

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.**

AUTORA:

Santacruz Figueroa, Liz Scarlett

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERA CIVIL

TUTORA:

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MSc.

Guayaquil, Ecuador

16 de marzo del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Santacruz Figueroa, Liz Scarlett**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

TUTORA

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MSc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, MSc.

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Santacruz Figueroa, Liz Scarlett.**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018

LA AUTORA

f. _____

Santacruz Figueroa, Liz Scarlett



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Santacruz Figueroa, Liz Scarlett**

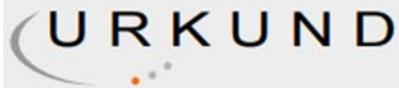
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018

LA AUTORA:

f. _____
Santacruz Figueroa, Liz Scarlett

REPORTE DE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO LIZ SANTACRUZ.pdf (D36086996)
Submitted: 3/3/2018 5:59:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 3 %

Sources included in the report:

trabajo de titulacion borrador 1.3.docx (D31910530)
TESIS ING CIVIL FRANK ALCIVAR HERRERA.docx (D11986682)
https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales
<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/426361468260628148/text/E47030V10REVIS00Box385449B00PUBLIC0.txt>
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>
http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf

Instances where selected sources appear:

33

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por cumplir cada uno de mis sueños, por haberme permitido culminar con éxito mi carrera, por nunca abandonarme en los momentos difíciles de mi vida, por ser siempre esa persona en quién me puedo refugiar y por ser el amigo que nunca falla.

A mi papá, por ser una persona muy leal, responsable y trabajadora, por haberme inspirado con tu ejemplo en elegir esta carrera, por siempre brindarme tu confianza para contarte todas mis travesías, por hacerme reír más que nadie, por enseñarme a ser perseverante y a siempre hacer lo que me gusta, por apoyarme en todos mis eventos, por sacrificarte por nuestra familia y darnos mucho amor. En verdad papito, gracias infinitas por confiar en mí, y por enseñarme que nada en la vida es fácil, que todo se consigue en base a esfuerzo y a dedicación, por ser esa persona que me ha inculcado de valores positivos, gracias por siempre escuchar mis historias y aconsejarme en todo momento, en fin, ser mi cómplice en todas mis aventuras.

A mi mamá, por ser ese ser que siempre me ha apoyado a seguir adelante, me ha inspirado a ser mejor cada día, porque me ha enseñado que sin Dios nada se puede, por ser esa persona que me alentaba a avanzar cuando estaba triste, por conocerme mejor que nadie, eres una mujer maravillosa, mi ejemplo a seguir como mujer, madre y esposa, por ser siempre mi consejera aunque de forma muy particular y por sobre todo enseñarme a no darme por vencida nunca, por ser mi impulso a ser mejor cada día, a tí mamita que te sacrificabas por mí desde que era pequeña, que desde que nací, pusieron su esperanza en Dios. Y gracias a Él, somos la familia que somos y no hay palabras para describir lo tan agradecida que estoy por todo.

A mi hermano, por ser mi inspiración a ser siempre dedicada en mis estudios, porque me incitas a ser un ejemplo para ti y eso me lleva a esforzarme cada día más, eres una persona especial con tu carácter, pero a la vez llena de virtudes que te hacen único, gracias hermanito por apoyarme y ser mi confidente. A mi mejor amigo Oliver Soria, por apoyarme en este recorrido universitario, por darme consejos, por ser mi compañero de tutorías y no importar desvelarse hasta cumplir todos los desafíos impuestos en esta

carrera y por ser alguien incondicional en mi vida. A mi buen amigo Gonzalo Lozano que siempre estuvo apoyándome desde mi primer semestre en la carrera y que ha sido un amigo que ha estado en las buenas y en las malas conmigo, gracias por tu confianza y tus consejos.

De manera muy especial, agradezco a mi tutora de trabajo de titulación y amiga Ing. Clara Glas, por ser mi guía antes, durante y después de la realización de este proyecto, en fin, por ser partícipe de mi proceso de formación, por ilustrarme con su conocimiento y motivarme a aprender cada día más, por brindarme su confianza y aconsejarme en los diversos aspectos de mi vida.

A mi oponente y amigo Ing. José Vascones por ser mi apoyo constante antes, durante y después de la realización de este proyecto, por ser mi docente en el último semestre de estudio, por inspirarme a superar cada día más, ya que sé que esto no termina aquí, y falta mucho más por aprender.

A todas las personas que comedidamente colaboraron conmigo ya sea directa o indirectamente para el desarrollo y culminación de este trabajo de titulación, muchas de esas personas sin conocerme estuvieron pendientes en cada paso y avance de mi trabajo, sinceramente muchas gracias por brindarme su ayuda.

Finalmente, agradezco a cada uno de mis compañeros de aula y futuros colegas por su amistad y simpatía, por todas sus bromas que auguraban un matiz cálido a nuestra vida universitaria, por todas las anécdotas que se impregnaron en nuestras memorias como recuerdos inolvidables que forjaron nuestra esencia como personas y futuros profesionales. Infinitamente agradezco por haber sido ustedes los que me acompañaban en este camino de muchas emociones, sólo me queda desearles a que prosigan el camino de la superación, que avancen siempre con seguridad de que cuentan con las mejores armas del conocimiento para alcanzar la excelencia. Para ultimar, hay que recordar que la vida es como un libro abierto, en donde cada página es lo que uno decide escribir por medio de momentos que uno vive, la tinta es imborrable por lo que el pasado no se puede cambiar, pero sí se puede mejorar para escribir en la página siguiente.

Liz Scarlett, Santacruz Figueroa

DEDICATORIA

En algún momento de nuestras vidas, el proyecto de titulación pareciera suponer un completo desconocido, pero el tiempo transcurre tan rápido que en un abrir y cerrar de ojos podemos apreciar el trayecto de nuestras experiencias en la carrera universitaria que en su debida oportunidad nos proyectamos hasta que llega el hecho de llevar a cabo las diversas implicaciones que tiene la realización del proyecto de titulación, en la cual la tesis llega a convertirse en un verdadero amigo así como también en el perfecto enemigo tanto en lo referente al aprendizaje de conocimiento científico que nos aporta, así como a su capacidad de hacernos sentir seres ínfimos en un proceso que pareciera interminable, pero que es decisivo para la culminación de un proceso formativo lleno de capítulos de vivencias felices, tristes, emotivas. La vida es así, como un libro de muchos capítulos que si nunca das vuelta a la hoja nunca sabrás lo que el próximo capítulo depara.

En primer lugar, dedico este trabajo de titulación a Dios porque sin Él nada de esto hubiera sido posible, porque simplemente su presencia en mi vida me llena de fortaleza para seguir adelante, a mis padres que son y serán mi motor, mi guía en el sendero de cada acto de mi vida, porque gracias a ellos soy lo que soy con mis virtudes y defectos, porque siempre me han brindado su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, me han enseñado a valorar la vida y a nunca rendirme en mis sueños, y principalmente que se han convertido en mi ejemplo a seguir, a mi hermano porque desde que naciste llegaste a llenarnos de felicidad y demostrarte que todo sacrificio tiene su recompensa, que quiero que seas mejor que yo en todos los aspectos de la vida, que brilles con luz propia llevando a Dios en el centro de tu vida, que aunque la vida se torne borrosa siempre habrá solución y finalmente que con esfuerzo, amor, unión todo se puede por más difícil parezca, a mi mejor amigo Oliver Soria, por ser el compañero de aula más paciente y comprensivo, un compañero de luchas en este logro mutuo, por ser el que me hace reír siempre, pese al estrés de la vida, por enseñarme a ver las cosas positivas en todo y luchar por lo que quiero.

Liz Scarlett, Santacruz Figueroa



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERA CIVIL**

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MSc.

TUTORA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Msc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Camacho Monar, Alexandra Mélida, MSc.

COORDINADOR DEL ÁREA O DELEGADO

f. _____

Ing. Vasconez Gavilanes, José Ernesto MSc.

OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERA CIVIL

CALIFICACIÓN

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MSc.

TUTORA

f. _____

Ing. Vasconez Gavilanes, José Ernesto MSc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	3
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Alcance.....	5
1.4. Metodología	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Aguas Residuales.....	7
2.2. Tipos de Aguas Residuales.	7
2.2.1. Según su Uso Público.....	7
□ Uso doméstico del agua:.....	8
□ Uso Industrial del agua:.....	8
□ Uso para servicio Público:.....	9
□ Pérdidas en la red y fugas:.....	9
2.2.2. Según su Origen.	9
□ Aguas Residuales Domésticas o Aguas Negras:	10
□ Aguas Blancas:	10
□ Aguas Residuales Industriales:	10
□ Aguas Residuales Agrícolas:	11
2.3. Composición de las Aguas Residuales.....	11
2.4. Características de las Aguas Residuales Domésticas.....	14
2.4.1. Características Físicas.....	14
2.4.2. Características Químicas.....	16
2.4.3. Características Bacteriológicas.....	24
2.5. Muestreo de las Aguas Residuales.....	26
2.6. Tratamiento de Aguas Residuales.....	28
2.6.1. Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales.....	28

2.7.	Tipos de Sistema de Tratamiento Secundario.....	32
2.7.1.	Lagunas de Estabilización o de Oxidación.....	32
2.7.2.	Ventajas y Desventajas de las Lagunas de Oxidación.....	34
2.7.3.	Tipos de Lagunas de Oxidación.....	34
CAPÍTULO III.....		45
3. Descripción del Sistema de tratamiento de Aguas Residuales en el Campamento de Obras de la Planta de tratamiento Las Esclusas- Guayaquil.....		45
3.1.1.	Sistema de tratamiento de aguas residuales del campamento de obras Ptar- Las Esclusas.....	48
CAPÍTULO IV		56
4. Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas instalada como planta piloto en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.....		56
CAPÍTULO V		58
5. Metodología.....		58
5.1.	Toma de Muestras.....	58
5.1.1.	Materiales y equipos usados para la toma de las muestras en campo.....	59
5.1.2.	Ensayos realizados a las muestras previamente recolectadas.....	60
CAPÍTULO VI		70
6. Análisis e Interpretación de Resultados.....		70
6.1.	Resultados del Análisis de los Parámetros.....	70
6.2.	Interpretación de Resultados.....	85
6.2.1.	Comparación de Resultados de las Muestras.....	85
CAPÍTULO VII.....		103

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
7.1. Conclusiones.....	103
7.2. Recomendaciones.....	105
REFERENCIAS.....	106
ANEXO 1: TABLA.....	111
ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	112
ANEXO 3: TABLAS DE CÁLCULO DE LOS DIFERENTES ENSAYOS REALIZADOS.....	152
ANEXO 4: FORMATO DE ENTREVISTA	159
ANEXO 5: RESULTADOS DE LA ENTREVISTA.....	162
ANEXO 6: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL CAMPAMENTO PTAR-LAS ESCLUSAS	166
ANEXO 7: INFORME DE ENSAYOS DEL LABORATORIO ELICROM SOBRE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS EN EL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS.	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros Físicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”	16
Tabla 2	Parámetros Químicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”	23
Tabla 3	Parámetros Bacteriológicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”	26
Tabla 4	Procesos de pre-tratamiento	30
Tabla 5	Ventajas y Desventajas de las Lagunas de Oxidación.....	34
Tabla 6	Taxonomía de las plantas acuáticas.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Composición en porcentajes de un agua residual doméstica característica.	12
Ilustración 2 Composición Típica de un Agua Residual en la ciudad de Guayaquil.....	13
Ilustración 3 Composición Característica de un agua residual doméstica- Sector Guápulo- ciudad de Quito.....	13
Ilustración 4 Laguna de Estabilización o de Oxidación	32
Ilustración 5 Capas o zonas de una Laguna Facultativa.....	36
Ilustración 6 Esquema de la relación simbiótica entre algas y bacterias en una laguna de estabilización.....	37
Ilustración 7 Plantas acuáticas.....	38
Ilustración 8 Lemna.....	39
Ilustración 9 Morfología de la Lemna minor.	40
Ilustración 10 Eichornia.....	41
Ilustración 11 Morfología de la Eichornia crassipes.	42
Ilustración 12 Localización geográfica del Proyecto	45
Ilustración 13 Ubicación geo-referenciada de la Planta de tratamiento Las Esclusas – Guayaquil en coordenadas geográficas.	46
Ilustración 14 Ubicación satelital de la planta de tratamiento Las Esclusas en coordenadas UTM	46
Ilustración 15 Sistema de tratamiento de ARRD en el campamento Ptar- Las Esclusas descargando al Estero Cobina pasando por un filtro de piedra caliza.....	48
Ilustración 16 Vista en Planta y Corte del Tanque Séptico perteneciente al Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar- Las Esclusas.....	49
Ilustración 17 Tanque Séptico al cual le llega el AARRDD cruda del campamento Ptar Las Esclusas.	49
Ilustración 18 Laguna 1 de lechuga de agua como siguiente proceso del Tanque Séptico en el tratamiento del AARRDD del Campamento de Obra Las Esclusas.....	50

Ilustración 19 Laguna 2 parcialmente cubierta de Lechuga de Agua que le procede del proceso de tratamiento de AARRDD de la Laguna 1.....	51
Ilustración 20 Filtro de piedra caliza en el cual el efluente se almacena en una laguna de maduración cuadrangular.	52
Ilustración 21 Canal de 110 m de longitud que conduce el agua tratada del sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas y finalmente se descarga al Estero Cobina.....	52
Ilustración 22 Vista aérea de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Campamento Ptar- Las Esclusas en donde se puede observar el Tanque Séptico, la Laguna 1 de Lechuga de Agua en donde se refleja que se encuentra totalmente cubierta su superficie de esta planta y la Laguna 2 de Lechuga de Agua que se encuentra parcialmente cubierta.	53
Ilustración 23 Vista aérea de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, en donde se reflejan los dos tipos de plantas acuáticas simulando que se encuentran en lagunas de oxidación totalmente y parcialmente cubiertas sus superficies de plantas acuáticas flotantes. Todo este sistema empieza con el primer tanque que es homogeneizador que almacena el AARRDD para que asegure un flujo constante y continuo.	57
Ilustración 24 Vista Lateral de la planta piloto.....	57
Ilustración 25 Tabla 10 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce ..	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 22-01-18.....	85
Gráfico 2 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 25-01-18.....	85
Gráfico 3 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 09-02-18.....	86
Gráfico 4 Eficiencia promedio de Sólidos Suspendidos Totales de las muestras del 22-01-18 y 09-02-18.....	86
Gráfico 5 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 24-02-18	87
Gráfico 6 Eficiencia promedio de los Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 24-02-18.....	87
Gráfico 7 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 22-01-18	88
Gráfico 8 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 25-01-18	88
Gráfico 9 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 09-02-18	89
Gráfico 10 Eficiencias promedios de DBO de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18	89
Gráfico 11 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.	91
Gráfico 12 Eficiencias promedios de DBO de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.....	91
Gráfico 13 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 22-01-18	92
Gráfico 14 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 25-01-18	92
Gráfico 15 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 09-02-18	93

Gráfico 16 Eficiencias promedios de DQO de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18	93
Gráfico 17 Comparación de Resultados Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.	95
Gráfico 18 Eficiencias promedios de DQO de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.	95
Gráfico 19 Comparación de Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 22-01-18.....	96
Gráfico 20 Comparación de Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 25-01-18.....	96
Gráfico 21 Comparación de Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 09-02-18	97
Gráfico 22 Promedios de pH de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18.....	97
Gráfico 23 Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.....	98
Gráfico 24 Resultados de Temperatura de las Muestras del 22-01-18.....	99
Gráfico 25 Resultados de Temperatura de las Muestras del 25-01-18.....	99
Gráfico 26 Resultados de Temperatura de las Muestras del 09-02-18.....	100
Gráfico 27 Promedio de Temperatura de las muestras del 22-01-18; 25-01-18; 09-02-18.....	100
Gráfico 28 Resultados del parámetro Temperatura de la muestra tomada el 24 de febrero del 2018 en la planta piloto de la UCSG.....	101

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Vista frontal de la Entrada hacia el Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar- Las Esclusas	112
Fotografía 2 Campamento Ptar- Las Esclusas con una población de 200 habitantes	112
Fotografía 3 Biólogo Edison Alvarado con los implementos de seguridad ambiental para tomar las muestras.....	113
Fotografía 4 Con el uso de los implementos para la toma de las muestras, con la hielera para preservación de muestras y el equipo multi-parámetro HQ40d	113
Fotografía 5 Identificando la alcantarilla en donde llega el agua residual doméstica cruda antes que ingrese al Tanque Séptico	113
Fotografía 6 Recogiendo las muestras en un envase sellado en el Afluente del Tanque Séptico.....	114
Fotografía 7 Realizando el ensayo directo de pH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura en el equipo multi-parámetro HQ40d, en el instante de tomar la muestra respectiva.	141
Fotografía 8 Pantalla del equipo HQ40d en donde se muestran los resultados característicos directos de las distintas muestras como por ejemplo: pH, conductividad, temperatura y sólidos totales disueltos..	141
Fotografía 9 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente de la Laguna 1.....	114
Fotografía 10 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente del Filtro de Piedra Caliza	114
Fotografía 11 Dos envases de muestras de agua residual por cada punto de análisis (M1, M2, M3 y M4) refrigeradas para su preservación y con su respectiva etiqueta para su identificación.	142
Fotografía 12 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente de la Tercera Laguna	142
Fotografía 13 2do Muestreo en el Afluente del Tanque Séptico	115

Fotografía 14 Resultados de pH, conductividad, STD y temperatura en el equipo HQ40d de la muestra del Afluente del Tanque Séptico	115
Fotografía 15 2do Muestreo en el Afluente de la Laguna 1	115
Fotografía 16 Escribiendo la etiqueta de cada muestra recogida para identificarla en el Laboratorio de Aguas de la UCSG y proceder a ensayarlas.	115
Fotografía 17 2do Muestreo en el Afluente de la Tercera Laguna	116
Fotografía 18 Muestras del 25-01-18 previamente refrigerados para sus ensayos respectivos	116
Fotografía 19 Preparando todos los implementos necesarios para realizar el 3er Muestreo en el sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas.	116
Fotografía 20 3er Muestreo en el Afluente del Tanque Séptico, realizado con las debidas precauciones para evitar desbalances en los resultados de los ensayos.....	116
Fotografía 21 Revisando el equipo HQ40d y los implementos para realizar el 3er Muestreo.....	116
Fotografía 22 3er Muestreo en el Afluente de la Laguna 1	117
Fotografía 23 Etiquetando los envases conforme se recogen las muestras para su respectiva identificación.....	117
Fotografía 24 3er Muestreo en el Afluente de la Tercera Laguna.....	117
Fotografía 25 Etiquetando las muestras recogidas en el 3er Muestreo	117
Fotografía 26 Medición en campo de la geometría de la Laguna 1	118
Fotografía 27 Medición en campo del Tanque Séptico y sus siguientes procesos	118
Fotografía 28 Medición en campo de la geometría de la Tercera Laguna.	118
Fotografía 29 Medición de la profundidad de la Tercera Laguna.....	118
Fotografía 30 Canal de 110 m de longitud que descarga directamente al Estero Cobina.....	119
Fotografía 31 Entrevista al Responsable Ambiental del Proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de AARR y del Campamento Ptar - Las Esclusas	119
Fotografía 32 Vista Frontal de la Laguna 1	120
Fotografía 33 Vista Frontal del Tanque Séptico.....	120

