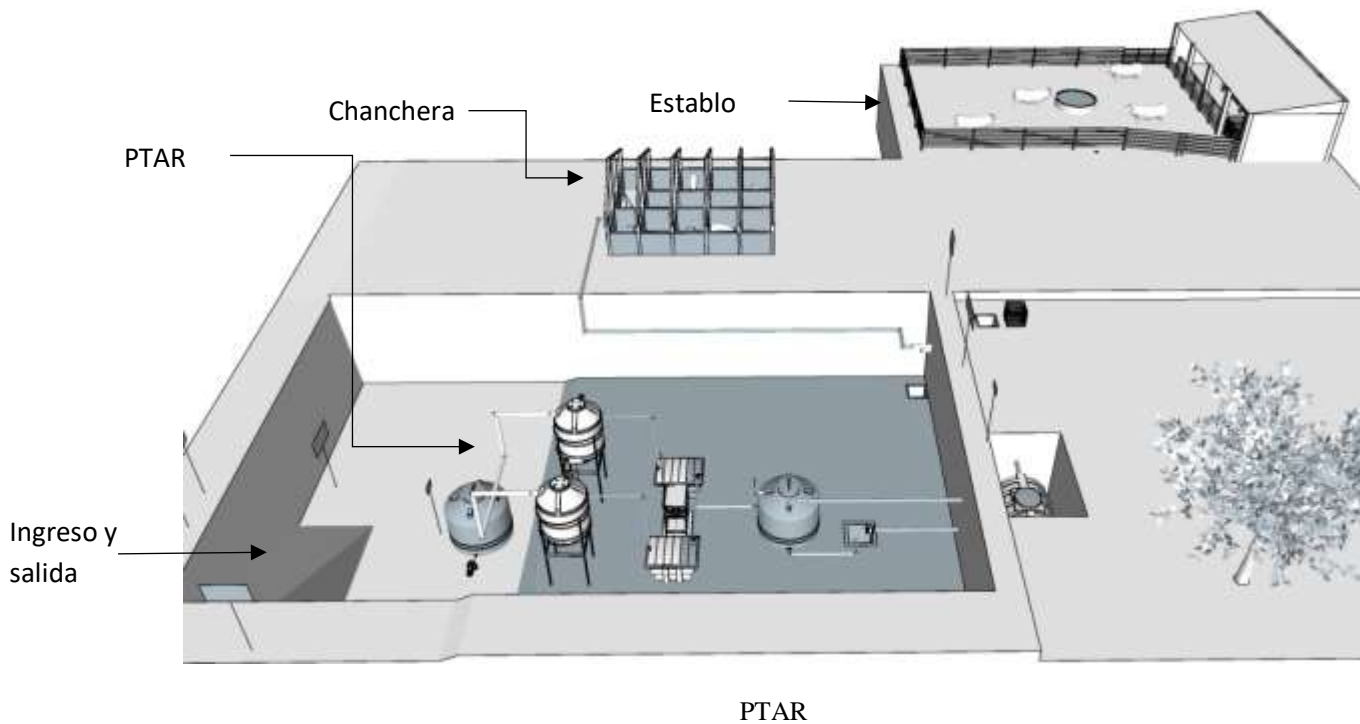
El manual hace mención desde la llegada a la PTAR es decir desde que el efluente ingresa a la caja de revisión hasta que llega al tanque de almacenamiento.

Tipos de tratamiento

Pretratamiento

Tratamiento biológico

Planta de tratamiento



ADVERTENCIA

Se deberá tomar suma importancia al manual antes de la limpieza y mantenimiento ya que existen riesgos a la integridad del producto y las personas

Destapar los tanques y dejar en ventilación mínimo por 10 minutos antes de su limpieza

PELIGRO

No se deben encender flamas, ni fumar cerca del biodigestor, sedimentador, clarificador y tanque de almacenamiento durante el mantenimiento, debido a que existe riesgos de explosión y/o quemaduras.