Fotografía 34 Vista Frontal de la Laguna 2.....	120
Fotografía 35 De la Tercera Laguna se capta el agua tratada para riego de áreas verdes cada 3 días aprox. Y cuando este volumen de agua no se ocupa se lo descarga al Estero Cobina por medio de este canal de 110m de longitud	121
Fotografía 36 Filtro de Piedra Caliza y posterior se encuentra la Tercera Laguna.....	121
Fotografía 37 Mantenimiento a la Laguna 2 de Lechuga de Agua mediante la reposición por unas plantas acuáticas flotantes más jóvenes.	121
Fotografía 38 Visita Técnica a la Planta de tratamiento del campamento Ptar-Las Esclusas con el Ingeniero Andrés Vera "Responsable Ambiental de la Construcción, Operación y Mantenimiento del sistema de tratamiento del campamento" y con el Biólogo Edison Alvarado.....	121
Fotografía 39 Con los implementos necesarios como mascarilla, casco, chaleco de seguridad, guantes, botas, mandil y equipos requeridos para la toma de muestras.	122
Fotografía 40 Reactivos: Buffer de Fosfato, Solución de Sulfato de Magnesio, Solución de Cloruro de Calcio y Solución de Cloruro de Hierro	122
Fotografía 41 Envases color ámbar para las diluciones de AARRDD con la cantidad de ml designadas a cada muestra.....	123
Fotografía 42 Se agregan los 3,6 ml de los 4 reactivos en 3600 ml de Agua destilada a 20°C	123
Fotografía 43 Se vierte 3,6 ml de cada reactivo con una pipeta controlándola por medio de un manipulador de 3 vías.....	123
Fotografía 44 Se mezclan las diluciones en ml indicadas por cada muestras, incluyendo los 4 blancos con la mezcla de agua destilada y los 4 reactivos hasta el borde del frasco ámbar.	123
Fotografía 45 Listas las botellas se coloca el sensor LBOD 10101 en cada una de ellas durante 10 segundos y se mide el Oxígeno disuelto inicial con el equipo HQ40d y se procede a llevar a la incubadora de DBO durante 5 días.....	124

Fotografía 46 Incubadora de DBO a 5 días a 20°C, después de los 5 días se repite el proceso de calcular el Oxígeno disuelto final y se procede a calcular el DBO en cada muestra.	124
Fotografía 47 Aparato Digestor DQO a una Temperatura de 150°C para el ensayo	125
Fotografía 48 Viales de Reactivos con medios preparados de DQO con rango de 20-1500 mg/l.....	125
Fotografía 49 Se agregan a los viales 2 ml de cada una de las 4 muestras y para el Blanco en cambio 2 ml de agua destilada. Esa mezcla debe ser homogénea y debe agitarse para que se disuelva.	125
Fotografía 50 Una vez homogénea la mezcla se ingresan los viales al digestor durante 2 horas y se procede a analizarlo en un equipo en el que nos da los resultados en mg/l	126
Fotografía 51 Se proceden a pesar los filtros de fibra de vidrio necesarios para las muestras obtenidas en una balanza analítica.	126
Fotografía 52 Se coloca el filtro de fibra de vidrio en una capsula numerada para poder identificarla	127
Fotografía 53 El filtro se lo coloca con la cara lisa por debajo de la superficie de la máquina de filtración Millipore.....	127
Fotografía 54 Filtrando la muestra en este caso 50 ml de M1 en la máquina Millipore	127
Fotografía 55 Se colocan los ml previamente designados para cada muestra en una probeta para procederlos a filtrar	127
Fotografía 56 Visualización de la máquina de Filtración completa.	128
Fotografía 57 Se colocan las cápsulas con los filtros de vidrio y las muestras filtradas en un horno de 103 °C - 105°C	128
Fotografía 58 Se procede a retirarlas en una hora, se pesan en la balanza y se reingresan en el horno y así sucesivamente hasta que el peso sea constante	128
Fotografía 59 Se coloca cada una de las muestras en el Cono Sedimentador en donde se espera un lapso de tiempo y se observan los ml de sedimentos que se han decantado	129
Fotografía 60 Se diluye 20 gramos de agua peptonada en 1000 ml de agua destilada	129

Fotografía 61 Se vierte el agua peptonada diluida en agua destilada en frascos N° 1372	130
Fotografía 62 Envases N° 1372 llenos de agua peptona diluida	130
Fotografía 63 Se esterilizan los envases en una olla de presión hasta que salga vapor	130
Fotografía 64 Se tienen previamente las muestras a analizar ambientadas de 20 °C- 25°C aproximadamente	130
Fotografía 65 Se enciende el equipo de filtración con el mechero y esterilizan los demás utensilios necesarios	131
Fotografía 66 Se diluyen las muestras en la solución de agua peptonada hasta la exponencia designada y en las cajas Petri se agrega el reactivo	131
Fotografía 67 Cajas Petri con su Millipore y su etiqueta respectiva indicando la exponencia específica en coliformes	131
Fotografía 68 Una vez filtradas las diluciones de muestra y agua peptonada en su exponencia se colocan las millipore en las cajas Petri con el reactivo	132
Fotografía 69 Finalmente, se colocan las Cajas Petri con las Millipore filtradas por 24 horas en la incubadora.....	132
Fotografía 70 Apariencia del Reactivo usado en donde se expresa el número de coliformes fecales	132
Fotografía 71 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 22-01-18.....	133
Fotografía 72 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 25-01-18.....	133
Fotografía 73 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 09-02-18.....	133
Fotografía 74 Entrada al Laboratorio de Aguas de la UCSG	134
Fotografía 75 Con el mandil e implementos para realizar los ensayos en el Laboratorio de Aguas	134
Fotografía 76 Materiales necesarios para instalar la planta piloto (Sistema a gravedad debido a la ubicación de las conexiones)	135
Fotografía 77 Planta piloto instalada (5 tanques Plastigama: 3 de 500 litros de capacidad y los 2 finales de 250 litros de capacidad)	135

Fotografía 78 Conexión de la bomba de succión ubicada en la periferia de la alcantarilla en donde se recolecta el AARRDD.....	136
Fotografía 79 Alcantarilla ubicada detrás del Bar de la Carrera de Ingeniería Civil de la UCSG de donde se extrae el AARRD necesaria para la planta piloto	136
Fotografía 80 Lago de Lechuga de Agua que se encuentra en la Escuela Superior Politécnica del Litoral “ESPOL”	136
Fotografía 81 Recolección de Lechuga de Agua en el lago de la ESPOL .	137
Fotografía 82 Transporte de la Lechuga de Agua hasta la planta piloto	137
Fotografía 83 Con la ingeniera Clara Glas en la recolección de la Lechuga de Agua en el lago de la ESPOL.	137
Fotografía 84 Colocación de la Lechuga de Agua en la planta piloto.	138
Fotografía 85 Switch eléctrico de la Segunda bomba que se encuentra en el tanque homogeneizador.	165
Fotografía 86 Recirculando el Agua Residual con una segunda bomba ubicada en el tanque homogeneizador que envía el flujo constante al sistema.	165
Fotografía 87 Planta piloto con la Lechuga de Agua colocada	139
Fotografía 88 Vista Lateral de la Planta Piloto con Lechuga de Agua	139
Fotografía 89 Lenteja de Agua conseguida en un Acuario en el centro de la ciudad de Guayaquil y colocada en el tanque de 500 litros.....	139
Fotografía 90 Planta piloto con las plantas acuáticas flotantes respectivas (Lechuga de Agua " lado izquierdo" y Lenteja de Agua " lado derecho"	140
Fotografía 91 Lenteja de Agua obtenida del proyecto "Operación y Mantenimiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR Ciudad Celeste La Estela” ubicada en el cantón Samborondón Km 10 parroquia satelital La Puntilla.....	140
Fotografía 92 Después de la cosecha respectiva de Lechuga de Agua. ...	141
Fotografía 93 Vista Lateral de la planta piloto en donde se aprecia un tanque total cubierto en su superficie de lechuga de agua y el subsiguiente solo parcialmente cubierto.	141

Fotografía 94 Vista Lateral de la planta piloto en donde se aprecia un tanque total cubierto en su superficie de lenteja de agua y el subsiguiente solo parcialmente cubierto.	142
Fotografía 95 Vista Frontal de la planta piloto con las dos plantas acuáticas flotantes	142
Fotografía 96 Recolección de muestras en el efluente del Tanque Homogeneizador.	143
Fotografía 97 Envases para recoger las muestras de la planta piloto.	143
Fotografía 98 Con los implementos necesarios para la recolección de las muestras en la planta piloto.	144
Fotografía 99 Recolección de las muestras en los efluentes del Tanque con Lechuga de Agua y del efluente del Tanque con Lenteja de Agua....	144
Fotografía 100 Muestras recogidas en los tres efluentes (Tanque Homogeneizador, Tanque con Lechuga de Agua y Tanque con Lenteja de Agua).	145
Fotografía 101 A las tres muestras se les realizó el ensayo de pH, conductividad, STD, temperatura.	145
Fotografía 102 Pantalla del equipo multiparámetro.	145
Fotografía 103 Ensayo de SST a las muestras del 9 de febrero del 2018 del campamento Ptar- Las Esclusas.	146
Fotografía 104 Ensayo de SST a las muestras de 24 de febrero del 2018 de la planta piloto de la UCSG.....	146
Fotografía 105 Ensayo para Coliformes Fecales a las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.....	147
Fotografía 106 Resultados del ensayo de Coliformes Fecales de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.....	147
Fotografía 107 cedazo metálico con mango rotatorio de 10 pulgadas de diámetro.....	148
Fotografía 108 Recolección de lenteja de agua con cedazo de metal en el tanque de la planta piloto.....	148
Fotografía 109 Traslado hacia el Laboratorio de Aguas para el pesaje.....	149
Fotografía 110 Previamente al pesaje se le quita la humedad a la lenteja de agua.....	149
Fotografía 111 Pesaje de la lenteja de agua en una balanza analítica.....	150

Fotografía 112 Pesaje a los 6 días en lo cual se incrementó el peso de la lenteja de agua es decir su reproducción aumentó	150
Fotografía 113 Vista aérea de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas. Aquí se reflejan las dos plantas acuáticas flotantes cubriendo total y parcialmente su superficie.	151
Fotografía 114 Esquema realizado en Autocad de la Medición en campo previamente hecha en el Sistema de Tratamiento de Agua Residual Doméstica del Campamento Ptar- Las Esclusas.....	166

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de analizar el efecto que realizan las plantas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales domésticas, evaluando la eficiencia en diversos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, característicos de una descarga a un cuerpo de agua dulce considerable dentro de los límites de la norma técnica TULSMA que regula en el país.

Además, se pudo evaluar mediante ensayos en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, dos sistemas de tratamiento de agua residual doméstica independientes, uno de ellos constaba de un Tanque Séptico, Lagunas de Lechuga de Agua cubriendo total y parcialmente la superficie y por último un filtro de piedra caliza. En cambio, en el otro caso se tenía instalada una planta piloto que constaba de 5 tanques Plastigama de 250 y 500 litros de capacidad, en los cuales el primer tanque era homogeneizador y los 4 restantes poseían en sus superficies dos tipos de plantas acuáticas (Lechuga de Agua y Lenteja de Agua) asimismo cubriendo total y parcialmente la superficie conforme se realiza la descarga.

Luego de los muestreos, se realizaron gráficos comparativos para establecer la eficiencia de cada proceso verificando que los resultados obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la norma, siempre teniendo un control constante para que las plantas acuáticas puedan realizar su función

Finalmente, se mencionan los futuros usos que se les podría otorgar a las plantas acuáticas después de su uso en el tratamiento de aguas residuales.

Palabras Claves: plantas acuáticas flotantes, tratamiento, aguas residuales domésticas, eficiencia, homogeneizador, remoción, planta piloto.

ABSTRACT

The present study was carried out in order to analyze the effect of floating aquatic plants for the treatment of domestic wastewater, evaluating the efficiency in various physical, chemical and bacteriological parameters, characteristic of a discharge to a body of considerable fresh water within of the limits of the TULSMA technical standard that regulates in the country. In addition, it was possible to evaluate by means of tests in the Water Laboratory of the Catholic University of Santiago de Guayaquil, two independent domestic wastewater treatment systems, one of which consisted of a Septic Tank, Water Lettuce Lagoons covering totally and partially the surface and finally a limestone filter. In the other case, a pilot plant consisting of 5 Plastigama tanks of 250 and 500 liters capacity was installed, in which the first tank was homogenizer and the remaining 4 had two types of aquatic plants on their surfaces (Lettuce of Water and Lentil of Water) also covering totally and partially the surface according to the discharge. After the samplings, comparative graphs were made to establish the efficiency of each process verifying that the results obtained are below the maximum permissible limit of the norm, always having a constant control so that aquatic plants can perform their function. Mention the future uses that could be granted to aquatic plants after their use in wastewater treatment.

Keywords: floating aquatic plants, treatment, domestic wastewater, efficiency, homogenizer, removal, pilot plant.

INTRODUCCIÓN

Se sabe que la contaminación del ambiente es un problema que se ha venido suscitando y acrecentando década tras década, el incremento de la población mundial y sus diversas actividades, ha traído como consecuencia el aumento de la contaminación de la condición natural del entorno que nos rodea, principalmente el de los recursos hídricos que existen en la Tierra, ya que desde el momento en que aparecieron las primeras comunidades y se establecieron cerca de las masas receptoras (ríos, lagos, estuarios), surgió la necesidad de eliminar residuos líquidos procedentes del uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, entonces al ser zonas densamente pobladas y desarrolladas, éstos cuerpos de agua han perdido su capacidad de absorber y neutralizar la carga polucional generada.

De esta manera, los recursos hídricos se han visto afectados en su apariencia física y en su capacidad de sustentación para mantener una vida acuática apropiada, que responde al balance ecológico del planeta para la preservación de nuestras masas hídricas. Mientras permanezca el ascenso de contaminación de estos recursos hídricos se obtendrán penosos resultados, sobre todo la aparición de diferentes enfermedades epidemiológicas en los seres humanos que sería el efecto al ingerir productos agrícolas que han sido regados por aguas servidas reutilizadas, por ello es sumamente necesario emplear sistemas de tratamiento de aguas residuales, en este caso usando un mecanismo biológico de depuración de plantas acuáticas flotantes.

Es evidente, que la contaminación reduce la calidad del agua y con un progresivo deterioro, el uso de técnicas y modelos para predecir el deterioro de este recurso y tratar de revertirlo, ha llegado a ser cada vez más importante y por esta razón, se han establecido limitaciones basados en normas técnicas vigentes en el país, para restringir las descargas a las masas receptoras y poder así obtener un control adecuado habiendo pasado por un aceptable tratamiento a estas aguas residuales.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Se conoce que la contaminación del agua es un grave problema ambiental que se ha originado debido al incremento de la población mundial y sus diversas actividades. Esta problemática de las aguas residuales se ha venido produciendo históricamente, desde la creación de las primeras ciudades, tanto en la Edad Antigua como en la Edad Media. Existen pruebas que desde esa época, algunas civilizaciones solían canalizar las aguas residuales para descargarlas en cuerpos de agua como ríos o hasta pozos ciegos más alejados. Como por ejemplo en la Antigua Roma alrededor del año 800 a.c se construyó la muy famosa Cloaca Máxima, que básicamente funcionaba como una red de alcantarillado (la más antigua del mundo), cuyo objetivo era el de recoger los residuos producidos por los lugares poblados y llevarlos hasta un río. Pero cuando hubo la caída del Imperio Romano colapsó este sistema sanitario el cual lo denominaron la Era Negra Sanitaria, el cual vino ligado a muchas enfermedades (Cooper, 2008)

Hasta ese momento, la humanidad no había caído en cuenta de que el origen de muchas enfermedades como los brotes de cólera, tifoidea y otras plagas que causaron centenares de fallecidos, eran las consecuencias del mal manejo de las aguas residuales. (Wolfe, 1999). Ya en la segunda mitad del siglo XIX pudo probarse que existía una relación casi directamente proporcional entre la calidad del agua de consumo y los problemas sanitarios en las comunidades. Es así que en ese año cuando surgió un brote de cólera en Londres justamente cuando se contaminó un pozo público por aguas residuales, se descubrió y se verificó que era debido a la contaminación del agua.(Dimares, 2016). Con la llegada de la Revolución Industrial y el incremento de la población mundial, esta problemática de las aguas residuales fue retomada con mucha importancia, ya que debían de crear y adoptar un sistema que les permita almacenar las descargas realizadas debido al uso, para poder posteriormente realizarle un tratamiento

adecuado. A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración con el fin de aprovechar esas aguas.

La depuración de aguas residuales es una necesidad imperiosa de la sociedad moderna debido al peligro que significan estas aguas. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo los métodos convencionales para su tratamiento son impracticables, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, de aquí la necesidad de buscar métodos de bajo costo en los que pueda obtenerse algún subproducto.

En el caso de nuestro país se conoce que gran parte del agua residual en la ciudad de Guayaquil, se descarga directamente sin ningún tipo de tratamiento a los recursos hídricos, por lo tanto, una de las vías probables que se puede considerar para poder tratar el agua residual sería evaluando un sistema de tratamiento no convencional de descontaminación natural usando plantas acuáticas.

Los sistemas de tratamiento acuáticos son una variante adecuada para la depuración de estas aguas (Tchobanoglous G. 1987; Rodríguez C. et al 1992). En ellos las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos (Lord R.1982). Estos sistemas, aunque son de bajo costo han sido desarrollados fundamentalmente en países desarrollados debido a la calidad de los efluentes obtenidos (Tchobanoglous G. 1986; Kawai H. et al 1987; Oron G. 1989). Por otra parte, las plantas cosechadas en los sistemas de tratamiento pueden ser utilizadas en la alimentación animal y en la producción de biogás, entre otras alternativas (Reddy K R and Sutton D 1984; Oron G. et al 1987; Rodríguez C. et al 1995a; Rodríguez C. et al 1995b). En este trabajo se presenta de forma resumida algunos de los resultados obtenidos al comparar la capacidad depuradora de dos plantas acuáticas flotantes: Eichhornia Crassipés y Lemna.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia y el desempeño de las plantas acuáticas en el tratamiento del agua residual doméstica, haciendo énfasis en los parámetros de materia orgánica en DBO y DQO, además se cuantificará la producción de biomasa en el sistema en estudio.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir los sistemas de tratamiento en estudio, y a partir de éstos, evaluar el efecto de las plantas acuáticas flotantes mediante la realización de ensayos de laboratorio.
- Determinar la eficiencia de remoción de materia orgánica en los parámetros de DBO y DQO en el sistema de tratamiento con plantas acuáticas.
- Determinar la cantidad de biomasa generada en cada uno de los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica.

1.3. Alcance

El presente trabajo consistirá en evaluar el efecto que tienen dos tipos de plantas acuáticas flotantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas basado en:

- Describir los sistemas en estudio, y a partir de éstos, comparar y evaluar las características físicas, químicas y biológicas.
- Comparar y evaluar la remoción de materia orgánica en DBO y DQO, y nutrientes con el uso de dos plantas acuáticas.
- Cuantificar la generación de biomasa generada a partir de su uso en el tratamiento de aguas servidas.

- Especificar recomendaciones de uso para futuras plantas de tratamiento de aguas servidas.

1.4. Metodología

Para llevar a cabo el trabajo de investigación se procederá a realizar:

- Investigación en fuentes alternativas de estudios de macrófitas acuáticas flotantes para el uso en un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Realización de ensayos para evaluar la eficiencia de remoción de los parámetros citados en la investigación.
- Realización de un sistema de control en donde se puedan comparar los dos tipos de plantas acuáticas a usar y analizar debidamente su desempeño en el tratamiento.
- Verificación de los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma TULSMA para controlar la descarga de un agua residual a un cuerpo de agua dulce.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales o comúnmente denominadas aguas servidas, aguas negras, aguas fecales o aguas cloacales, según Marsilli (2015) “son aquellas que resultan del uso doméstico, industrial, institucional o comercial. Son residuales cuando constituyen un residuo tras su uso y son negras debido a que están contaminadas con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales” (p 1).

En otras palabras, se puede decir que las aguas residuales son desechos tanto líquidos como sólidos que pueden contener sustancias de origen natural o artificial, que son conducidas mediante un sistema de alcantarillado a un punto de disposición final o planta de tratamiento de aguas residuales.

Además, cuando existe la acumulación del agua residual puede conducir a la generación de gases malolientes debido a la descomposición de la materia orgánica presente en ella, ya que el agua residual bruta posee numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades.

También suele contener nutrientes que estimulan el desarrollo del crecimiento de plantas acuáticas y en ocasiones existe la presencia de compuestos tóxicos. Es por todo ello necesario y deseable para la sociedad la evacuación inmediata del agua residual de sus fuentes de generación. (Metcalf y Eddy, 1995, p.1).

2.2. Tipos de Aguas Residuales.

2.2.1. Según su Uso Público.

Normalmente, uno de los tipos de aguas residuales en los que se suele dividir el uso público del agua según Metcalf y Eddy, (1995) se clasifica en cuatro categorías:

➤ **Uso doméstico del agua:**

Se refiere a la descarga de agua residual producida debido al consumo especialmente de zonas residenciales, comerciales, institucionales y de espacios recreacionales. El agua consumida depende en gran medida del tipo de actividad que se ejerce como, por ejemplo: la limpieza, higiene, riego de jardines, fines culinarios, lavado de ropa o carros, instalaciones de piscinas, etc. (Metcalf y Eddy, 1995).