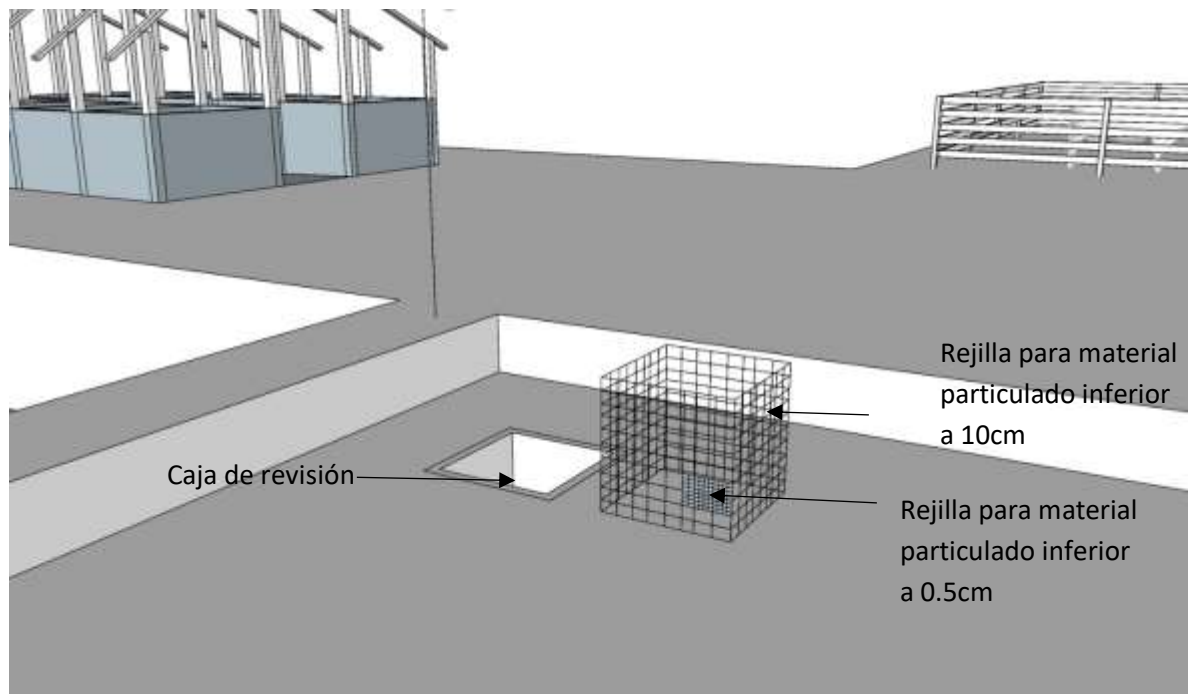
Tanto para la limpieza y mantenimiento siempre utilizar equipo de protección personal EPP, botas, mascarilla, guantes y casco.

Terminado el mantenimiento lavarse las manos y usar alcohol antiséptico

Caja de revisión principal.

La limpieza de la caja de revisión donde se conectan las tuberías del establo y la chanchera contiene una rejilla para atrapar sólidos, la rejilla es manipulable lo que quiere decir que puede ser removida del lugar, para esto es necesario 2 personas, la limpieza de la caja de revisión se la debe realizar todos los días después de la limpieza del establo y la chanchera debido a que si se deja acumular complica la manipulación de la rejilla.

Los sólidos retirados de la rejilla serán llevados a la compostera.