Espigares y Pérez (1985) afirman que este tipo de agua suele contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. Además, se puede decir que está compuesta por sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, nutrientes y organismos patógenos. (Romero, 2004).

➤ **Uso Industrial del agua:**

En este ámbito existe una gran variabilidad de industrias en el mercado como lo son las refinerías, conserveras, industrias químicas, que generalmente son las más grandes consumidoras de agua, por el contrario, existen empresas tales como las que producen aparatos tecnológicos que son de bajo consumo de agua. Por ello, debido a que los usos industriales del agua son muy variados, es importante y necesario estudiar el origen del agua usada como los residuos producidos, ya que depende de estas actividades a las que se dedican las empresas, la composición futura de las descargas generadas de agua residual respectiva. (Metcalf y Eddy, 1995).

Este tipo de agua residual descargada de una gran infinidad de industrias, en base a su naturaleza, puede contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros. (Romero, 2004).

Los compuestos y elementos tóxicos más comunes que poseen estas aguas negras industriales son: metales pesados (Hg, Cr, Cd, Zn, Se y Pb), plaguicidas y organoclorados. Todos estos productos, cuando están

disueltos en conjunto con otros, tienen un efecto sinérgico, produciendo el fenómeno de multiplicación de su efecto tóxico. (Acosta, 2008).

➤ **Uso para servicio Público:**

Las descargas de este tipo de agua residual son producidas por los edificios públicos, bocas de incendios, irrigación de espacios verdes municipales y mantenimiento de estructuras como desinfección de depósitos, descargas de limpieza en tomas de agua, conducciones y redes de alcantarillado. Se considera que representa el menor de los componentes del uso público del agua. (Metcalf y Eddy, 1995).

➤ **Pérdidas en la red y fugas:**

Se sabe que existe un porcentaje de volumen de agua que no es viablemente usada y esto varía de acuerdo a las condiciones de cada lugar en donde se debe tener un control cauteloso en las redes, ya que estas descargas de aguas también emergen un tipo diverso de contaminación produciendo agua residual.

La composición de este tipo de agua no se puede mencionar explícitamente, ya que es muy amplio el rango en el que se pueden producir este tipo de pérdidas o conexiones no autorizadas en el agua de la red.

Pero con seguridad debe de encajar dentro de las tres clasificaciones anteriormente mencionadas ya sean descargas debido al uso doméstico, industrial o de servicio público.

Generalmente se puede citar algunos casos de cómo se producen las pérdidas en la red y fugas, por ejemplo: desgaste de la red, calidad de los materiales de construcción y falta de mantenimiento. (Metcalf y Eddy, 1995).

2.2.2. Según su Origen.

Las aguas residuales se clasifican según (Espigares & Pérez, 1985) con respecto a su origen en:

➤ **Aguas Residuales Domésticas o Aguas Negras:**

Se puede decir que las aguas residuales domésticas “contienen organismos patógenos que afectan al hombre y llegan al aparato digestivo” (Acosta, 2008, p.62). Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. (Espigares & Pérez, 1985).

Además, este tipo de agua residual puede contener nutrientes como fósforo, nitrógeno, carbono y otros en formas simples y complejas (grasas, proteínas, azúcares, vitaminas, sales o compuestos inorgánicos). Estos nutrientes causan demandas biológicas o bioquímicas de oxígeno (DBO) que puede variar entre 100 y 400 mg/l. (Acosta, 2008).

➤ **Aguas Blancas:**

Este tipo de agua puede ser de procedencia atmosférica ya sea en forma de lluvia, nieve o hielo, también se producen del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. Es importante considerar que, si existen lugares de precipitaciones atmosféricas abundantes, estas aguas deben de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración. (Espigares y Pérez, 1985).

Pérez (como se citó en Amat y Portero, 2017) afirma que, además, este tipo de agua puede contener una gran cantidad de sólidos suspendidos, en zonas de alta contaminación atmosférica, algunos metales pesados y otros elementos químicos.

➤ **Aguas Residuales Industriales:**

Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares y Pérez, 1985).

Estas aguas industriales pueden contener grandes cantidades de compuestos (metales pesados, plaguicidas) y elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, además de los componentes citados anteriormente. (Acosta, 2008).

➤ **Aguas Residuales Agrícolas:**

Son procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales y principalmente son demandadas por comunas donde prima el cultivo y la flora. Se pueden incluir también en un uso doméstico cuando participan de las aguas urbanas que se usan para riego agrícola con o sin un tratamiento previo. (Espigares & Pérez, 1985).

2.3. Composición de las Aguas Residuales.

La composición del agua residual es muy variable, ya sea en las diversas estaciones del año o como consecuencia de su uso. Ramalho (1990) afirma que: " Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos" (p.27). Entre los diversos factores que afectan la composición de las aguas residuales se tiene el consumo promedio de agua por habitante y por día que afecta su concentración (cantidad) y los hábitos alimenticios de la sociedad que caracteriza su composición química (calidad). (Rojas, 2002).

Para minimizar el riesgo potencial para la salud pública y el ambiente es necesario una calidad del agua residual tratada y adecuada para su uso posterior basado técnica y económicamente en una estrategia de tratamiento viable y eficiente que posea como condición imprescindible la cuantificación de estos componentes. (Silva, Torres, & Carlos, 2008).

Las aguas servidas o aguas residuales están formadas por un 99% de agua y un 1% de sólidos en suspensión y solución, estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. (Acosta, 2008, p. 63).

- Los sólidos inorgánicos (0,3%) están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, mercurio, plomo y zinc. (Acosta, 2008, p. 63).
- Los sólidos orgánicos (0,7%) se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados; los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y

aminoácidos, los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones. (Acosta, 2008, p. 63).

Según Ruiz, Núñez, Pineda y Pescador (2015) aseguran que se ha podido comprobar mediante un dimensionamiento de un sistema hidráulico para el uso de agua residual que las aguas residuales domésticas poseen un alto porcentaje (en peso) de agua aproximadamente 99,9% y apenas un 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos.

Los residuos sólidos están compuestos de materia orgánica (proveniente de la actividad humana compuesta de proteínas, carbohidratos y grasas) y materia mineral (proveniente de subproductos desechados durante la vida cotidiana y de la calidad de las aguas de abastecimiento).

Este porcentaje tan pequeño de sólidos representan los mayores problemas en un tratamiento y disposición de aguas residuales.

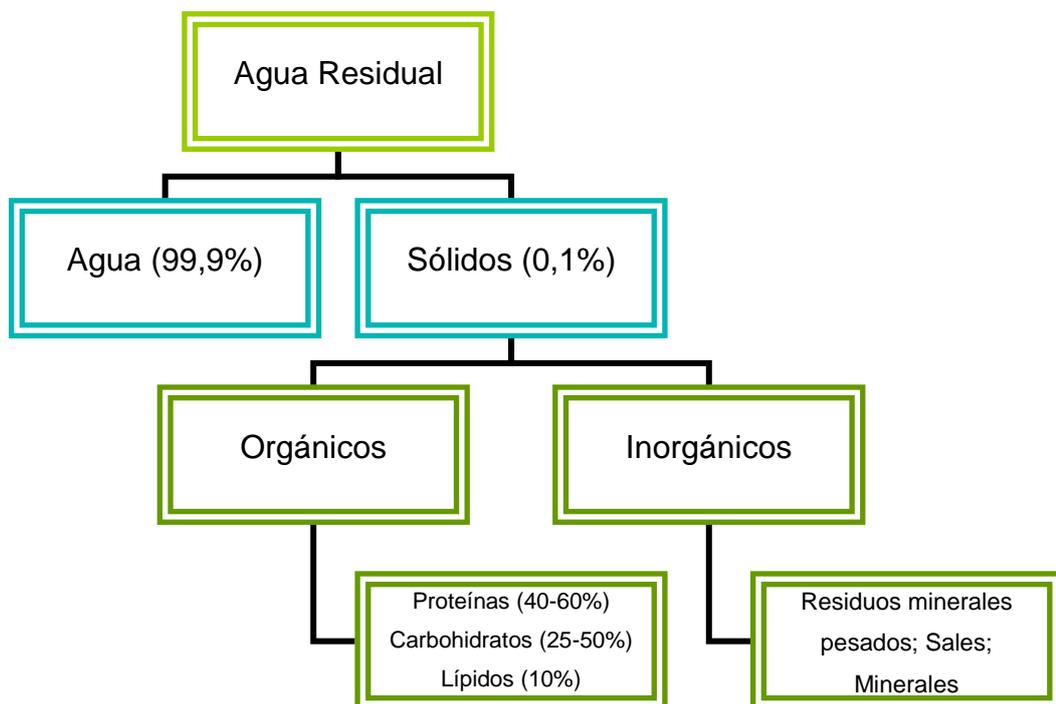


Ilustración 1 Composición en porcentajes de un agua residual doméstica característica.

Fuente: (Tebbutt (1977); http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212015000300010).

En este tipo de clasificación de la composición de un agua residual doméstica característica concuerdan varios autores como: (Ortiz, 2013); (Collazos; 2012); León (2016) y (Navarrete; 2014).

En la siguiente tabla se presenta la composición típica de un agua residual de la ciudad de Guayaquil

CAMPAÑA	DBO5	DQO	SST	SSED	PTOTAL	NTOTAL	NTK
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
INTERAGUA 2010-2011	129	248	95	0,7	3,9	21,8	21,4
EPOCA HUMEDA 2012	90	136	86	1,4	3,7	20,7	18
EPOCA SECA 2012	179	275	135	2,2	4,6	28,4	26,8
PROMEDIO	133	220	105	2	4	24	22

Ilustración 2 Composición Típica de un Agua Residual en la ciudad de Guayaquil.

Fuente: León (como se citó en Interagua, 2016).

En la ilustración 2 se pueden apreciar valores muy cerca de los límites máximos permisibles de la norma TULSMA en efluentes de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Se puede agregar un sitio de muestreo en el cantón Quito, parroquia Itchimbia, en la calle Tola, sector Guápulo, en el cual se muestra una tabla con una composición característica de un sector de la ciudad de Quito.

Parámetro	Expresado	Unidad	Valor
Temperatura	T	°C	15,2
Conductividad	Cond	ms/cm	0,40
Turbidez	-	NTU	122,85
Sólidos totales	ST	mg/l	597,3
Sólidos totales fijos	STF	mg/l	103,3
Sólidos totales volátiles	STV	mg/l	494,00
Sólidos totales disueltos	STD	mg/l	423,8
Sólidos totales en suspensión	STS	mg/l	173,50
Sólidos sedimentables	-	ml/L	0,93
Color	-	Unidades de color	480
Índice del volumen del lodo	IVL	ml/mg	343,91
Caudal	Q	m ³ /s	0,0010

Ilustración 3 Composición Característica de un agua residual doméstica- Sector Guápulo- ciudad de Quito.

Fuente:(<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13727/1/UPS%20-%20ST002819.pdf>)

2.4. Características de las Aguas Residuales Domésticas.

Según Cubillos (1981) afirma que “Es necesario comprender las características de las aguas residuales para optimizar su recolección, transporte, tratamiento y disposición final para así minimizar los efectos adversos de su descarga a las aguas naturales o al suelo, obteniendo mejor manejo ambiental de desechos” (p.14).

Entre las características de las aguas residuales se pueden considerar las físicas, químicas y bacteriológicas.

2.4.1. Características Físicas.

Entre las principales características físicas presentes en el agua residual se debe considerar el color, aspecto, sólidos presentes (suspendidos, sedimentables, disueltos, coloidales), olor, temperatura y densidad. (Acosta, 2008, p.63).

Parámetros Físicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”; Anexo1, reforma del Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua, tabla 10 en donde se usarán los valores de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce. (Art. 5.2.4.6)

➤ Color:

Es un parámetro que puede estar ligada a la turbiedad. Su tonalidad es variable y tiene su origen debido a causas internas como materiales disueltos y suspendidos en el agua y también debido a causas externas que se producen debido la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda. A su vez, el color del agua puede ser de dos tipos: COLOR APARENTE (el que presenta el agua bruta) y COLOR REAL (el que queda después de haber separado las materias en suspensión por filtración). (Moreno, 2011).

El límite máximo permisible según la Norma especificada es considerada inapreciable en dilución en unidades de color: 1/20

➤ **Temperatura:**

De acuerdo a la variabilidad de este parámetro podría alterar ciertas condiciones existentes en el agua residual, es por eso que se considera como un parámetro de gran importancia para el desarrollo de diversos procesos, de forma que si existe un aumento de la temperatura modificaría la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. Cabe recalcar que la actividad biológica incrementa cuantitativamente al doble de su magnitud cada que la temperatura sube diez grados; y además si supera un cierto valor característico de cada especie viva, ocasionaría graves problemas mortales para los organismos. (Aznar, 2000).

El límite máximo permisible según la Norma especificada es cuando se encuentra la muestra en condición natural de ± 3 grados centígrados °C.

➤ **Sólidos:**

-Sólidos Totales: Se pueden definir como la cantidad de materia que se transforma en residuo tras la evaporación del agua entre 103°C-105°C.

Estos sólidos también se los conoce como residuos de la evaporación y se pueden clasificar en filtrables o no filtrables. La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. (Metcalf y Eddy, 1995, p.59).

Este parámetro en la norma se expresa como ST en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 1600 mg/l

-Sólidos Suspendidos Totales: Estos sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. (Metcalf y Eddy, 1995, p.59).

Este parámetro en la norma se expresa como SST en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 130 mg/l.

Tabla 1

Parámetros Físicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente "TULSMA"

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	130
Sólidos Totales	ST	mg/L	1600

Fuente: Tomada de la Norma TULSMA, Anexo1, reforma del Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua, tabla 10 en donde se usarán los valores de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce. (Art. 5.2.4.6)

Elaboración: Liz Santacruz.

2.4.2. Características Químicas.

El estudio de las características químicas de las aguas residuales pueden ser agrupadas en tres apartados: (1) materia orgánica, (2) materia inorgánica y (3) gases presentes en el agua residual (Metcalf y Eddy, 1995).

➤ **Materia orgánica:**

Constituye la tercera parte de los elementos de las aguas residuales, siendo los principales compuestos que se pueden hallar: proteínas (40-60%), Carbohidratos (25-50%), Grasas y aceites (10%), que proceden de excrementos, orina de seres vivos, restos de animales y detergentes. (Espigares y Pérez, 1985).

Amat & Portero (como se citó en Romero, 2004) alegan que estos contaminantes se consideran biodegradables, ya que a través de microorganismos naturales que se encuentran en el agua, pueden transformar los contaminantes en compuestos mucho más simples, y esto

ocurre en aguas residuales domésticas con condiciones de temperatura y nutrientes favorables para su desarrollo.

-Proteínas: Se encuentran presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando están crudos. Su composición química es muy compleja lo que conlleva a mecanismos muy variados de descomposición que cuando existe un alto contenido de proteínas en un agua residual puede ser origen de olores fuertemente desagradables. (Metcalf y Eddy, 1995).

-Carbohidratos: Los carbohidratos o también llamados hidratos de carbono son distribuidos ampliamente por la naturaleza, entre ellos se encuentran los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera. Debido al volumen y resistencia a su descomposición se vuelve importante cuando existe la presencia de la celulosa en el agua residual, pero si su proceso se realiza en el terreno con la actividad de diversos hongos, este proceso se desarrollaría sin dificultad sobretodo en condiciones ácidas. (Metcalf y Eddy, 1995).

-Aceites y Grasas: El hecho de que posean menor densidad que el agua, provoca el efecto de flotación cubriendo gran parte de la superficie. Uno de los problemas adversos es la reducción del oxígeno disuelto, afectando a la actividad fotosintética, y por ende encarecen los tratamientos de depuración. (Gómez, 2009).

➤ **Materia inorgánica:**

En general existen concentraciones de constituyentes inorgánicos en el agua residual que se incorporan durante el ciclo de uso. Estas concentraciones aumentan debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua. Se pueden mencionar algunos constituyentes inorgánicos que pueden afectar los usos del agua, especialmente aquellos que se incorporan al agua superficial durante su ciclo de uso. (Metcalf y Eddy, 1995). Se podría citar a la alcalinidad como una característica importante ya que ayuda a regular los niveles de pH producidos por la adición de ácidos, además conocer su concentración debe ser imprescindible cuando se empleen tratamientos

químicos, sobretodo en la eliminación biológica de nutrientes. (Metcalf y Eddy, 1995, p.97).

También es necesario mencionar al nitrógeno ya que es un elemento necesario para el crecimiento biológico tanto de microorganismos como de plantas. Al variar su concentración en la masa receptora puede producir cambios bioquímicos en organismos reduciendo su tasa de crecimiento. Este elemento en altas concentraciones también contribuye al agotamiento del oxígeno y a la eutrofización del agua, estas concentraciones altas son debidas a fertilizantes artificiales y abonos animales. El nitrógeno se puede presentar en las aguas residuales en forma de úrea y proteínas, aunque son degradados fácilmente por bacterias. (Espigares y Pérez, 1985, p.16). Y finalmente el elemento químico llamado fósforo es también esencial para el crecimiento de organismos y el responsable de la producción de procesos de eutrofización. (Espigares y Pérez, 1985).

➤ **Gases**

Los más comunes son: nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico, amoniaco y metano. Los tres primeros se encuentran en las aguas expuestas a la atmósfera, los demás son producto de la descomposición de la materia orgánica

Parámetros Químicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”; Anexo1, reforma del Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua, tabla 10 en donde se usarán los valores de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce. (Art. 5.2.4.6).

Hay una serie de parámetros que nos permiten conocer el contenido orgánico de las aguas residuales en concentraciones mayores de 1 mg/l, estas concentraciones se determinan a partir de ensayos de laboratorio. Los más importantes son:

➤ **Aceites y Grasas**

Son el tercer componente importante en los alimentos. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas. Las grasas se hallan entre los compuestos orgánicos de mayor estabilidad, y su descomposición por acción bacteriana no resulta sencilla. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al fango por los sólidos sedimentables. La presencia de grasas y aceites puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables. (Metcalf y Eddy, 1995).

Este parámetro en la norma se expresa como Sustancias solubles en hexano, en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 30 mg/l.

➤ **Cloruros:**

La presencia de este parámetro se debe al contacto de algunas rocas o por la disolución de suelos con el agua, a la intrusión de aguas saladas, a la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales, infiltración de aguas marinas en acuíferos subterráneos próximos al mar. (Metcalf y Eddy, 1995). También se consideran a las heces como indicador indirecto de contaminación de cloruros ya que según Metcalf y Eddy aseguran que las heces humanas poseen 6g de cloruros por persona al descargarlas diariamente (Espigares y Pérez, 1985, p.15).

Este parámetro en la norma se expresa como Cl^- en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 1000 mg/l.

➤ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

El parámetro más ampliamente usado tanto en aguas residuales como en aguas superficiales es la DBO a 5 días, se la realiza a 20°C por lo que se expresa como DBO o DBO₅. Está relacionada con la medición del oxígeno

disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Este ensayo presenta algunas limitaciones, pero es importante porque ayuda a: 1) determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente. 2) dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; (3) medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento, y (4) controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos. (Metcalf y Eddy; 1995)

Este parámetro en la norma se expresa como DBO₅ en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 100 mg/l.

➤ **Demanda Química de oxígeno (DQO):**

Mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato potásico o el dicromato potásico. Este parámetro no puede ser menor que la DBO, ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica. Habitualmente se realiza la determinación con permanganato en las aguas para consumo, denominándose oxidabilidad al permanganato, mientras que en las aguas residuales se realiza con dicromato, llamándose más propiamente DQO. (Espigares y Pérez, 1985, p.13).

Este ensayo con dicromato potásico debe realizarse a altas temperaturas para facilitar la oxidación de determinados compuestos orgánicos para ello se usa un catalizador (sulfato de plata). (Metcalf y Eddy, 1995, p.113).

Este parámetro en la norma se expresa como DQO en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 200 mg/l.

➤ **Fósforo Total:**

Es importante tener controlado este parámetro ya que una elevada concentración puede producir un crecimiento incontrolado de biomasa acuática (eutrofización). Gran parte de este elemento se encuentra presente en el agua y esto se debe al uso de abonos fosfatados y detergentes.

Para su análisis se necesita determinarla por espectrofotometría, siendo necesaria la digestión previa de polifosfatos (detergentes) en fosfatos, para su análisis posterior. (Aznar, 2000).

Este parámetro en la norma se expresa como P en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 10 mg/l.

➤ **Nitrógeno Amoniacal:**

El compuesto de nitrógeno básicamente se lo puede encontrar en cualquier agua residual que presente alta carga contaminante de materia orgánica. El amoniaco es uno de los componentes considerado como transitorio en el agua, ya que forma parte del ciclo del nitrógeno y por tanto es influido por la actividad biológica.

En general, la presencia del amoniaco libre o ion amonio aluce a una contaminación reciente y peligrosa. El amonio es un producto natural que procede de la descomposición de compuestos orgánicos nitrogenados. (Sardiñas & Pérez, 2004).

Este parámetro en la norma se expresa como N en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 30 mg/l.

➤ **Nitrógeno Total Kjeldahl:**

Sardiñas y Pérez, (2004) afirman que “el nitrógeno total está compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y éste está constituido por formas de nitrógeno como nitritos, nitratos y amonio” (p.1).

El método Kjeldahl es el más ampliamente usado para determinar el nitrógeno total pese que data de hace casi 130 años, es estandarizado y preciso.

El nitrógeno total Kjeldahl es definido como la suma de amonio libre y compuestos orgánicos nitrogenados que son convertidos a sulfato de amonio, después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico y en presencia de un catalizador. El amonio es destilado en medio alcalino y recuperado nuevamente para su cuantificación. (Espinosa, León y Rodríguez, 2011).

Se puede deducir que es un parámetro importante sobre todo en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), ya que mide el nitrógeno total capaz de ser nitrificado a nitritos y nitratos y, posteriormente, desnitrificado a nitrógeno gaseoso.

Este parámetro en la norma se expresa como N en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 50 mg/l.

➤ **Potencial de Hidrógeno (pH):**

Santiago (como se citó en Dibujes, 2016) afirma que: El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de un agua. Lo importante de determinar este parámetro en las aguas residuales es conocer el nivel de acidez ya que se convierte en corrosiva, lo cual perjudicaría a los sistemas de distribución de las plantas de tratamiento. Este parámetro de calidad de aguas residuales como de aguas naturales se relaciona con la actividad biológica dentro de un margen de pH que debe ser considerado. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro. Aparte del efecto directo, el pH tiene un efecto indirecto, influenciando la toxicidad de algunas sustancias, especialmente de aquellas en las que, la toxicidad depende del grado de disociación. (Espigares y Pérez, 1985, p.15).

Según (Buechel, 2017) alega que el pH en el agua se aumenta debido a la presencia de carbonatos o bicarbonatos que se producen por el desgaste o disolución de rocas calizas, y a su vez disminuye la acidez existente.

Este parámetro en la norma se expresa como pH y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 6 – 9.

➤ **Sulfuro de hidrógeno:**

Gas incoloro, inflamable de olor desagradable, se forma de la descomposición de la materia orgánica azufrada. Si este gas se combina con el hierro originaría un color negro al agua. (Espigares y Pérez, 1985, p.17).

Este parámetro en la norma se expresa como S⁻² en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 0,5 mg/l.

➤ **Tensoactivos:**

Son llamados agentes de superficie activa, son especies químicas que forman una capa mono molecular cambiando así el valor de la tensión superficial. En otras palabras, se puede decir que estos compuestos químicos se disuelven en algún disolvente, orientándose entre el líquido y una fase tanto sólida, líquida o gaseosa, modificando la interfase como la formación de espuma, coloides, emulsiones o suspensiones. (Bravo, 2016).

Este parámetro en la norma se expresa como Activas al azul de metileno en unidades de mg/l y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 0,5 mg/l.

A continuación, se presenta una tabla en donde se muestran los límites máximos permisibles de la norma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA” para una descarga a un cuerpo de agua dulce, indicando los parámetros químicos más importantes considerados para un debido control.

Tabla 2

Parámetros Químicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/L	30
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fósforo Total	P	mg/l	10
Nitrógeno amoniacal	N	mg/L	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	50
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5

Fuente: Tomada de la Norma TULSMA Anexo1, reforma del Libro VI, tabla 10 en donde se usarán los valores de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce. (Art. 5.2.4.6).

Elaboración: Liz Santacruz.

2.4.3. Características Bacteriológicas

Este tipo de características presentes en el agua influyen directamente en la salud del ser humano y por ello una de las razones más importantes para tratar las aguas negras o servidas es eliminar los agentes patógenos de origen humano presentes en las excretas, con el principal objetivo de detener el ciclo epidemiológico de transmisión. Estos son, entre otros: coliformes fecales, coliformes totales, salmonellas, virus. (Acosta, 2008, p. 64).

➤ **Bacterias:**

Pueden ser de origen fecal o bacterias implicadas en procesos de biodegradación, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento. En función de la forma que poseen es la manera de su clasificación por ejemplo las bacterias pueden ser: esféricas o cocos (1-3 u), bastón o bacilos (0,5 – 2 u de ancho y 1- 10 u de largo), bastón curvado (0,6 -1 u de ancho y de 2-6 u de largo), espiral (50 micras) y filamentosas (más de 100 micras). Es de suma importancia conocer el papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica tanto en las plantas de tratamiento como en el marco natural. (Metcalf y Eddy, 1995, p.104).

➤ **Hongos:**

Ellos basan su alimentación de materia orgánica muerta. Al igual que las bacterias son los responsables de la descomposición del carbono en la biósfera. (Metcalf y Eddy, 1995, p.104).

➤ **Virus:**

Proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. La gran supervivencia de los virus origina la resistencia a algunos tratamientos de aguas residuales, constituyendo un peligro para las aguas receptoras. Durante los tratamientos, los virus se adsorben a la superficie de los flóculos y de esta forma son separados de las aguas residuales, pero no inactivados. (Espigares y Pérez, 1985, p.17).

Parámetros Bacteriológicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA” ; Anexo1, reforma del Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso Agua, tabla 10 en donde se usarán los valores de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce. (Art. 5.2.4.6).

➤ **Coliformes Fecales:**

En la actualidad el grupo coliforme se refiere a todos aquellos bacilos cortos, aerobios y anaerobios facultativos que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35°C, y específicamente los coliformes fecales son iguales, pero fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a 44°C. Desde el punto de vista de la salud de los seres humanos, éstos son más importantes que los coliformes totales ya que hay mayor probabilidad de hallar patógenos excretados como virus entéricos, bacterias o parásitos. Sobreviven menos tiempo que los coliformes totales por lo que se asume contaminación reciente si se encuentran en concentraciones altas (Sandoval & Jiménez, 1991). Para aguas superficiales o para evaluar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales deben usarse los coliformes fecales. Solamente deberá recurrirse a los coliformes totales si no hay condiciones para cuantificar los coliformes fecales. (Madigan y col., 1997, 226).

Según (Chavarrías, 2013) existe un parámetro que se relaciona directamente con la ausencia de coliformes o bacterias en el agua. Este parámetro es el pH que afecta al crecimiento bacteriano.

(Rubio, 2002) afirma que en el tratamiento de aguas residuales generalmente se usa piedra caliza para aumentar el pH (es decir > a 7 = alcalinidad) disminuyendo la acidez precipitando metales pesados, pero sobre todo disminuyendo agentes patógenos.

Este parámetro en la norma se expresa como NMP en unidades de NMP/ 100 ml y su límite máximo permisible según la Norma especificada es de 10000 NMP/ 100 ml.

➤ **Coliformes Totales:**

Son capaces de multiplicarse en el agua, pero los diferencian de los coliformes fecales ya que no resisten altas temperaturas. En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias.

Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución. (Madigan y col., 1997, 227).

Tabla 3

Parámetros Bacteriológicos según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000

Fuente: Tomada de la Norma TULSMA

Elaboración: Liz Santacruz

2.5. Muestreo de las Aguas Residuales.

Lo imprescindible es tomar una muestra homogénea que sea representativa del cuerpo receptor. Se describirán dos tipos de muestras posteriormente que pueden ser recogidas tanto manualmente como automáticamente y estas son: Las muestras simples o puntuales y las muestras compuestas.

➤ **Muestra Simple o Puntual:**

Se realiza cuando el operador necesita obtener el resultado inmediatamente después de haber procedido la toma de la muestra. Se lo realiza también porque con ello se determinarán parámetros como oxígeno disuelto, pH y temperatura (Hinojosa, Murguía, Hernández, Gaona y Sheridan, 2016).

La muestra se recoge en un tiempo y lugar específico representando así la composición del cuerpo de agua en ese mismo tiempo y lugar. Aunque si la composición es constante, la muestra puede ser tomada al azar. En cambio,

existe otro caso en el que la fuente varía en el tiempo, entonces la muestra debe tomarse en diversos intervalos de tiempo periódicamente para analizar los cambios. (Mayo & Leiva, 2017).

➤ **Muestra Compuesta:**

Este tipo de muestra se puede recoger tanto manualmente como automáticamente y proporciona información de las características medias de una muestra representativa a lo largo de un tiempo. (Hinojosa, Murguía, Hernández, Gaona y Sheridan, 2016). En otras palabras, se puede decir que son una combinación de muestras individuales de agua residual tomadas a intervalos predeterminados con el objetivo de reducir los efectos de variación de la muestra individual. Las sub muestras individuales que la componen pueden ser de igual volumen o proporcionales al caudal al momento de extracción de la muestra. (Mayo & Leiva, 2017). Hay que considerar que este tipo de muestreo sólo se usa para determinar los componentes constantes en las condiciones de muestreo.

Es decir, estas muestras compuestas son la mezcla de diversas muestras simples o individuales que se toman en un determinado lugar, pero en diferentes tiempos, teniendo en cuenta que la mezcla se hace sin considerar el caudal en el momento en que se mide. (Lema, 2016).

La frecuencia dependerá de la variación del caudal y de la carga de contaminante, si existen pequeñas variaciones, los intervalos de tiempo serán de dos horas en un día, caso contrario se tomará cada 15 minutos, siempre con volumen entre 25 -100 ml las muestras individuales y las compuestas entre 2 y 4 litros. (Ramalho, 1990, p.78).

Las muestras se mantendrán en refrigeración y al final del periodo se mezcla en proporción directa al caudal aforado en cada instante de muestreo. Para preparar la muestra compuesta se necesita conocer la cantidad requerida para cada muestra simple (Lema, 2016, p.6).

2.6. Tratamiento de Aguas Residuales.

Se entiende por tratamiento de aguas residuales al proceso tanto físico, químico o biológico, destinado a depurar el agua de sustancias que la contaminan tanto a ella como al ambiente.

Es decir, que es necesario usar una serie de procedimientos con el principal fin de eliminar todo tipo de contaminantes presentes en el agua con tal de que no se vea afectado el ecosistema y por ende los seres vivos. (Pereira, 2012).

Perlman (2017) afirma que “El propósito principal del tratamiento del agua de desecho es remover lo más posible las partículas sólidas que se encuentran suspendidas antes de que esta agua, sea descargada de nuevo al ambiente” (p.9).

Según la empresa sanitaria de Valparaíso (ESVAL, 2010) alega que las aguas servidas recolectadas deben limpiarse antes de ser devueltas al medio ambiente, para no dañar la flora y fauna. Por ello realizar un adecuado tratamiento a las aguas residuales conlleva a la protección de la biodiversidad de seres vivos para que así no se altere el ciclo de la vida.

2.6.1. Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales.

Los procesos de tratamientos son los distintos conjuntos de fases sucesivas necesarias y fundamentales para poder transformar y reivindicar la contaminación producida principalmente en un recurso hídrico.

De manera que estos procesos rigen un orden de mecanismos de diseño para ejercer y mejorar la contaminación que poseen las aguas residuales.

Cuando se refiere a procesos de tratamiento se puede asociar a que éstos se realizan en plantas de tratamiento, según las características del tipo de agua que queremos descontaminar.

Tenemos que tener en cuenta que previamente antes de poder fijar una sucesión de procesos para emplear en una planta de tratamiento de aguas

residuales se debe analizar el afluente y estimar y precisar la calidad del efluente de salida, ya con eso bien direccionado se puede optar por la opción más adecuada y favorable para el tratamiento.

En base al criterio de Ramalho (1990) afirma que:

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales o la serie de procesos de tratamiento dependen de un cierto número de factores como características de agua residual (DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos), calidad del efluente de salida requerido, costo y disponibilidad de terrenos (como por ejemplo ciertos tratamientos biológicos como lagunas, estanques de estabilización que son económicamente viables en el caso de que se disponga de terrenos de bajo costo) y consideración de las futuras ampliaciones o la previsión de límites de calidad de vertido más estrictos, que necesiten el diseño de tratamientos más sofisticados en el futuro. (p.95)

Además, es necesario expresar que todo debe de ser un conjunto bien específico y analítico con respecto al tratamiento. “En la actualidad, los procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los tres tipos de tratamiento llamados tratamiento primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado)” (Metcalf y Eddy b, 1995, p. 3).

Aunque estos autores no consideran algo relevante que es imprescindible para poder empezar e iniciar un eficiente tratamiento ya que hay sólidos que son arrastrados en el transcurso del traslado del agua, desde donde se acumula hasta donde se almacena para ser tratado, por eso es necesario mencionar un pre-tratamiento.

Entonces, los procesos para un tratamiento de aguas residuales casi siempre comenzarán por:

➤ **El pre-tratamiento o Tratamiento Preliminar:**

En su más sencilla definición se puede decir que es una etapa previa del tratamiento. Ramalho (1990) afirma que: “Los pre-tratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga en los receptores “(p.91).

En su concepción más específica, un tratamiento preliminar se realiza principalmente con el fin de eliminar sólidos gruesos, finos, aceites y grasas para así evitar problemas en los tratamientos posteriores y así no perjudicar el proyecto a ejecutar, que generaría pérdidas económicas en la inversión de la obra volviéndola ineficiente. (Rojas, 2002). Consecuentemente, el pre-tratamiento está destinado a proteger las instalaciones precautelando sensiblemente la apariencia estética de la planta de tratamiento.

Tabla 4

Procesos de pre-tratamiento

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Pre-aireación	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: Tomado de Conferencia “Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales” (Rojas, 2002).

Elaboración: Liz Santacruz

➤ **Tratamiento primario:**

El objetivo de este tratamiento es la remoción por medios físicos, químicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos y entre los tipos que se clasifican son: Sedimentación primaria, flotación, precipitación química, filtros gruesos, oxidación química, coagulación, floculación, sedimentación y filtración (Rojas, 2002, p.12).

➤ **Tratamiento Secundario:**

Este tratamiento es por consiguiente realizado después del tratamiento primario como su nombre mismo lo indica

(Rojas, 2002), alega que:

La reducción de los compuestos orgánicos presente en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza en su gran mayoría por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculantes que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%, y están compuestos por:

- Filtración biológica,
- Lodos activados
- Lagunas de estabilización (aerobia, anaerobia, facultativa, maduración, plantas acuáticas) y aireada. (p.13)

Su principal objetivo es reducir la materia orgánica y a su vez la cantidad de nutrientes, eliminando agentes patógenos y parásitos. (Vivanco, 2016). Y por consiguiente, remueve la demanda biológica de oxígeno (DBO) soluble que haya escapado del tratamiento primario, y por ende cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

➤ **Tratamiento Terciario:**

Este tratamiento está destinado a eliminar un componente específico que en los procesos anteriores no se pudo lograr y además Según la Revista de Agua y Saneamiento (2008) y Rojas (2002) tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para con ello lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- (a) Fosfatos y nitratos.
- (b) Huevos y quistes de parásitos.
- (c) Sustancias tenso activas.
- (d) Algas.
- (e) Bacterias y virus (desinfección).
- (f) Radionúclidos.
- (g) Sólidos totales y disueltos.
- (h) Temperatura.

En sí, este tratamiento proporciona un incremento de la calidad del efluente al estándar requerido dependiendo de la norma vigente en cada lugar en donde se establezca la planta de tratamiento teniendo un control que limite la descarga a la masa receptora.

2.7. Tipos de Sistema de Tratamiento Secundario.

Esta investigación se va a centrar en los tipos de tratamiento secundario de aguas residuales, ya que se quiere llegar a esclarecer un tipo de sistema de tratamiento no convencional en el cual el medio receptor serán lagunas de oxidación con plantas acuáticas.

2.7.1. Lagunas de Estabilización o de Oxidación.

Este tipo de lagunas son consideradas como el método más sencillo usado para ejercer el tratamiento de aguas residuales. Generalmente son constituidas por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Son de forma tanto rectangular como cuadrada, esto dependerá del diseño. (Gómez, 2013).

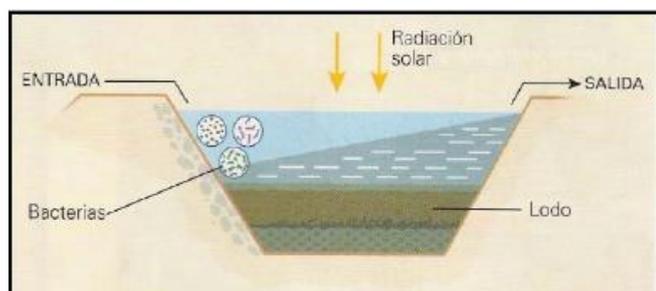


Ilustración 4 Laguna de Estabilización o de Oxidación
Fuente: (<https://es.slideshare.net/cvillegas717/contaminaciondelagua>)

Entre los objetivos principales que poseen las lagunas de Oxidación son:

- Remover la materia orgánica de las aguas residuales a causa de la contaminación.
- Eliminar microorganismos patógenos causantes de enfermedades para los seres humanos.
- Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como agricultura.

Para poder obtener una buena eficiencia en las lagunas se debe adecuar las condiciones climáticas de la zona tanto en su temperatura, radiación solar, frecuencia, fuerza de los vientos locales y factores que afecten directamente a la biología del sistema (Arango, 2016, p.1).

El mantenimiento de estas lagunas no es exhaustivo, pero debe controlarse el crecimiento de la biomasa, ya que, las lagunas de estabilización operan con concentraciones reducidas de biomasa a lo largo de periodos prolongados.

Al llegar el agua a estas lagunas de manera espontánea ocurre un proceso de auto purificación que da lugar a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que ayudarán a eliminar la materia orgánica, en el cual se destacan dos grandes grupos:

- Sedimentación de los sólidos en suspensión, que suelen representar una parte importante (40-60 % como DBO₅) de la materia orgánica contenida en el agua residual, produciendo una eliminación del 75-80 % de la DBO₅ del efluente (Romero, 1999).
- Transformaciones biológicas que determinan la oxidación de la materia orgánica contenida en el agua residual. (Arango, 2016, p2).

Básicamente las lagunas de estabilización funcionan gracias a la actividad bacteriana y las relaciones simbióticas con algas y otros organismos.

2.7.2. Ventajas y Desventajas de las Lagunas de Oxidación.

Tabla 5

Ventajas y Desventajas de las Lagunas de Oxidación

Ventajas	Desventajas
Bajo consumo de energía y costo de operación.	Altos requerimientos de Área. (Solo son viables con un costo de terreno bajo)
Bajo costo de construcción. (siempre que el terreno sea barato)	Efluente con elevado contenido de algas, puede ser rechazado para descargarlo en cuerpos de agua.
Tienen una retención de sólidos que puede alcanzar los 5 a 10 años.	Su funcionamiento depende de las condiciones ambientales tales como la temperatura, la irradiación solar, la velocidad del viento, etc., que son propiedades aleatorias.
Operación y mantenimiento simple, debido a que no requiere personal calificado ya que no usan equipos de alta tecnología.	Generación de, olores desagradables y deterioro de la calidad del efluente por sobrecargas de contaminantes, bajo ciertas condiciones climáticas
Remoción eficiente de bacterias patógenas.	Contaminación de acuíferos por infiltración, particularmente en lagunas construidas sobre suelos arenosos.
Amortiguamiento de picos hidráulicos, de cargas orgánicas y de compuestos tóxicos.	Generación de insectos y olores desagradables por lo que obliga a situarlas en lugares alejados de las zonas habitadas.
Disposición del efluente por evaporación, infiltración en suelo o riego.	La construcción debe ser aislada de acuíferos para evitar contaminarlos

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades. Lagunas de estabilización. (Rodríguez, 2009); (González, 2011); (Amat & Portero, 2017)

Elaboración: Liz Santacruz.