Caja de revisión

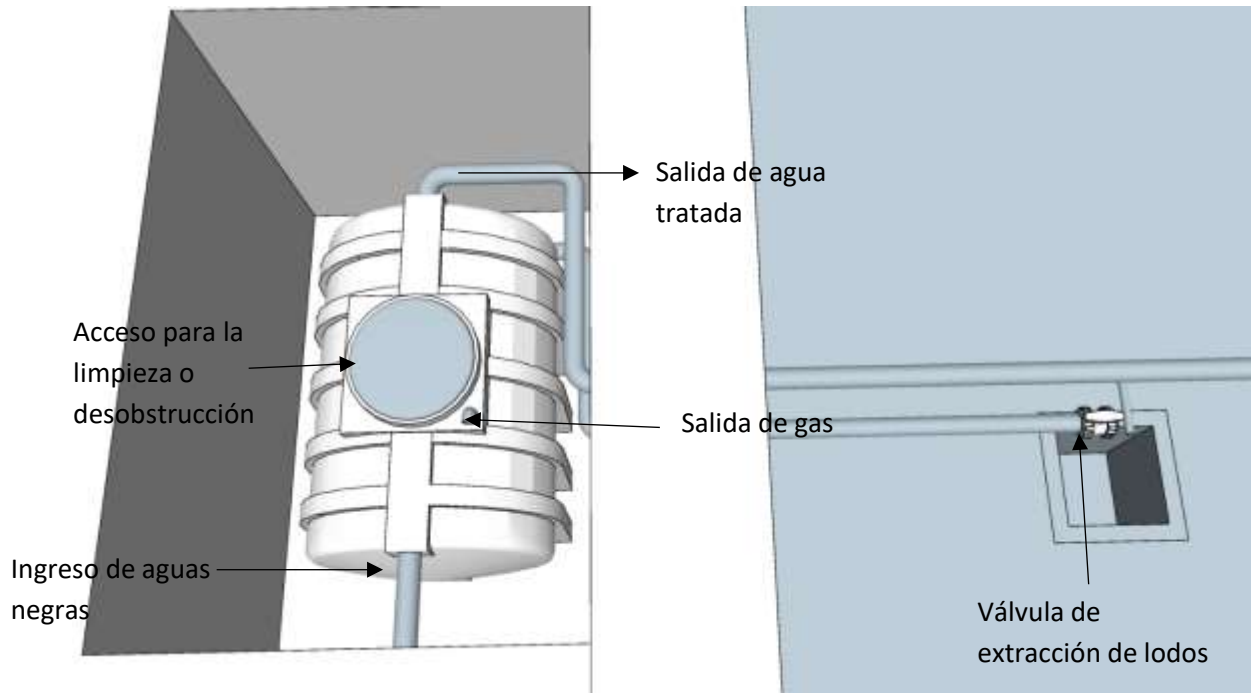
Biodigestor

Realizar una limpieza cada 3 meses del biodigestor, se deberá abrir la válvula de 4 pulgadas de desfogue de lodos y líquidos hasta que el tanque este vacío.

Abrir la tapa del biodigestor e ingresar para limpiar la rejilla que se encuentra en la tubería de salida del biodigestor.

En caso que salga líquido por la parte superior del sedimentador abrir la válvula de lodos y remover el material que obstruye la salida del líquido.

En caso de taponamiento abrir la válvula introducir una manguera a presión por la tubería inferior.