2.7.3. Tipos de Lagunas de Oxidación.

El tipo de lagunas de oxidación se clasifican en:

-Lagunas Aerobias: Comúnmente conocidas como lagunas aireadas, pero específicamente estas lagunas son aerobias debido a la presencia de oxígeno en todos los niveles de profundidad (1 – 1,5 m) producido fotosintéticamente por las algas. En cambio, cuando se trata del término aireación se refiere a que se introduce oxígeno del ambiente a la laguna con energía externa por medio de aparatos mecánicos, de difusión o híbridos, lo cual muchas veces se consideraría como desventaja el costo adicional que generaría. (Castro, 2012). Este proceso de aireación en las lagunas ayuda a acelerar el proceso de descomposición de residuos orgánicos y a eliminar

gases malolientes gracias a la acción bacteriana. Además se debe recalcar que este tipo de lagunas aerobias poseen elevado tiempo de retención (20- 30 días) (Mogollón, 2009) y (Romero, 1999).

-Lagunas Anaerobias: En este tipo de laguna existe un contenido muy bajo de oxígeno disuelto o casi nulo, como consecuencia de una alta concentración de contenido orgánico y un corto tiempo de retención del agua residual. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica. (Arango, 2016, p. 4).

Las lagunas anaerobias suelen tener profundidad entre 2 y 5 m, el parámetro más utilizado para el diseño de lagunas anaerobias es la carga volumétrica que por su alto valor lleva a que sean habituales tiempos de retención con valores comprendidos entre 2-5 días (Romero, 1999).

Cuando actúan bacterias anaerobias, se producen gases malolientes y por esta razón, las plantas de tratamiento anaeróbicas se construyen como estructuras cerradas con control de emisión de gases para evitar molestias al entorno. (Mogollón, 2009).

-Lagunas Facultativas: Este tipo de lagunas se caracteriza por poseer una zona aerobia (superficie) y una zona anaerobia (fondo). Esta situación es la más común en una laguna de oxidación expuesta al ambiente. Su objetivo principal es estabilizar la materia orgánica en un ambiente oxigenado, el cual es proporcionado por la presencia de algas. Además, se puede hallar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos, en el fango del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. (Rodríguez, 2009).

Rolim (2000) afirma que “La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. Su tiempo de retención es de 5 a 30 días” (p 5).

Existe una relación simbiótica entre las bacterias y algas existentes en el medio acuoso, produciendo la degradación de la materia orgánica. Estas bacterias usan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar los compuestos orgánicos de forma aeróbica. Durante este proceso se libera dióxido de carbono y nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) en grandes proporciones, y éstos son utilizados por las algas para su desarrollo, por ende, esta actividad resulta mutuamente beneficiosa. (Rolim, 2000).

En una laguna facultativa existen tres zonas:

- **Zona Fótica o Aerobia:** Zona superficial donde hay bacterias aerobias y algas en relación simbiótica.
- **Zona Heterótrofa o Facultativa:** Zona intermedia, que es aerobia como anaerobia, aquí se descomponen los residuos orgánicos, la efectúan las bacterias aerobias, anaerobias y facultativas. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono para las algas (González, 2011) y (Rolim, 2000).
- **Zona Anaerobia o de Sedimentos:** Zona inferior anaerobia donde se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de bacterias anaerobias.

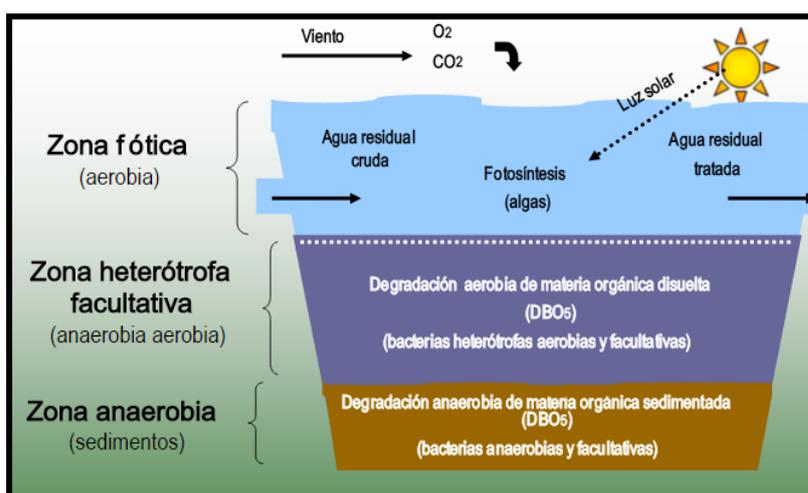


Ilustración 5 Capas o zonas de una Laguna Facultativa.

Fuente: (<http://www.tratamientodelagua.com.mx/laguna-facultativa/>).

En la siguiente ilustración se ve reflejado un diagrama de la actividad coordinada que realizan las algas con las bacterias en las lagunas de oxidación.

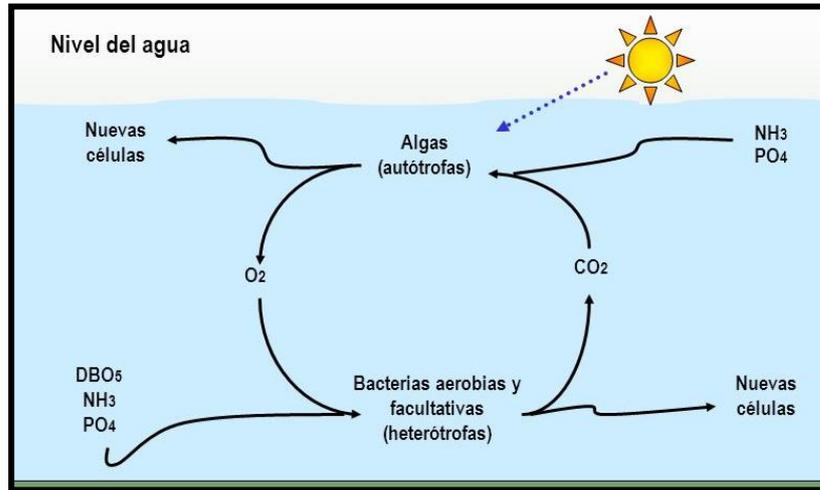


Ilustración 6 Esquema de la relación simbiótica entre algas y bacterias en una laguna de estabilización

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1991)

-Lagunas de Maduración: Este tipo de laguna se la conoce también como pulimento, generalmente prosiguen de un proceso previo de lagunas facultativas, están diseñadas básicamente para un tratamiento terciario o sea para directamente eliminar agentes patógenos, nutrientes y algas. (González, 2011).

Son muy poco profundas aproximadamente de 0,90 m a 1,5 m considerando que siempre debe permitir la penetración de la luz solar en la parte inferior y las condiciones aeróbicas en toda la masa receptora. (Rollim, 2000) y (González, 2011). Se asume también que la carga de DBO ya se ha reducido un 80 % en los tratamientos anteriores.

Rodríguez (2009) alega que “Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado” (p.12).

Hay que tener en cuenta que en función del tiempo de retención será el número de lagunas de maduración necesarias en el tratamiento para

alcanzar y obtener una remoción establecida de coliformes fecales (Rolim, 2000).

-Lagunas de Oxidación con Plantas Acuáticas: Actualmente se ha desarrollado diversos métodos no convencionales para minimizar el costo de construcción de los sistemas de tratamiento de agua residual. Una de las variantes adecuadas para la depuración de estas aguas son los sistemas de tratamiento acuáticos. (Rodríguez, 2009).

En ellos las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos removiendo sustancias tanto biodegradables como no biodegradables, nutrientes, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos. (González, 2011).

Este sistema ha sido empleado en países desarrollados debido a la calidad del efluente obtenido y su bajo costo. Las plantas o macrófitas se pueden clasificar en: flotantes y arraigadas. (Rolim, 2000).

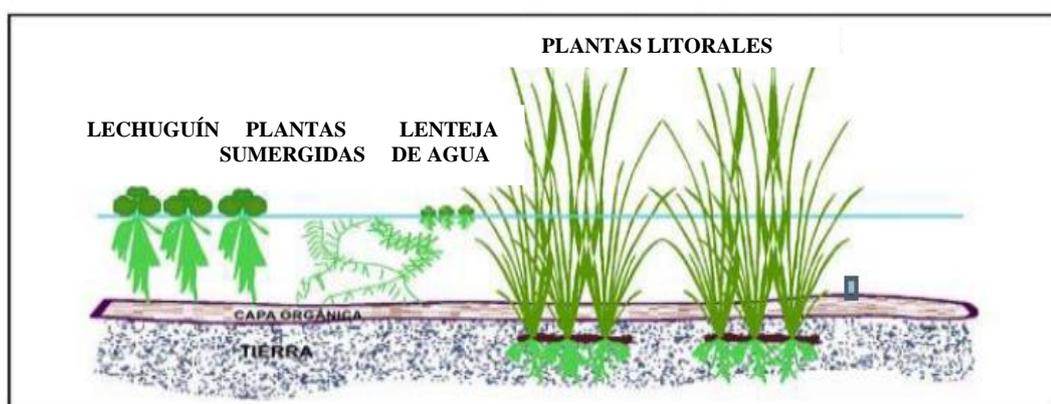
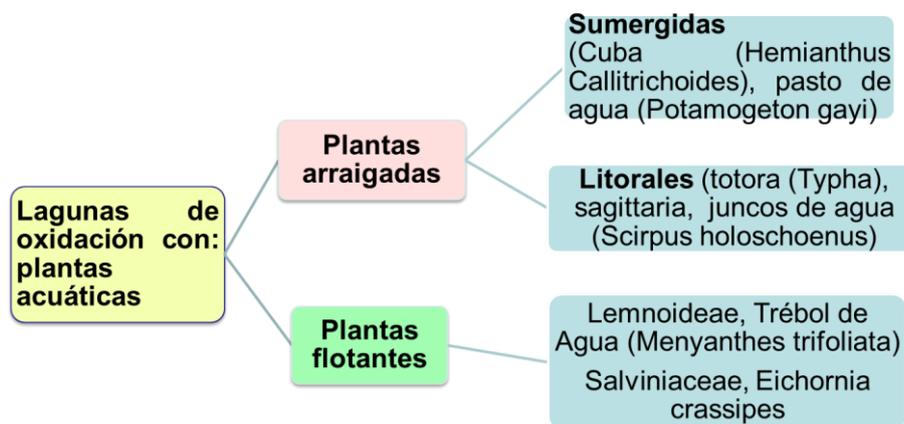


Ilustración 7 Plantas acuáticas

Fuente: (León & Lucero, 2009).

- Plantas Acuáticas Flotantes.

Arroyave (2004) afirma: “Las plantas acuáticas también conocidas con el nombre de macrófitas cumplen un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos, ya que brindan directa o indirectamente protección, alimento y hábitat para muchos organismos de estos ecosistemas” (p.1). Varias de estas plantas habitan tanto en cuerpos de agua dulce como en cuerpos de agua artificiales y a veces cuando crecen desmesuradamente crean problemas ya que pueden obstruir el flujo o la navegación y además brindar ambientes propicios para plagas, enfermedades y vectores que afectan la salud humana. Una de las macrófitas flotantes que se encuentran en lagunas, ríos y quebradas son las denominadas Lemna minor, o comúnmente llamada lenteja de agua o duckweed.

➤ Lemna “Lenteja de Agua”



Ilustración 8 Lemna

Fuente: (<http://titanarum.uconn.edu/198502634.html>)

García (como se citó en Cortés y Meza, 2015) alega que se trata de una pequeña planta acuática flotante de agua dulce, con una, dos o tres hojas planas y ovaladas, en las cuales la longitud de cada hoja es de 1 - 8 mm y de amplitud de 0,6 – 5 mm, cada una de las plantas poseen una sola raíz de aproximadamente de 1 - 2 cm de largo. Se trata de una planta muy pequeña de estructura simple, posee una fusión de tallo y hojas, a la que se le denomina fronda. Su tamaño en general varía entre 0,1 y 2 cm de diámetro.

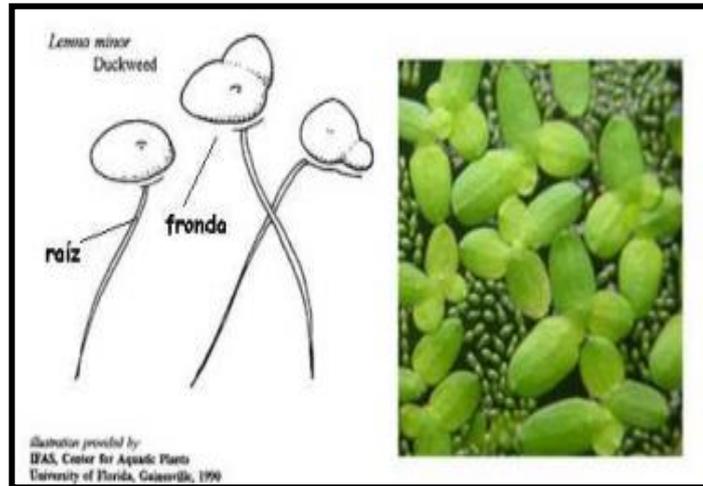


Ilustración 9 Morfología de la Lemna minor.

Fuente: (IFAS Center for Aquatic Plants, University of Florida, Gainesville, 1990.)

Esta planta es nativa en gran parte de Europa, América del Norte, Asia y África, crecen en estanques de agua dulce donde hay lento movimiento de las corrientes. Para su hábitat eficiente es necesario que tengan buena iluminación durante 12 – 14 horas diarias como mínimo, a una temperatura de 15 – 25 °C. Además, soportan cambios climáticos propios de áreas continentales, a excepción del clima ártico o sub-ártico. Se consideran que son de crecimiento muy rápido, muy adecuada para reducir el nivel de nitratos. También expresa que, en el tratamiento de aguas residuales, las lemnas asimilan los nutrientes del efluente cuando son cosechadas y retiradas de los estanques, además de extraer con facilidad algunos metales como: zinc, manganeso y fierro y a la vez remueven grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio.

Según Olgúin y Hernández (1998), las características usadas en un tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas son: fácil cosecha, eficiencia de remoción de nutrientes y alta predominancia en condiciones naturales adversas. Lemna minor cumple con estas características y gracias a ello ha sido empleada en sistemas de descontaminación de aguas.

Jaramillo y Flores (2012) alegan que este tipo de plantas crece en agua de muy diversa calidad tanto en aguas dulces como salinas y por ende es capaz de reproducirse en un rango amplio de concentración de nutrientes.

Además, según Rodríguez, Gómez, Garavito y López, (2010) aseguran que la lenteja de agua posee una de las tasas de crecimiento más altas en el mundo, debido a su beneficiosa cualidad de soportar cambios amplios de temperatura (Como rango óptimo para diferentes especies entre 25 - 31 °C, para supervivencia son capaces de soportar 0°C por periodos cortos de tiempo y para crecimiento los límites deberían estar entre 8 – 16°C y 16 - 20 °C), pH (3 – 10) y concentración de nutrientes. La tasa de reproducción relativa de la lenteja de agua puede estar entre 0,1 y 0,5 día⁻¹, lo que significa que en condiciones ideales puede en dos días doblar su biomasa. Se puede también mencionar que con respecto a su composición química es considerada muy rica en su contenido proteico y que por ende se la puede usar como alimento del ganado o peces. Siempre para que se la pueda cosechar se debe proteger de los vientos para evitar que se acumulen en las esquinas, y para que realice su función se debe tener en cuenta que se debe cubrir toda la superficie de agua donde vaya a permanecer.

➤ **Eichornia Crassipes o “Lechuga de Agua”.**



Ilustración 10 Eichornia

Fuente:(<https://gobotany.newenglandwild.org/genus/eichhornia/>)

Jaramillo y Flores (2012) alegan que la Lechuga de Agua o conocida por sus muchos nombres como: Jacinto de Agua, Lirio de Agua, Buchón de Agua, Camalote o simplemente Lechuguín, en sí, esta planta acuática perenne, vascular de flotación libre con raíces sumergibles, fibrosas con flores lilas azuladas en climas cálidos y fríos. Considerada la octava planta con tasa de crecimiento más rápido en el mundo por lo que le es accesible extenderse y

sobrevivir en muchos lugares. Además, esta planta puede duplicar en diez días su tamaño y en 8 meses de normal crecimiento una sola planta puede tener la capacidad de reproducir 70 000 plantas hijas de tamaño entre 0,5 a 1,5 metros desde la parte superior hasta la raíz.

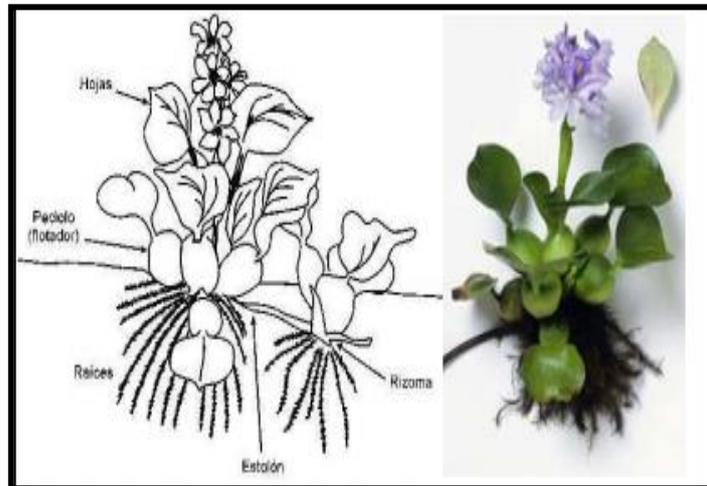


Ilustración 11 Morfología de la *Eichornia crassipes*.

Fuente: (Romero Jairo, Tratamiento de aguas residuales, 2002)

Suárez y González (como se citó en Cortés y Meza, 2015) explican que estas plantas acuáticas flotan debido a que son sostenidas por esponjosos rizomas con sus raíces cortas flotando libremente. Pueden alcanzar hasta un metro de altura, aunque comúnmente no superan los 50 cm. Estas plantas son endémicas del Amazonas, de la cuenca del río Paraná. En Ecuador se encuentra en la riberas de los ríos principalmente en la provincia del Azuay (Río Paute); Oriente, y en varios lagos y aguas estancadas de la Costa. También es usada como planta ornamental y comestible como abono verde, fertilizante. Se cultiva a una temperatura entre 20°C – 30°C, no resiste los inviernos fríos (se mantiene a una temperatura de 15°C a 18°C en contenedores con una profundidad mínima de 20 cm y con iluminación intensa).

García, (como se citó en Cortés y Meza, 2012) aclara que esta planta absorbe nutrientes esenciales del agua para su metabolismo como lo son: el nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, amonio, carbonato, fosfato, cloro, nitrito, sulfato.

Celis, (como se citó en Cortés y Meza, 2014) menciona que este tipo de plantas acuáticas poseen un sistema automático de depuración debido al conjunto de raíces que poseen, estas raíces retienen en sus tejidos algunos metales pesados como mercurio, arsénico, cromo, cobalto, níquel, plomo y cadmio, Además remueve compuestos orgánicos como fenoles, colorantes, pesticidas, ácido fórmico, y disminuye también los niveles de DBO, DQO y sólidos suspendidos.

Tabla 6

Taxonomía de las plantas acuáticas.

	Lemna minor	Eichornia crassipes
Reino	Plantae	Plantae
División	Fanerógamas	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida	Liliopsida
Orden	Arel	Commelinales
Familia	Lemnaceae	Pontederiaceae
Género	Lemna	Eichhornia
Especie	Lemna minuta	E. crassipes

Fuente: Comparación y evaluación de dos plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. García, (como se citó en Cortés y Meza, 2012)

Elaborado por: Liz Santacruz.

Según García, (como se citó en Cortés y Meza, 2012) alega que en un tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas flotantes existe un potencial proceso de depuración y que no sólo remueven eficientemente materia orgánica y sólidos suspendidos, sino que además logran disminuir los niveles de nutrientes, metales pesados, sales disueltas y patógenos.

En Colombia existe la fábrica "IMUSA" S.A que se encuentra localizada en el municipio de río negro (Antioquía) que desde 1988 poseen canales en donde tienen funcionando a la planta acuática flotante: *Eichornia crassipes* (Buchón de agua), en donde se pudo comprobar una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanzó más del 97% en los metales pesados.