Biodigestor

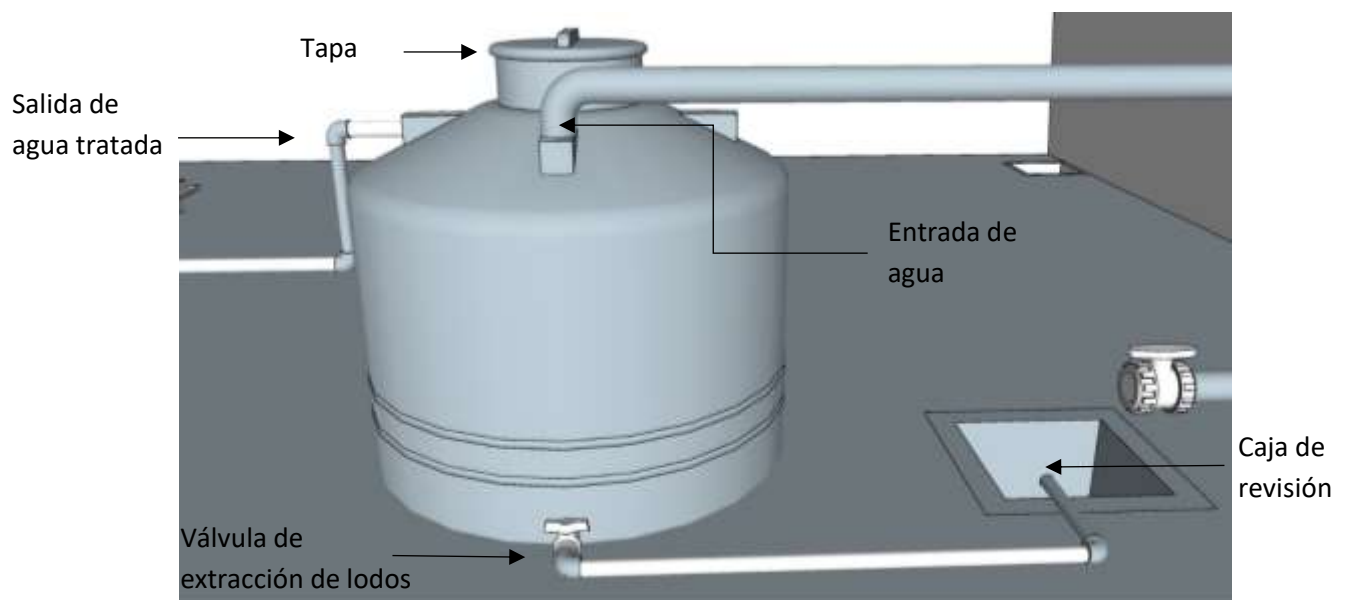
Sedimentador

Realizar la limpieza del sedimentador cada 3 meses, se deberá abrir la válvula que se encuentra en la parte inferior del tanque.

En caso de taponamiento introducir una manguera a presión por la tubería inferior.

Realizar una revisión cada 6 meses de las tuberías de entrada y salida, ingresando por la parte superior del tanque.

En caso de taponamiento ingresar una tubería a presión.

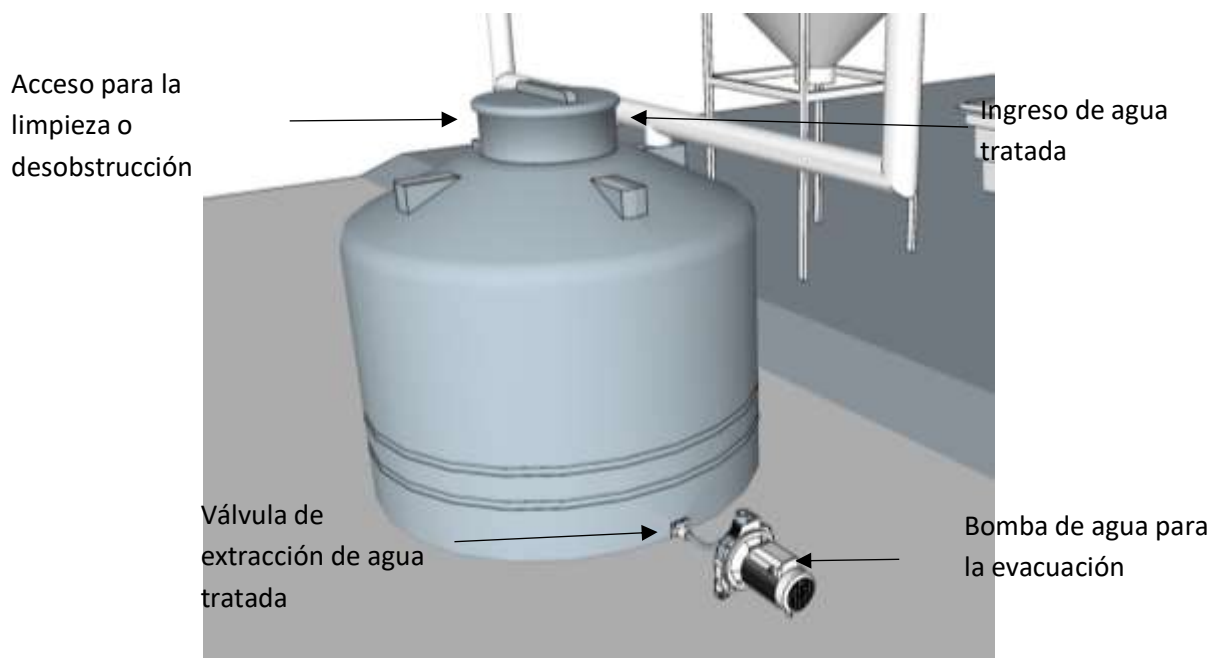


Sedimentador

Tanque de almacenamiento

La limpieza y mantenimiento se lo realizará cada 3 meses, para esto se deberá evacuar toda el agua del tanque utilizando la bomba de agua que se conecta con la válvula de salida de agua, las paredes se limpiarán con la ayuda de cloro y una manguera a presión.

Es importante evacuar del tanque todos los desinfectantes utilizados debido a que el agua es utilizada para riego de plantas ornamentales y pastos.



Tanque de almacenamiento

Clarificador

La limpieza y mantenimiento de los clarificadores será anual, lo cual consiste en abrir la válvula para que el lodo que esté acumulado dentro salga.

En caso de que los lodos sean espesos y negros tendrá un tiempo de salida de 5 a 10 minutos, si el lodo que sale ha cambiado de negro a café se debe cerrar la válvula ya que esto significa que ha salido todo el lodo digerido.

En caso de que no salga el lodo se deberá abrir el tapón y será removido con la ayuda de un palo de madera.

El lodo se puede utilizar como abono pero únicamente de plantas ornamentales, evitar en lo posible utilizar en frutales. Para esto debemos tener en cuenta que el lodo ha llevado un proceso de secado y ha sido removido constantemente, desinfección del lodo, el posible uso a los lodos es responsabilidad del usuario.

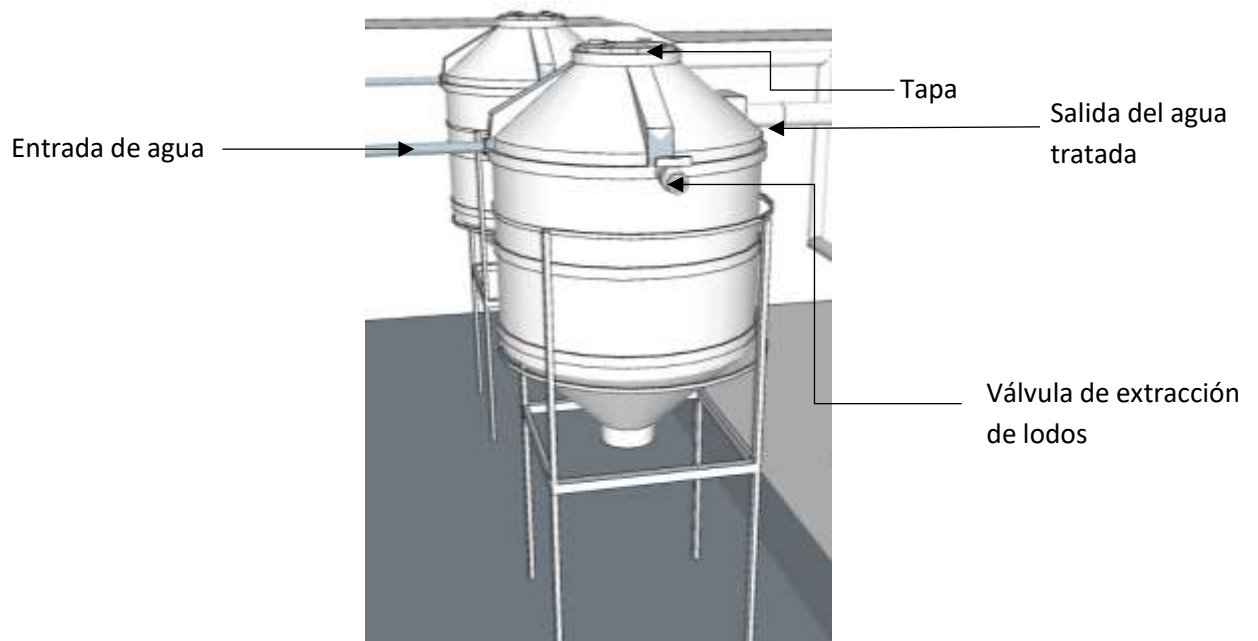
Para la limpieza se debe abrir la válvula y purgar los lodos, se debería remover los sólidos acumulados usando una manguera a presión.

Para la desinfección de lodos anual:

Tabla 1: purga de lodos y cantidad de cal requerida

Modelo del biodigestor	1300 litros
Purga anual (L)	200
Cal para el mezclado (Kg)	20

La cantidad de cal dependerá del mantenimiento si la extracción de lodos se la realiza en año y medio se deberá multiplicar la cantidad del lodo y cal por 1.5.