Además Pedraza, (como se citó en Cortés y Meza, 2014) menciona que en el Valle del Cauca en una granja porcina utilizaron un sistema constituido de un canal con *Eichornia Crassipes* y de un canal con *Lemna minor* y en base a esto se reporta que hubo una eficiencia de remoción en DBO de 247 mg/l a 149 mg/l y en sólidos suspendidos totales de 214 mg/l a 58 mg/l. Inclusive en algunos estudios realizados en estanques se ha demostrado que la Lechuga de Agua (*Eichornia crassipes*) posee una capacidad de remoción de DBO superior en comparación con plantas de lodos activados.

El uso de la lechuga de agua en las lagunas en el tratamiento de aguas residuales domésticas es muy importante destacar, ya que ésta macrófita flotante funciona como una bomba extractora de bajo costo, y sus procesos degradativos son más rápidos que usando microorganismos. Además de ello es un método adecuado para usarlo en superficies grandes en donde se tengan tiempos de retención con plazos largos. (Vera, 2018)

Y cuando se trata de aguas residuales domésticas, generalmente su composición se basa en nutrientes, lo cual es justamente lo que la Lechuga de Agua extrae con facilidad, purificando el agua por medio de la fotosíntesis. Además, para su reproducción solo necesita que el agua contenga nitrógeno, fósforo, potasio comúnmente hallado en este tipo de aguas. Consecuentemente retiene sedimentos y los transporta a zonas más bajas purificando también el aire ya que absorbe metales pesados como plomo, cadmio, mercurio. (Vera, 2018) .

CAPÍTULO III

3. Descripción del Sistema de tratamiento de Aguas Residuales en el Campamento de Obras de la Planta de tratamiento Las Esclusas- Guayaquil.

Se está construyendo la planta de tratamiento de aguas residuales “Las Esclusas”, la cual cubre una extensión aproximada de 5913 hectáreas y se encuentra ubicado en el sur de la ciudad de Santiago de Guayaquil, capital de la provincia del Guayas, en la República del Ecuador, país situado en la región noroccidental de América del Sur.

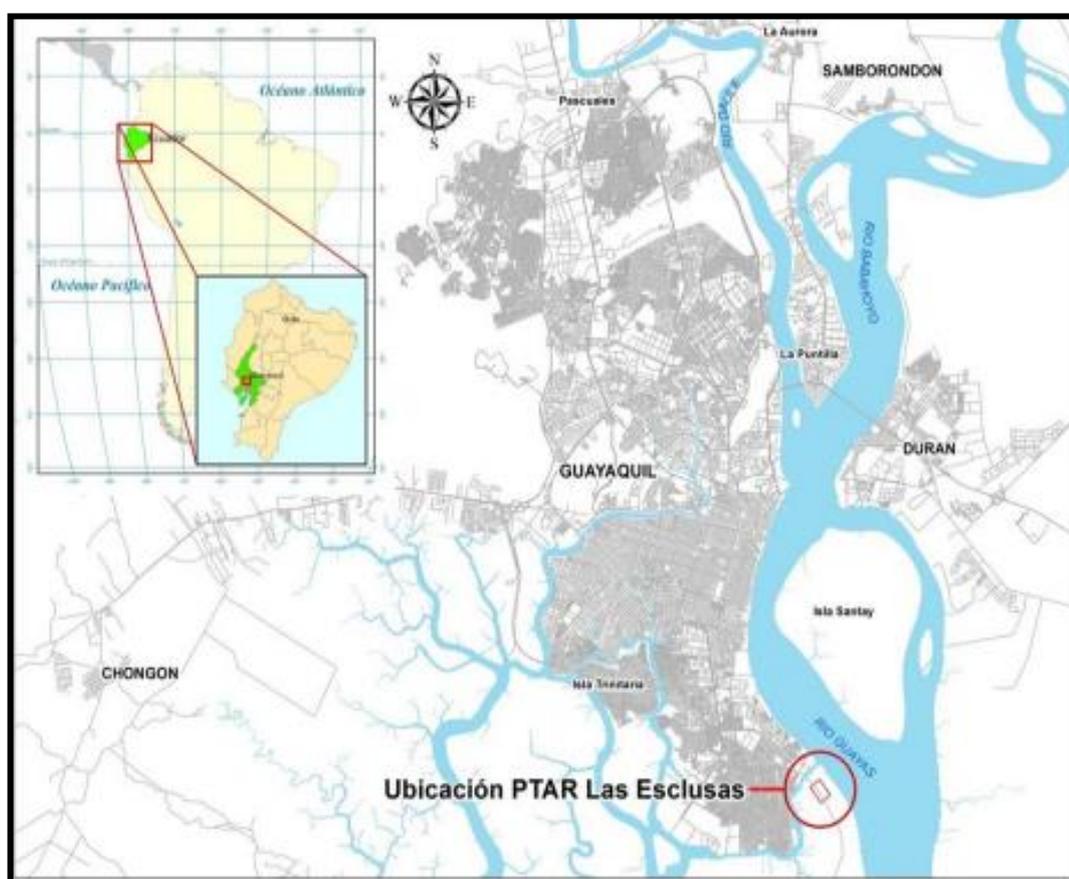


Ilustración 12 Localización geográfica del Proyecto

Fuente:(Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, EP “EMAPAG-EP”).

La ubicación geo-referenciada vía satelital de la planta de tratamiento de aguas residuales las Esclusas con sus respectivas coordenadas geográficas se presenta a continuación:

➤ **Coordenadas Geográficas:**

Latitud: 2° 15' 55,43" S

Longitud: 79°51'51,99" W

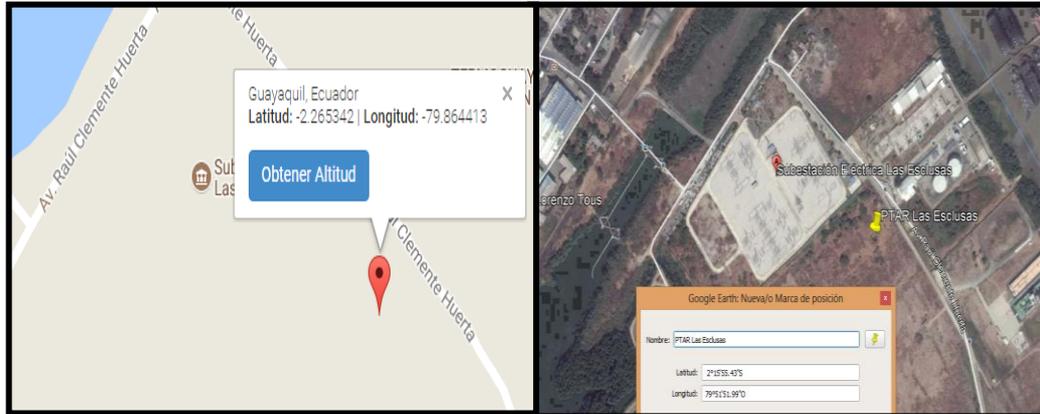


Ilustración 13 Ubicación geo-referenciada de la Planta de tratamiento Las Esclusas – Guayaquil en coordenadas geográficas.

Fuente: (<https://www.coordenadas-gps.com> y del programa Google Earth Pro).

➤ **Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator):**

Zona: 17 M

Coordenada Este: 626269,44 m E

Coordenada Norte: 9749554,62 m S

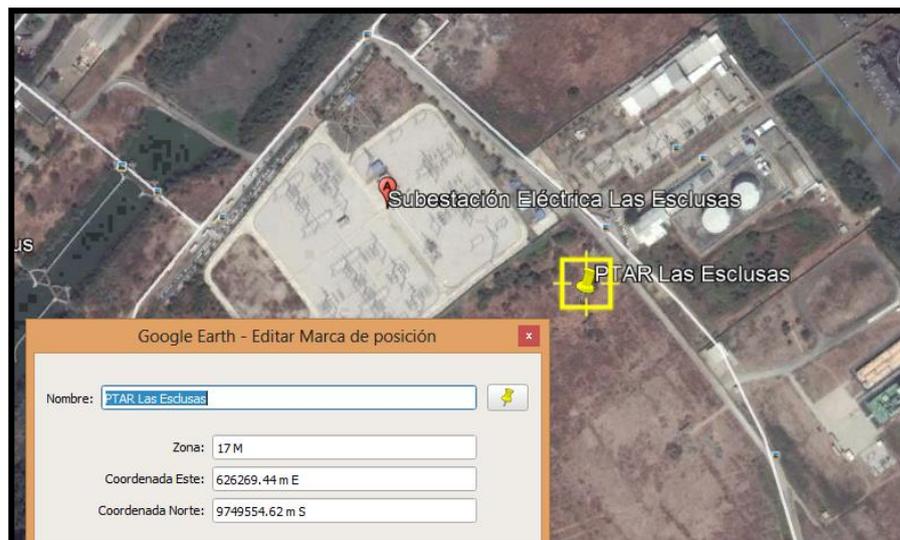


Ilustración 14 Ubicación satelital de la planta de tratamiento Las Esclusas en coordenadas UTM

Fuente: (Google Earth Pro)

Esta planta de tratamiento de aguas residuales Las Esclusas tiene internamente adecuado un campamento de obra en donde trabajan 200 personas de la empresa Hidalgo & Hidalgo S.A. y en unión a la empresa WABAG son los encargados de construir el proyecto, esos trabajadores permanecen casi perennemente en la obra es decir día y noche. Por tal razón, se optó por diseñar un sistema de planta piloto provisoria para tratar las aguas residuales domésticas generadas durante el tiempo de duración del proyecto. El fiscalizador de este proyecto es el consorcio WSP-Consulsísmica Sísmica Ing. Consultores Cía. Ltda.

El diseño del tratamiento de aguas residuales del campamento de obras Ptar- Las Esclusas estuvo a cargo de la empresa H & H Constructores S.A, y consistió en una alternativa que resultaba de bajo impacto ambiental.

Esta alternativa consta de un sistema de descontaminación de aguas residuales, formado por un tanque séptico anaeróbico (que posee una bomba sumergible autocebante, la cual obtenido un nivel específico en el tanque, envía el agua residual al siguiente el proceso), seguido por un proceso de dos lagunas (una totalmente cubierta de lechuga de agua y la otra parcialmente cubierta) en donde se procede posteriormente a la cosecha de esta planta acuática flotante teniendo un control constante de su reproducción y por último el agua residual se ve obligada a pasar por un filtro de piedra caliza (proceso que permite aumentar el nivel de pH, bajar los niveles de acidez provocando eliminar agentes patógenos existentes) que descarga en una Tercera Laguna en donde el agua almacenada tratada se usa para riego de áreas verdes de todo el campamento es decir se reutiliza el efluente, aunque cuando no proceden el riego de áreas verdes simplemente lo descargan por medio de un canal de 110 m de longitud al cuerpo receptor hídrico, en este caso el Estero Cobina.

3.1.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales del campamento de obras Ptar- Las Esclusas.

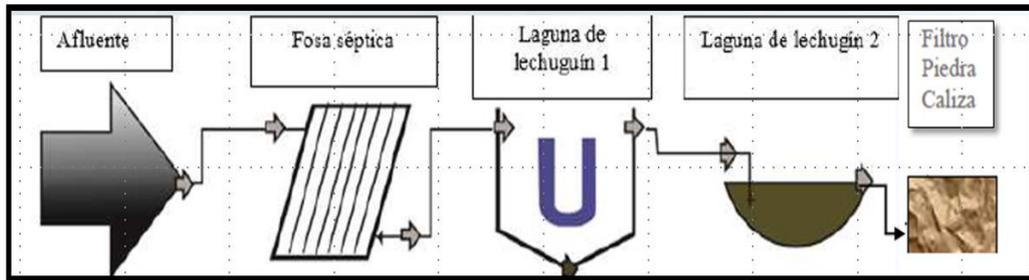


Ilustración 15 Sistema de tratamiento de ARR en el campamento Ptar- Las Esclusas descargando al Estero Cobina pasando por un filtro de piedra caliza.

Se ha mencionado que la construcción de este sistema de tratamiento de aguas residuales se lo ha hecho provisionalmente debido al campamento existente de los trabajadores que permanecen en la obra. Estas descargas de aguas residuales provenientes del uso humano tanto sanitario como de los residuos alimenticios generados, se captan en un pozo séptico anaeróbico, con trampa de grasa incluido y una bomba sumergible autocebante de 3 hp de capacidad, con un diámetro de 2 pulgadas bombeando un caudal de 180 litros/ minuto. El pozo séptico está conectado por medio de una manguera negra de PVC de diámetro 160mm y de longitud 2,60 m a una laguna cubierta totalmente de lechuga de agua en toda su superficie. La limpieza de lodo digerido almacenado en el tanque séptico anaeróbico se lo realiza con hidrocleaner (1 vez por año).

Las dimensiones efectivas del pozo séptico son:

$L= 15,0 \text{ m}; B= 2 \text{ m}; H=1,5 \text{ m}; \text{Volumen efectivo}= 45 \text{ m}^3$

$Q \text{ afluente} = \text{Población (flotante + fija Campamento)} * \text{Dotación de Agua} = 200 \text{ hab} * 200 \text{ l / hab} * \text{día} = 40 \text{ m}^3 / \text{día};$

$\text{Tiempo de retención} = 1,5 - 0,3 * \log (\text{pob} * \text{q}) =$

$1,5 - 0,3 * \log (200 * 200(0,8)) = 0,148 \text{ días} = 3,56 \text{ horas}$

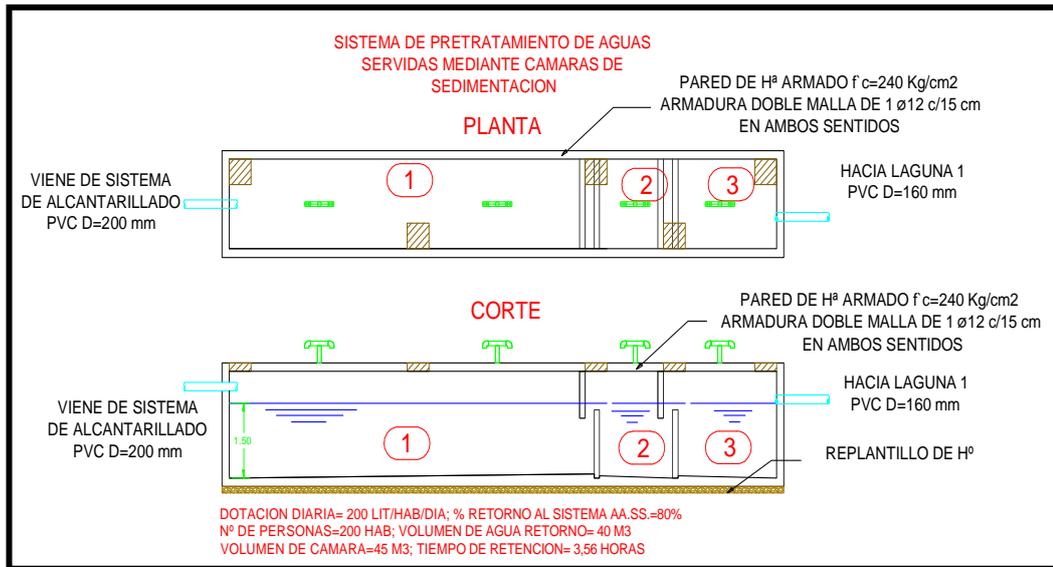


Ilustración 16 Vista en Planta y Corte del Tanque Séptico perteneciente al Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar- Las Esclusas.



Ilustración 17 Tanque Séptico al cual le llega el AARRDD cruda del campamento Ptar Las Esclusas.

El efluente del pozo séptico descarga en una laguna 1 cubierta totalmente en su superficie de lechuga de agua. Esta laguna 1 de geometría rectangular posee taludes en sus extremos de mayor altura para brindarle estabilidad.

Las dimensiones efectivas de esta laguna son:

L= 24,0 m; B= 7,0 m; H=1,0 m; Volumen efectivo= 168 m³

Q afluente = 40 m³ / día; Tiempo de retención= Volumen / Q= 4,20 días

Esta laguna 1 está conectada por medio de una tubería corrugada NOVAFORT de diámetro 200 mm y de longitud 3 m (colocada en el fondo de la superficie del terreno) a una segunda laguna parcialmente cubierta de lechuga de agua de menor profundidad en donde se asume que el agua descargada ya ha sufrido cierto porcentaje de remoción de contaminantes.

Las dimensiones efectivas de la segunda laguna son:

L= 26,5 m; B= 9,30 m; H=0,60 m; Volumen efectivo= 147,87 m³

Q afluente = 40 m³ / día; Tiempo de retención= 3,70 días

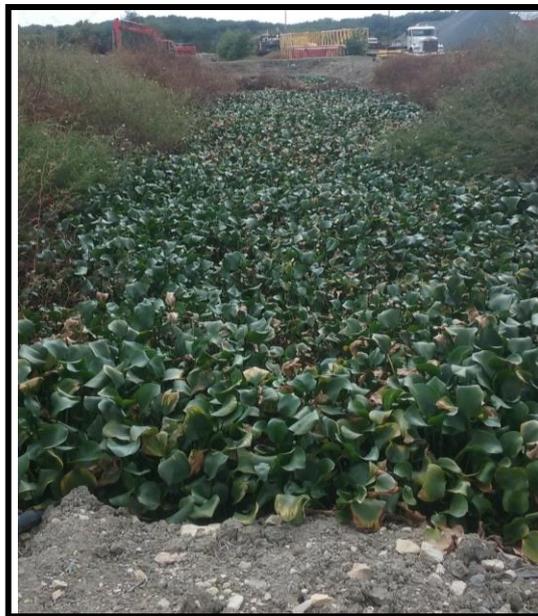


Ilustración 18 Laguna 1 de lechuga de agua como siguiente proceso del Tanque Séptico en el tratamiento del AARRDD del Campamento de Obra Las Esclusas.



Ilustración 19 Laguna 2 parcialmente cubierta de Lechuga de Agua que le procede del proceso de tratamiento de AARRDD de la Laguna 1.

El efluente de la segunda laguna atraviesa un filtro de piedra caliza (que sirve para eliminar agentes patógenos al aumentar los niveles de pH, y bajar la acidez del agua residual doméstica) por medio de una tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro y una longitud de 5,50 m.

El volumen superpuesto del filtro de piedra caliza es de 2,08 m³. Después del filtro de piedra caliza el efluente se descarga a una pequeña laguna cuyas dimensiones efectivas son:

$L = 5,50 \text{ m}$; $B = 5,50 \text{ m}$; $H = 0,45 \text{ m}$; Volumen efectivo = 13,61 m³

$Q \text{ afluente} = 40 \text{ m}^3 / \text{día}$; Tiempo de retención = 0,34 días = 8 horas.

Finalmente, el efluente para poder ser descargada al cuerpo receptor (Estero Cobina), se traslada por medio de un canal de 110 m de longitud que empieza con una profundidad de 0,50 m y en la disposición final termina con una profundidad de 1,70 m.



Ilustración 20 Filtro de piedra caliza en el cual el efluente se almacena en una laguna de maduración cuadrangular.



Ilustración 21 Canal de 110 m de longitud que conduce el agua tratada del sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas y finalmente se descarga al Estero Cobina.



Ilustración 22 Vista aérea de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Campamento Ptar- Las Esclusas en donde se puede observar el Tanque Séptico, la Laguna 1 de Lechuga de Agua en donde se refleja que se encuentra totalmente cubierta su superficie de esta planta y la Laguna 2 de Lechuga de Agua que se encuentra parcialmente cubierta.

En la Ilustración 22 se puede observar el sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas cuando sólo existía el tanque séptico y las dos lagunas de Lechuga de Agua, pero se encontró la necesidad de construir un sistema más completo para que el efluente tenga condiciones de calidad más eficientes. Es así que en abril del 2017 se inició la operación del sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas, que consiste en un Tanque Séptico con bomba sumergible autocebante, Laguna 1 de Lechuga de Agua cubierta totalmente en su superficie, Laguna 2 de Lechuga de Agua parcialmente cubierta en su superficie, Filtro de piedra caliza y una Tercera Laguna en donde llega el agua tratada que se usa para realizar el riego de las áreas verdes del Campamento por medio del uso de un tanquero. Estas descargas de agua tratada se reutilizan en gran volumen y el excedente se deriva al Estero Cobina.

La tercera laguna se llena en un día, pero este volumen dependerá directamente de la población del campamento ya que es variable porque los trabajadores siempre rotan.

Con respecto al riego se lo hace cada tres o cinco días dependiendo de la disponibilidad de la tercera laguna. El volumen que se usa para proceder a realizar el riego de áreas verdes es de 13,61 m³, es decir, el volumen de agua completo de la tercera laguna.

La velocidad en la que se reproducen las Lechugas de Agua es proporcional a la estación del año existente. Por ejemplo: en verano, la reproducción es más acelerada debido a que las temperaturas son más elevadas y en cambio en invierno se empiezan a marchitar pese a que las temperaturas tampoco disminuyen mucho entonces, de igual manera se reproducen pero a menor escala pero se maneja un procedimiento de mantenimiento del sistema de AARRDD del campamento en donde se tiene estipulado que en verano se realiza la cosecha de Lechuga de Agua en la Laguna 2 que está parcialmente cubierta, esta cosecha se hace cada tres a cinco días.

La función de que sólo permanezca parcialmente cubierta en su superficie la Laguna 2 es para que exista oxigenación y se produzca la fotosíntesis y puedan los rayos solares penetrar en la superficie. De ahí la importancia de que siempre permanezca parcialmente cubierta y es por ello necesario la cosecha ya que la Lechuga de Agua es considerada una plaga por su reproducción excesiva. El mantenimiento consiste en el desbroce de la maleza o monte de las áreas aledañas, después se sacan las Lechugas de Agua de mayor edad o las que se encuentren en mal estado y se las procede a colocar en los laterales de la laguna y se los deja secar una semana con los rayos solares y finalmente eso se usa como abono en las plantas, pero hay que recalcar que no se hace ningún compostaje.

En cambio, La laguna 1 siempre permanece llena, pero con el cambio de estación de verano a invierno se repusieron con Lechuga de Agua joven. Este proceso habitual se lo realiza cada seis meses es decir cada vez que surge el cambio de estación en la ciudad de Guayaquil. Cada vez que se realiza la cosecha se estima sólo un 10% de reposición de Lechuga de Agua.

En la laguna 2 se cosecha aproximadamente el 30 % de las Lechugas de Agua. A los 3 días se puede notar que la Lechuga de Agua ya se ha reproducido, por ello, es relevante tener un control exhaustivo en la reposición y cosecha de la Lechuga de Agua, por esa razón el control se lo hace diariamente de 3 a 5 veces diarias, para así mantener un caudal continuo y evitar el taponamiento de las tuberías producido por las propias raíces de la planta acuática flotante, y también para que no exista la presencia de algas para con ello poder conseguir efluentes de agua de mejor calidad.

La recolección de Lechuga de Agua para proceder a realizar la reposición de lo hace en el río Guayas o en Santa Lucía

El volumen característico de Lechuga de Agua es de aproximadamente 12500 cm³ es decir los que poseen de 5-7 botones.

CAPÍTULO IV

4. Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas instalada como planta piloto en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Básicamente el sistema de tratamiento de agua residual doméstica inicia con:

Una bomba de succión con un automático (funciona para que la bomba siempre esté succionando agua residual y no aire, y esto es debido a que la descarga no es constante y suele existir picos de caída en donde la alcantarilla se encuentre seca) instalada en la periferia de una alcantarilla que se encuentra detrás del Bar de la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil y que permite la recolección de descargas de AARRDD tanto de cocina como de baños.

Ese efluente se traslada mediante una manguera negra a una planta piloto ubicada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas

La planta piloto consta de 5 tanques, el primer tanque es homogeneizador (500 litros) el que almacena el AARRDD proveniente de la alcantarilla con el fin de asegurar un caudal siempre constante y continuo, mediante el uso de una segunda bomba de características peristálticas el cual regula un caudal mínimo ajustado a la planta piloto

El efluente del tanque homogeneizador se divide y se reparte a dos tanques subsiguientes de las mismas dimensiones, de los cuales uno posee Lechuga de Agua y el otro posee Lenteja de Agua cubriendo totalmente la superficie.

El efluente de los tanques de las dos plantas acuáticas flotantes de 500 litros se descarga en dos tanques de 250 litros de capacidad en donde también poseen cada uno, una planta acuática (Lechuga de Agua y Lenteja de Agua) pero cubriendo parcialmente la superficie.

El efluente final de los tanques de Lechuga de Agua y Lenteja de Agua parcialmente cubiertos se devuelve a la red de alcantarillado para que siga su flujo. (Ver Fotografías del proceso de construcción e instalación de la planta piloto en Anexos #2)



Ilustración 23 Vista aérea de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, en donde se reflejan los dos tipos de plantas acuáticas simulando que se encuentran en lagunas de oxidación totalmente y parcialmente cubiertas sus superficies de plantas acuáticas flotantes. Todo este sistema empieza con el primer tanque que es homogeneizador que almacena el AARRDD para que asegure un flujo constante y continuo.



Ilustración 24 Vista Lateral de la planta piloto

CAPÍTULO V

5. Metodología.

5.1. Toma de Muestras.

- Para la evaluación del sistema de tratamiento empleado para depurar las aguas residuales domésticas del campamento de obras Ptar Las Esclusas se han realizado muestreos en 4 puntos importantes:
 - En el afluente del Tanque Séptico (M1)
 - En el afluente de la Laguna 1 de Lechuga de Agua M2)
 - En el afluente del filtro de piedra caliza (M3)
 - En el afluente de una tercera laguna en la cual se almacena el agua tratada que se descarga directamente al Estero Cobina. (M4)

Para la toma de muestras respectivas se coordinaron las visitas con la empresa encargada de la construcción de la obra H&H Constructores S.A y pues teniendo la autorización se procedió a ir los siguientes días respectivos:

- Lunes 22 de enero del 2018 desde las 15:00- 16:30 p. m.
- Jueves 25 de enero del 2018 desde las 10:30 – 12:00 a. m.
- Viernes 9 de febrero del 2018 desde las 12:00 – 13:00 p. m.

El representante encargado de brindarnos el acceso al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del campamento de obra Ptar-Las Esclusas fue el Ingeniero Andrés Vera.

- Para la evaluación del sistema de tratamiento empleado para depurar las aguas residuales domésticas de la planta piloto instalada en la parte posterior de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se realizaron muestreos en 3 puntos importantes:

- En el efluente del Tanque Homogeneizador (M1)
- En el efluente del Tanque cubierto parcialmente de Lechuga de Agua. (M2)
- En el efluente del Tanque cubierto parcialmente de Lenteja de Agua (M3)

La toma de muestras se realizó el día sábado 24 de febrero del 2018.

Para poder conocer la producción de lenteja de agua en un sistema de tratamiento, en este caso, se analizará la cantidad de biomasa generada en 6 días en la planta piloto instalada en la UCSG.

Para ello, se procedió a recolectar lentejas de agua del tanque de la planta piloto por medio del uso de un cedazo de micro poros de metal con un mango rotatorio a 90° grados. Este cedazo tiene un área superficial de 0,207 metros cuadrados.

El día 3 de marzo del 2018 se recogió en esa superficie una cantidad de 60,28 gramos de lenteja de agua y el día 9 de marzo del 2018 se recogió una cantidad de 78,59 gramos, por ende, a los seis días se incrementó 18,31 gramos.

La producción de lenteja de agua es de 88,47 gramos /m² en seis días.

5.1.1. Materiales y equipos usados para la toma de las muestras en campo.

Los materiales y equipos que se trasladaron hasta el sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas y a la planta piloto instalada en la parte posterior de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil fueron:

- Implementos de seguridad: mandil, botas con punta de acero, guantes de plástico, mascarilla, además en la planta de tratamiento otorgaban el casco y el chaleco reflectivo

- Agua destilada, alcohol antiséptico.
- Hielera de espuma flex para preservar las temperaturas de las muestras.
- Hielo, cinta de papel para etiquetar cada una de las muestras.
- Envases antisépticos color ámbar de vidrio, envases de plástico antisépticos de polipropileno de 2000 ml, recipientes para muestras de orina con tapón de rosca de polipropileno, para introducir las muestras recolectadas.
- Equipo multi-parámetro HQ40d con 2 sondas (PHC301 y CDC401) el cual evalúa directamente el PH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura.

5.1.2. Ensayos realizados a las muestras previamente recolectadas.

➤ **DBO**

Para poder realizar este ensayo se debe garantizar las condiciones ambientales adecuadas (nutrientes como N y P) para el desarrollo bacterial existiendo durante todo el proceso de ensayo suficiente cantidad de oxígeno disuelto para ser usado por los microorganismos. Además, se necesita tener una población de organismos suficientes en cantidad y en variedad de especies, llamada “Cepa” o “semilla (cultivo heterogéneo de microorganismos aeróbicos que transforman la materia orgánica en CO₂ y H₂O)”, durante la realización del ensayo para degradar la materia orgánica. (Navarro, 2007)

- **Preservación de las Muestras:**

Las muestras previamente recolectadas fueron refrigeradas en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a 4°C hasta el momento de análisis. Una vez que se inició el ensayo de DBO₅ se pusieron las muestras a temperatura ambiente de 20°C - 25 °C.

Este tipo de ensayo se efectúa dentro de las 24 horas siguientes a la toma de las muestras.

- **Materiales y equipo para realizar el ensayo de DBO₅**

- 11 botellas color ámbar de 300 ml cada una. (Para 4 muestras)
- 3600 ml de agua destilada a 20°C
- Probeta de 1000 ml
- Equipo multiparámetro HQ40d con sonda LBOD10101 (sensor de oxígeno disuelto luminiscente (LDO) con sistema agitador integrado)
- Incubadora marca POL-EKO tipo ST 4+
- Balanza analítica de tres cifras decimales.
- Pipetas graduadas de 10 ml

- **Reactivos**

Se procede a preparar cuatro reactivos.

1. Solución Buffer de fosfato: Se disuelve 0,85 g de KH_2PO_4 , 2,175 g de K_2HPO_4 , 3,34 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, y 0,17 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 ml de agua ultra pura y diluya a 100 ml. El pH del buffer preparado debe ser 7,2 sin posteriores ajustes, permitiendo un intervalo entre 7.1 – 7.3 y verificar el pH de cada preparación. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descarte este reactivo. (Navarro, 2007)
2. Solución de Sulfato de Magnesio: Se disuelve 2,25 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua ultra pura y se diluye a 100 ml. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descarte este reactivo. (Navarro, 2007)
3. Solución de Cloruro de Calcio: Se disuelve 2,75 g de CaCl_2 en agua ultra pura y se diluye a 100 ml. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descarte este reactivo. (Navarro, 2007)
4. Solución de Cloruro de hierro (III): Se disuelve 0,025 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua ultra pura, y se diluye a 100 ml. Si se presenta alguna

señal de crecimiento biológico, descarte este reactivo. (Navarro, 2007)

- **Procedimiento:**

En los 3600 ml de agua destilada a 20°C procedo a verter 3,3 ml mediante una pipeta de 10 ml, cada una de las 4 soluciones de reactivos previamente preparados el día 22 de enero del 2018, controlando la descarga precisa de la pipeta por medio de un manipulador o pera de 3 vías. Las muestras recogidas deben estar en temperatura ambiente de 20-25°C. Las diluciones presentadas a continuación fueron consideradas para este tipo de agua residual doméstica en donde la cantidad de ml designadas serán de cada muestra respectiva indicada (M1, M2, M3 y M4), en el caso del Blanco 1 se lo llena hasta el borde del agua destilada mezclada con los 4 reactivos a $20 \pm 3^\circ\text{C}$ aireando esta mezcla por dos horas mínimo usando una bomba de acuario, en cambio para los Blancos 2 y 3 se los usa de control de semilla cuando ya se tiene estudiada el agua residual doméstica en este caso se le va a agregar agua cruda o sea la muestra m1 la cantidad específica de ml.



En sí, las 11 botellas deben estar diluidas hasta el borde con el agua destilada a $20 \pm 3^\circ\text{C}$ mezclada con los 4 reactivos y aireada, una vez se le haya adherido la muestra en ml correspondiente a cada una.

Listas las 11 botellas, enciendo el equipo multiparámetro HQ40d, coloco el sensor LBOD10101 en cada botella, enciendo el sensor durante 10 segundos dentro de cada botella y presionamos start para que nos de las lecturas.

Después las 11 botellas se las introdujo en la incubadora de DBO y se las retirará al quinto día para hallar DBO_5 a 20°C.

Se las procedió a retirar el día Lunes 29 de enero del 2018 las muestras recolectadas el 22 de enero del 2018 y el día Miércoles 31 de enero del 2018 se retiran las muestras recolectadas el 25 de enero del 2018.

Una vez retiradas las muestras se vuelve a analizar por medio del equipo multiparámetro HQ40d el oxígeno disuelto. Y finalmente se calcula el DBO por medio de una fórmula.

$$DBO_5, \frac{mg}{l} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Se usa esta fórmula cuando la dilución del agua no está con la semilla en donde;

D_1 = Oxígeno disuelto de la muestra inmediatamente diluido después de la preparación, mg/l

D_2 = Oxígeno disuelto de la muestra después de 5 días en la incubadora a 20 °C, mg/l

P = fracción volumétrica decimal de la muestra usada

$$P = \frac{\text{Volumen de la muestra de agua residual (ml)}}{\text{Volumen del frasco para DBO (ml)}}$$

➤ **DQO**

- **Preservación de las muestras**

Las muestras previamente recolectadas en botellas de plástico se mantienen refrigeradas hasta el momento de análisis cuyo tiempo máximo de vida útil será de 28 días. Además, las muestras con sólidos sedimentables en su composición deben de ser agitadas muy bien antes de su análisis para así homogenizar bien y obtener datos más representativos.

- **Materiales y equipo para realizar el ensayo de DQO:**

- Tubos para digestión (viales) de boro silicato con reactivo, 10x100mm con tapones de rosca.
- Pipetas volumétricas de 2, 5 a 10 ml clase A.
- Gradilla.
- Matraz de 100, y 500ml
- Tirillas de pH.
- Bulbo pipeteador
- Pipeta para agua destilada
- Botellas plásticas para muestras de 500ml
- Balanza Analítica, Termoreactor para DQO diseñado para mantener a una temperatura constante de análisis de 150°C.

- **Reactivos**

- Kit de viales con reactivos HACH en rango de 3 – 150 mg/L.
- Solución de ácido sulfúrico al 20%
- Solución Standard de Phthalato Hidrogenado de Potasio (KHP) de 500 mg/l.y de 30 mg/l
- Ácido sulfúrico concentrado 95-97%

- **Procedimiento**

Se empieza precalentando el digestor una hora antes de colocar las muestras hasta alcanzar los 150°C. Al igual que en el ensayo DBO₅ se realiza la preparación de blancos.

Es decir que para cada corrida del análisis se incluye: un blanco dentro del thermoreactor, un estándar de concentración conocida, un duplicado y las muestras. Al blanco, duplicado y al estándar se los trabaja dentro del rango de las muestras.

Una vez homogeneizadas las muestras durante 2 minutos, con una pipeta volumétrica se pipetea 2 ml de la muestra y se las procede a colocar en una de las cubetas que contienen el reactivo listo para el análisis teniendo en cuenta el rango requerido (20-1500mg/L.), después aplicar lo mismo para los controles de calidad. Se procede a agitar bien para mezclar los componentes dentro del tubo y secar el vial con papel o tela libre de pelusas para finalmente colocarlos en el thermoreactor para su análisis a 150°C por 120 minutos.

En las siguientes etapas se debe agarrar la cubeta solamente por la tapa rosca debido a su reacción exotérmica. Después se saca del termoreactor las cubetas calientes y se las coloca en el portacubetas para que se enfríen. Al cabo de 5 minutos se agita la cubeta por balanceo para enfriarla a temperatura ambiente y se debe volver a colocarlas en el portacubetas (tiempo de enfriamiento mínimo 30 minutos). Para obtener las lecturas se colocan los viales comenzando con el blanco para encerrar el equipo y luego los estándares y las muestras como lo describe el instructivo IE-1.6. El equipo es de lectura directa y emite los resultados en mg/L.

Notas sobre la medición: las cubetas deben estar limpias y libres de sustancias y ralladuras. Además, la formación de turbidez después de acabada la reacción (producto de muestras con bastante sedimento o cloruros altos) dan como resultados valores falsos, el valor de medición es estable dejando el vial durante un tiempo prolongado para su lectura.

➤ **pH, Conductividad, Sólidos Totales disueltos.**

- **Materiales y equipo para realizar el ensayo de pH :**
- Beaker de 50, 100, y 500 ml
- Pipeta para agua destilada
- Papel toalla

- Equipo multiparámetro HQ40d con sonda pH301, sonda CDC401

- **Procedimiento**

-Enjuagar los electrodos con agua destilada. Agitarlos para eliminar el agua y secarlos con papel absorbente.

-Colocar la muestra en un vaso de precipitación en cantidad suficiente (Aproximadamente 150 ml) de tal forma que los electrodos queden sumergidos en la muestra.

-Verificar que la temperatura de la muestra esté entre $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto es aplicable cuando el equipo no realice compensación automática de temperatura.

-Colocar el agitador magnético en la muestra y encender el equipo de agitación, para de esa manera asegurar la homogeneidad de la muestra.

-Colocar los electrodos en la muestra, de tal manera que queden sumergidos por arriba de la junta, y se presiona medir para comenzar la medición inmediatamente.

Hay que especificar que la sonda CDC401 nos dará como resultado el dato de Conductividad y de Sólidos Totales disueltos mientras que la sonda pH301 nos dará el pH y la temperatura en grados centígrados de la muestra.

-Una vez estabilizada la lectura, tomar los datos y anotarlos en el registro de hoja de trabajo.

-Se apaga el equipo de agitación magnética y se retira el agitador magnético.

Notas de seguridad en el ensayo: Luego de usar los electrodos se deben colocar dentro de un recipiente que contenga una solución de KCl de concentración 3M, además, de mantenerlos siempre limpios para que no exista ningún tipo de residuo antes de realizar cualquier medición.

➤ **Sólidos Suspendidos Totales**

- **Materiales y Equipo para realizar el ensayo de pH:**

- Cápsulas de porcelana debidamente enumeradas
- Probeta de 50 ml
- Filtros de fibra de vidrio (tiene dos caras una rugosa y otra lisa)
- Balanza Analítica
- Horno con termómetro.

- **Procedimiento**

- Se tienen previamente las muestras a analizar ambientadas de 20 °C - 25°C aproximadamente.
- Se coloca un filtro de fibra de vidrio (previamente pesadas en la balanza analítica) en cada cápsula enumerada
- Se agitan las muestras (m1, m2, m3 y m4) para homogenizarlas y las coloco en una probeta, filtrando de acuerdo a cada muestra 50 ml, 100ml, 100ml y 200 ml. Después cada filtro se los coloca en la máquina de filtración Millipore con la cara lisa por debajo y se vierten los 50 ml de las muestras.
- Una vez filtradas las muestras en la máquina, se sacan los filtros de fibra de vidrio con una pinza, se los coloca en las cápsulas respectivas llevándolas posteriormente al horno de 103°C - 105°C controlando la temperatura con un termómetro ubicado en la parte superior del horno durante 1 hora.
- Después de ese tiempo se sacan las cápsulas y se las procede a pesar una vez ambientadas y nuevamente se las ingresa en el horno durante una hora, y así sucesivamente hasta que el peso dé casi constante en todas las muestras.

La fórmula que se usa para el cálculo de los Sólidos Suspendidos Totales es la que se presenta a continuación:

$$SST \left(\frac{\text{mg de sólidos totales}}{L} \right) = \frac{(A - B) * 1000000}{\text{Volumen de muestra, ml}}$$

En donde:

A= Peso final del papel filtro en gramos.

B= Peso inicial del papel filtro en gramos.

➤ **Coliformes Fecales**

- **Materiales y equipo para realizar el ensayo de Coliformes Fecales:**

- Agua Destilada.
- Probeta de 1000 ml
- Agua Peptonada Bufferada Difco (500g)
- Envases de vidrio CORNING N° 1372
- Vaso de precipitación con escala triangular de 1000 ml.
- Fibras Millipore para filtración.
- Pipetas de 10 ml
- Incubadora
- Balanza Analítica
- Horno con termómetro.
- Olla de presión para esterilizar los envases.
- Reactivos Colorantes para tinción de Gram
- Cajas Petri con agar para métodos estándar.

- **Procedimiento**

- Se tienen previamente las muestras a analizar ambientadas de 20 °C - 25°C aproximadamente.
- Se pesa 20 gramos de Agua peptonada en la balanza analítica y se lo diluye con agua destilada en un vaso pequeño de precipitación hasta que no queden grumos en la mezcla.