Clarificadores

Bioreactor

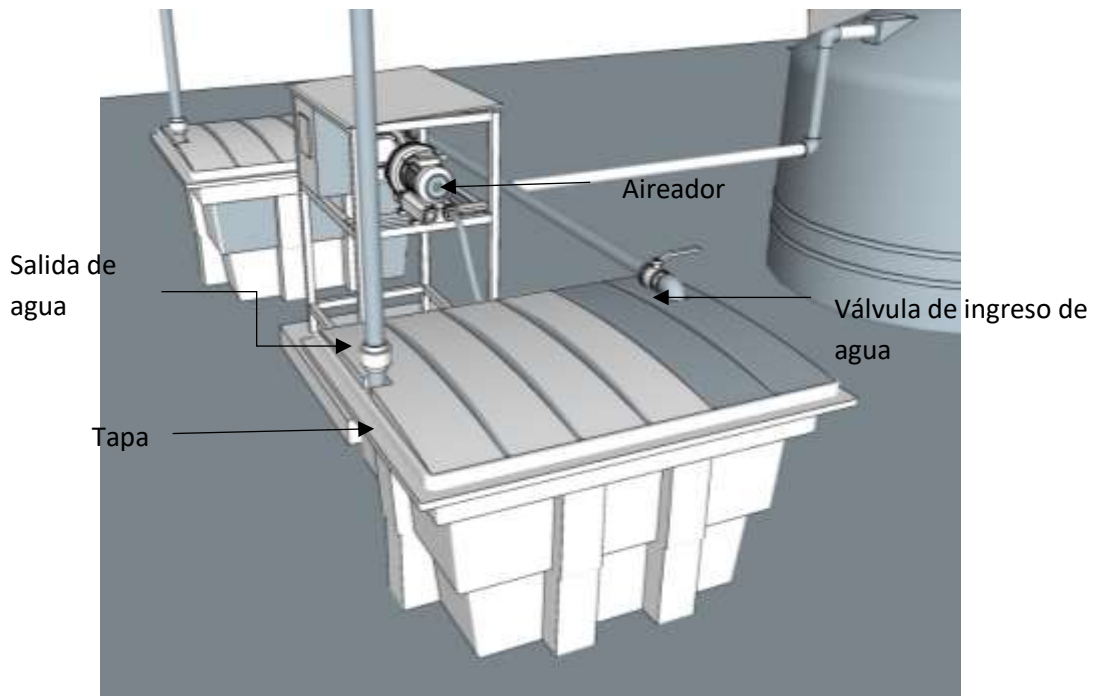
La limpieza del bioreactor se la debe realizar cada 2 meses, retirando el exceso de lodo dentro de los tanques, hay que tomar en cuenta que no se debe retirar por completo el lodo, dejar una capa mínima de 3 centímetros de lodo.

Cerrar la válvula de ingreso al bioreactor

Extraer el agua de los tanques con las bombas de forma manual

Se debe retirar la tapa de los tanques y con la ayuda de una pala retirar el lodo

En el tablero eléctrico colocar en off en la sección de aireadores



Bioreactor

Bombas sumergibles

Realizar mantenimiento obligatorio cada 6 meses de las bombas sumergibles.

Para desarmar las bombas:

Cerrar las válvulas de entrada de agua de los tanques de 500 litros

Poner en off el 2 interruptor eléctrico que se encuentra en el tablero del establo

En el tablero de la PTAR colocar todas las perillas en off

Retirar la universal que conecta las bombas con los clarificadores

Con la ayuda de un desarmador retirar los cables provenientes de las bombas a los relés térmicos y contactores

Operación automática de las bombas sumergibles

Conectar el cable de alimentación al tablero eléctrico, girar las perillas de la sección control de bombas de OFF a ON, las bomba se encienden automáticamente a la altura de agua que se defina con el flotador y se apaga cuando el nivel de agua ha descendido.

Operación Manual de las bombas sumergibles

Conectar el cable de alimentación al tablero eléctrico, girar las perillas de la sección control de bombas de OFF a ON, levantar el flotador

Operación automática de los aireadores

Girar las perillas de la sección control de aireadores de OFF a ON, Abrir el tablero eléctrico, retirar la protección de los temporizadores.

Colocar en modo AUTO

Para colocar la hora de encendido aplastar el botón de reloj (on) y colocar la hora deseada

Para colocar la hora de apagada aplastar el botón de reloj (off) y colocar la hora deseada

Para colocar los días de encendido aplastar el botón “D”

Para colocar las horas de encendido aplastar el botón “H”

Para colocar los minutos de encendido aplastar el botón “M”

Si desea colocar otra programación aplastar en el botón PROG el cual tiene apra colocar 12 configuraciones diferentes.

Para resetear las programaciones aplastar el botón RST

(Los aireadores se encenderán y se apagarán de manera automática en los días, horas y minutos configurados)

Operación manual de los aireadores

Conectar el cable de alimentación al tablero eléctrico, girar las perillas de la sección control de aireadores de OFF a ON

Abrir el tablero eléctrico, retirar la protección de los temporizadores y colocar en modo ON para el encendido y para el apagado aplastar el botón off.

Limpieza y desbroce

El desbroce debe realizarse de manera quincenal para impedir la acumulación de cobertura vegetal que dificulte el acceso a la planta de tratamiento.

La limpieza se la debe realizar con motoguadaña y herramientas menores.

Para la limpieza cerca de los tanques se utilizará herramientas menores.

Para la limpieza en las afueras se utilizará motoguadaña.

No utilizar objetos que puedan dañar la infraestructura.

Utilizar herbicidas para eliminar maleza cerca de los tanques.

Contacto para el mantenimiento del tablero eléctrico y bombas sumergibles

El mantenimiento lo debe ser realizado por un técnico cada 6 meses el cual va evaluar el funcionamiento de los equipos.

Contactarse con el Taller E. Industrial

Dirección: Juan León Mera 3-112 y Víctor Manuel Guzmán

Teléfonos: 062601536 /062609536/0993259081/0980659667

Anexo 2. Formato para la Encuesta de la socialización de la investigación.



PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA				
EXPOSITOR				
LUGAR	DENTRO PUCESI		FUERA PUCESI	

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:


5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO					

MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD

INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO	
--	--

Anexo 3. Lista de asistencia a socialización de investigación



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL EXPOSITOR: Johnny Gustavo Jiménez Torres
CARRERA: Ingeniería en Ciencias Ambientales y Desarrollo
FECHA: 4 de abril de 2019



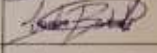

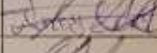
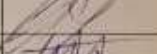
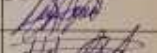



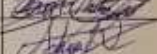

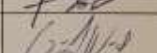
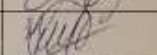
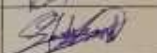



NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Bryan Castillo	101726759	UTN	
Franco Mendo	102288250	UCE	
Cristian Zumbado	0100639742	U. de Guaya	
Laura Fernández	1720148056	UISEK	
Fanny Coral	1309679031	UISEK	
Juan Salazar	1-1655211	UISEK	
Luis Torres	172332188-1	UISEK	
Walter Padin	0103797969	U. de Guaya	
Wilson Grolla	0100002-8	U. de Guaya	
Jennifer Zumba	132176211	U. Aray	
César Mea	1002513322	UCE	
Adrian Pazayo	1004082489	UTN	
Bryan Aldás	1004169791	UTN	
Genzolo Vazquez	101234925-4	ESPO	
Luzne Rivas	01026958-7	MPE	
Santiago Aulis	172111151	UCE	
Carlos Pea	0110192864	GPA	
Vanessa Espinoza	100485698-3	UTN	

Figura 39. Lista de asistencia a socialización de investigación

Anexo 4. Fotografías de la construcción de la PTAR



Colocación de tanques



Instalaciones de tuberías en clarificadores



Instalación de bombas sumergibles

Anexo 5. Fotografías de los materiales e instrumentos utilizados en la construcción de la PTAR



Tubos para ensamble



Kit para mediciones LaMotte

Anexo 6. PTAR en funcionamiento



Sistema eléctrico



bioreactor en funcionamiento

Anexo 7. Mantenimiento PTAR



Mantenimiento PTAR

Anexo 8. Certificado y exposición en VI Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería Ambiental, avances y desafíos de la conservación y sostenibilidad en el Ecuador”



Certificado de participación como ponente



Socialización en el congreso internacional de Medio Ambiente y Desarrollo