- Se extiende la dilución preparada a 1000 ml con agua destilada y se procede a verter esta dilución en cada envase N° 1372 hasta el tope de la marca indicada.
- Estos envases llenos de la dilución se los ingresa en la olla de presión y se los esteriliza hasta que salga vapor y así sucesivamente con todos los envases.
- Previamente esterilizadas las pipetas se procede a designar las respectivas diluciones por cada muestra. En este caso para M1 con dilución de 10^6 , M2 con dilución de 10^6 , M3 con dilución de 10^4 y M4 con dilución de 10^3 .
- Se enciende el equipo de filtración con el mechero y esterilizan los demás utensilios necesarios, después se marca cada caja Petri con la fecha de la muestra a analizar.
- Una vez esterilizadas las diluciones de agua peptonada se las saca de la olla de presión y se las deja al ambiente para que ocurra un choque térmico y se eliminen agentes patógenos. Cuando ya estén las diluciones ambientadas se procede a verter 10 ml de cada muestra (previamente agitadas) en análisis Y se espera de la primera mezcla hecha de dilución y muestra 5 minutos. Después se continúa diluyendo la mezcla anterior con la dilución posterior hasta que se cumpla lo indicado anteriormente con cada respectiva muestra o sea si es con dilución de 10^6 , pues la mezcla debe diluirse los 10 ml en 6 frascos de dilución esterilizadas y así sucesivamente.
- Después se filtran las 4 diluciones hasta el término indicado y esa Millipore se la coloca en las cajas Petri con el reactivo de coloración.
- Las cajas Petri se las coloca en la incubadora y se las deja 24 horas hasta obtener los resultados y poder contar cada uno de los puntos que aparezcan. Esos puntos representan las unidades formadoras de colonias.

CAPÍTULO VI

6. Análisis e Interpretación de Resultados.

6.1. Resultados del Análisis de los Parámetros

DATOS DE MUESTREO SIMPLE						
Cód. de muestra:	P-001-01					
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil					
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas					
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Tanque Séptico					
Fecha de recepción:	22 de enero de 2018					
Hora muestreo:	15:27					
Responsable del muestreo:	Biólogo Edison Alvarado					
Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo		
pH		6,75	6 - 9	Medición Directa	-	Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	32,40		Medición Directa	-	Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1491,00		Medición Directa	-	Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	744,00		Medición Directa	-	Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	380,00		2540-D - Secado 103 -105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
Sólidos Sedimentables	ml/l	2,10		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).		
DBO₅	mg O ₂ /l	408,60		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)		
DQO	mg O ₂ /l	885,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro		
Coliformes Fecales	UFC/ 100ml	28 X 10 ⁶	Remoción >99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales		
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).						
Observaciones: Para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.						

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-002-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de la Laguna 1 de Lechuga de Agua
Fecha de recepción:	22 de enero de 2018
Hora muestreo:	16:08
Responsable del muestreo:	Biólogo Edison Alvarado

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,02	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	28,10		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1480,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	693,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	250,00		2540-D - Secado 103 -105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,30		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	101,85		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	384,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/ 100ml	1 X 10 ⁶	Remoción >99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-003-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Filtro de Piedra Caliza
Fecha de recepción:	22 de enero de 2018
Hora muestreo:	15:42
Responsable del muestreo:	Biólogo Edison Alvarado

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,91	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	32,70		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1399,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	597,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	120,00		2540-D - Secado 103 - 105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,00		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO ₅	mg O ₂ /l	39,42		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	162,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/ 100ml	10 X 10 ⁴	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-004-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de una tercera laguna en la cual se almacena el agua tratada que se descarga directamente al Estero Cobina.
Fecha de recepción:	22 de enero de 2018
Hora muestreo:	15:47
Responsable del muestreo:	Biólogo Edison Alvarado

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,79	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	32,40		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1393,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	598,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	75,00		2540-D - Secado 103 -105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,60		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	22,40		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	120,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	61 X10 ^{^3}	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-005-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Tanque Séptico
Fecha de recepción:	25 de enero de 2018
Hora muestreo:	10:44
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,19	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	30,10		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1457,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	658,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	107,14		2540-D - Secado 103-105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,00		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	348,60		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	680,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	58 X 10 ⁶	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-006-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de la Laguna 1 de Lechuga de Agua
Fecha de recepción:	25 de enero de 2018
Hora muestreo:	11:00
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa.

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		6,92	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	27,80		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1467,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	686,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	8,00		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO ₅	mg O ₂ /l	115,35		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	659,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2 X10 [^] 6	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-007-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Filtro de Piedra Caliza
Fecha de recepción:	25 de enero de 2018
Hora muestreo:	11:15
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,60	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	30,20		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1365,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	610,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,70		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO ₅	mg O ₂ /l	32,28		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	521,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2 X10 ⁴	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-008-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de una tercera laguna en la cual se almacena el agua tratada que se descarga directamente al Estero Cobina.
Fecha de recepción:	25 de enero de 2018
Hora muestreo:	11:24
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,49	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	30,10		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1356,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	604,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	88,89		2540-D - Secado 103 -105 ° C Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,40		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	34,85		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	229,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2 X 10 ³	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-009-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Tanque Séptico
Fecha de recepción:	9 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:25
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,13	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	28,70		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1269,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	584,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	3,00		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO ₅	mg O ₂ /l	437,00		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	1000,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	53 X 10 ^ 6	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-010-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de la Laguna 1 de Lechuga de Agua
Fecha de recepción:	9 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:40
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		6,80	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,90		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1429,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	684,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	4,00		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF). 5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DBO ₅	mg O ₂ /l	73,95		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
DQO	mg O ₂ /l	369,00		Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales
Coliformes Fecales	UFC/100ml	2 X 10 ^ 6	Remoción > 99.9 %	

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-011-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente del Filtro de Piedra Caliza
Fecha de recepción:	9 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:56
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,01	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,40		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1333,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	644,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,10		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	32,04		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	127,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9 X 10 ^ 4	Remoci ón> 99.9 %	Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-012-01
Zona :	Sur de la Ciudad de Guayaquil
Lugar de Muestreo:	Sistema de Tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas
Punto e Identificación de la Muestra:	En el afluente de una tercera laguna en la cual se almacena el agua tratada que se descarga directamente al Estero Cobina.
Fecha de recepción:	9 de febrero de 2018
Hora muestreo:	13:01
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,14	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,30		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	1424,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	689,00		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,10		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l	22,00		5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	110,00		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	136 X10 [^] 3	Remoción> 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-013-01
Dirección:	Av. Carlos Julio Arosemena Km. 1 (1/2), Vía Daule
Lugar de Muestreo:	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas instalada como planta piloto en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Punto e Identificación de la Muestra:	En el efluente del Tanque Homogeneizador
Fecha de recepción:	24 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:03
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		6,99	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,1		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	354		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	167,9		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Salinidad	‰	0,17		2540-F - Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF). 5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DBO ₅	mg O ₂ /l			5220C - Método de Reflujo Cerrado
DQO	mg O ₂ /l	35		Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	42 X 10 ⁴	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-014-01
Dirección:	Av. Carlos Julio Arosemena Km. 1 (1/2), Vía Daule
Lugar de Muestreo:	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas instalada como planta piloto en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Punto e Identificación de la Muestra:	En el efluente del Tanque con Lechuga de Agua parcialmente cubierta
Fecha de recepción:	24 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:08
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		6,75	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,9		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	371		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	172,8		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Salinidad	°/oo	0,17		2540-F - Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO ₅	mg O ₂ /l			5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	39		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	21 X 10 ³	Remoción > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

DATOS DE MUESTREO SIMPLE

Cód. de muestra:	P-015-01
Dirección:	Av. Carlos Julio Arosemena Km. 1 (1/2), Vía Daule
Lugar de Muestreo:	Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas instalada como planta piloto en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Punto e Identificación de la Muestra:	En el efluente del Tanque con Lenteja de Agua parcialmente cubierta
Fecha de recepción:	24 de febrero de 2018
Hora muestreo:	12:11
Responsable del muestreo:	Srta. Liz Santacruz Figueroa

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite	Técnica de Muestreo
pH		7,30	6 - 9	Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Temperatura	°C.	26,7		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Conductividad	uS/cm	136		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	62,5		Medición Directa - Equipo HQ40d Hach
Salinidad	‰	0,06		2540-F -Standard Methods Ed. No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).
DBO₅	mg O ₂ /l			5210 B - Método del Electrodo LBOD101 (Equipo HQ40d Hach)
DQO	mg O ₂ /l	38		5220C - Método de Reflujo Cerrado Espectrofotómetro
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1 X 10 ³	Remoción n > 99.9 %	Técnica de Filtración de Membrana - m-FC Medio para Coliformes Fecales

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar. Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones: La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

6.2. Interpretación de Resultados

Para una debida interpretación de los resultados se procedió a elaborar gráficas de barras para poder comparar los parámetros analizados.

6.2.1. Comparación de Resultados de las Muestras.

➤ Sólidos Suspendidos Totales “SST”.



Gráfico 1 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 22-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

Gráfico 2 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 25-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

Se puede apreciar gran remoción en las muestras tomadas el 22-01-18 que fueron recogidas a las 15:30 p. m., como se representa en el gráfico 1, en donde se refleja la eficiencia del sistema de tratamiento en una hora considerada de baja demanda, demostrando que en el agua cruda, los SST ingresan con una cantidad de 380 mg/l que atravesando la serie de procesos de tratamiento especificados como el tanque séptico, la laguna 1 y 2 de plantas acuáticas (lechuga de agua) y el filtro de piedra de caliza sale con un efluente de descarga de 75 mg /l y al compararlo con la norma TULSMA, este valor se considera aceptable ya que está por debajo del límite máximo permisible de 130 mg/l. Obteniendo así un porcentaje de eficiencia del sistema del 80,26% entre el afluente del Tanque Séptico y el afluente de la tercera laguna.

Por el contrario, las muestras del 25-01-18 del gráfico 2 fueron recogidas a las 11:00 a. m., hora que se considera de alta demanda porque existe más descarga de AARRDD de las personas del campamento (con respecto al uso de la cocina y baños), por lo que en el análisis de SST se refleja una eficiencia del sistema de tratamiento del 17,04 % hallado de la diferencia de la cantidad de SST entre el afluente del tanque séptico con un valor de entrada de 107,14 mg/l y el afluente de la tercera laguna con un valor de descarga de 88,89 mg/l en lo que se puede concluir que éste también, es un valor que se encuentra por debajo de límite máximo permisible de la norma TULSMA que es de 130 mg/l.



Gráfico 3 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz

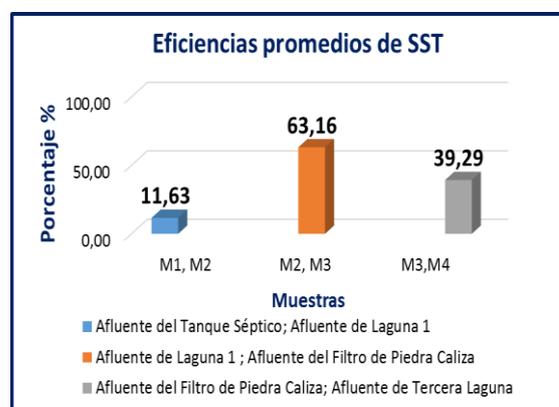


Gráfico 4 Eficiencia promedio de Sólidos Suspendidos Totales de las muestras del 22-01-18 y 09-02-18.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 3 se puede apreciar la variación del parámetro de Sólidos Suspendidos Totales en el cual inicia con un valor de 50 mg/l en el afluente del tanque séptico y aumenta a 130 mg/l en el afluente de la laguna 1 y disminuye a 20 mg/l en el afluente del filtro de piedra caliza para finalmente descargar con un valor de 10 mg/l que al compararlo con la norma TULSMA en donde el límite máximo permisible es de 130 mg /l cumple satisfactoriamente. En esta muestra tomada el 9 de febrero del 2018 se tiene que mencionar que el agua residual doméstica estaba mezclada con aguas lluvias debido a la estación climática en Guayaquil.

En el gráfico 4 se pueden observar las eficiencias promedio del sistema de tratamiento de agua residual doméstica del campamento Ptar-Las Esclusas con respecto al parámetro en consideración, que se trata de los Sólidos Suspendidos Totales con respecto a las cuatro muestras previamente analizadas. Por ende, hay una eficiencia promedio general del sistema desde el agua cruda hasta el agua tratada. Se debe acotar que el porcentaje máximo de 63,16 % se lo tuvo desde el afluente de la laguna 1 y el afluente del filtro de piedra caliza.

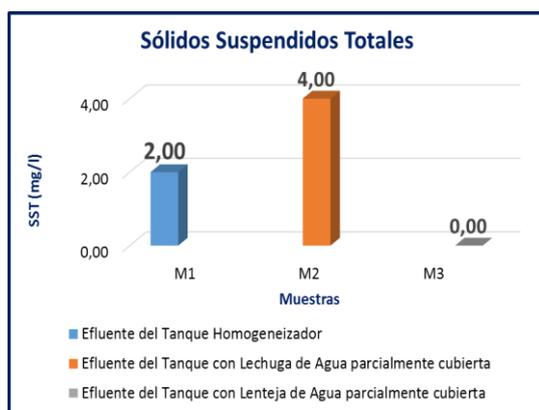


Gráfico 5 Comparación de Resultados Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

Gráfico 6 Eficiencia promedio de los Suspendidos Totales de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 5 se tomaron 3 muestras, las más importantes para el análisis que fueron en el efluente del Tanque homogeneizador y en los efluentes de los tanques con Lechuga y Lenteja de Agua. Es así, que en la M1 se tiene 2,00 mg/l y aumenta en la M2 a 4,00 mg /l en el efluente del tanque de Lechuga de Agua y en cambio en el efluente del tanque con Lenteja de Agua se disminuye a 0,00 mg/l.

En el gráfico 6 se observan las eficiencias en comparación desde el Tanque Homogeneizador y el Tanque de Lechuga de Agua con -50% es decir que no hubo remoción ese proceso sino más bien hubo un incremento doble de SST, en cambio del Tanque Homogeneizador al Tanque de Lenteja de Agua hubo una remoción del 100% ya que al final la descarga era del 0,00 mg/l.

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO”.

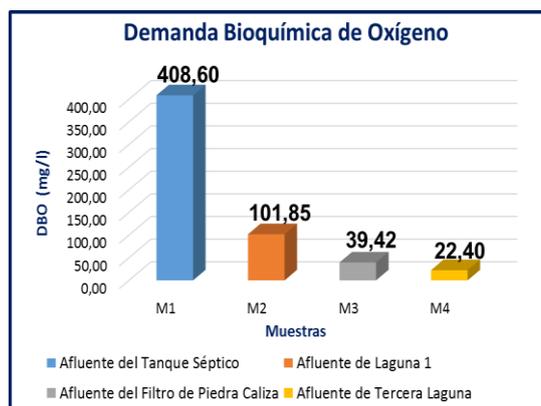


Gráfico 7 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 22-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

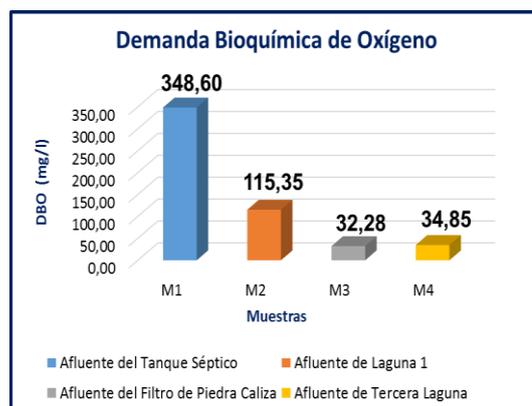


Gráfico 8 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 25-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 7 y 8 se muestran los niveles de DBO en cada proceso del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas. Es así que, en el gráfico 7 se puede notar que ingresa al afluente del Tanque Séptico con un valor de DBO de 408,60 mg/l y conforme avanza el sistema se va removiendo en mayor proporción hasta que en el Afluente la tercera laguna ya descarga 22,40 mg/l y que según la Norma TULSMA, el límite máximo permisible es de 100 mg/l, por ende, el valor de descarga es aceptable. Además, debe mencionarse que las muestras se recogieron a las 15:30 p.m. Así se tiene un porcentaje de eficiencia del sistema de entrada y salida de 94,52 %.

Por otro lado, en el gráfico 8 se observa que en el afluente del tanque séptico ingresa con un valor de DBO de 348,60 mg/l y asimismo disminuye conforme pasa el sistema, descargando un valor de DBO de 34,85 mg/l, obteniendo una eficiencia del sistema del 90%. Estas muestras del 25-01-18 fueron recolectadas a las 11:00 a. m, y el valor de descarga de DBO al compararlo con la norma cumple por debajo del límite permisible de 100 mg/l.

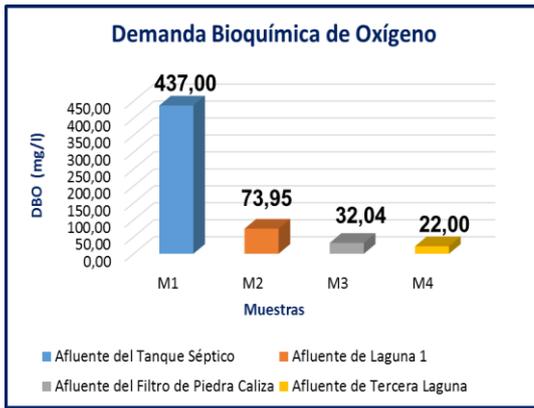


Gráfico 9 Comparación de Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz

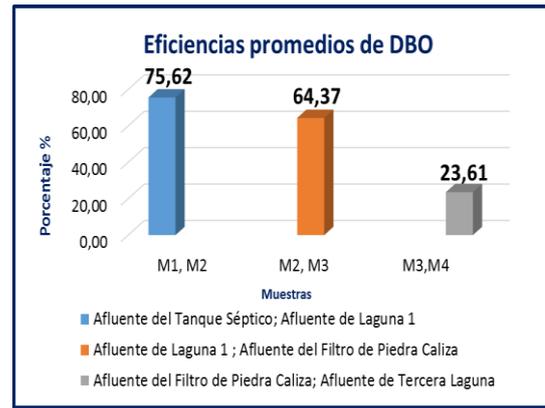


Gráfico 10 Eficiencias promedios de DBO de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz.

En el gráfico 9 se ilustra una diferencia de remoción entre M1 y M2 del 09-02-18 comparándolas con las muestras del 22-01-18 y del 25-01-18, se puede notar que en este muestreo hay mayor porcentaje de remoción entre el afluente del tanque séptico y el afluente de la laguna 1 alrededor del 87% de eficiencia, pero cuando sigue la secuencia del sistema de tratamiento hasta la descarga se regulan los valores obteniendo así en el afluente de la tercera laguna un valor 22 mg/l de DBO, valor muy semejante a los muestreos anteriores.

En el gráfico 10 se observan tres eficiencias promedios de la comparación entre procesos sucesivos del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas.

Entre las muestras M1 y M2 se refleja una eficiencia promedio del 75,62%, es decir que la función del Tanque Séptico se puede declarar como satisfactorio. Entre las muestras M2 y M3 se observa una eficiencia promedio de 64,37 %, es decir que las lagunas de Lechuga de Agua también poseen gran capacidad de remoción de DBO con respecto a un AARRDD. Y finalmente, se observa la eficiencia promedio en las muestras M3 y M4 que es del 23,61 %, en el cual el agua residual atraviesa el filtro de piedra caliza y se dispone en su última etapa al Estero Cobina.

Nota: Los valores de DBO en el afluente del Tanque Séptico son resultados de laboratorio que salen un poco elevados ya que según la literatura en libros (es decir, el porcentaje de remoción de DBO en un tanque séptico es de 25%-35%) con respecto a este proceso de tratamiento, pero esta investigación se centra en la eficiencia de remoción de las lagunas de oxidación de plantas acuáticas en este caso la Lechuga de Agua, pese a que se obtienen valores del 75% de eficiencia en la muestra del 22-01-18 en el Tanque Séptico, 67% de eficiencia de remoción en la muestra del 25-01-18 y un valor del 83% de eficiencia de remoción en la muestra del 09-02-18 en el Tanque Séptico, se deberían realizar más muestreos para su comprobación.

Además, se debe mencionar que existen informes de ensayos de análisis de calidad de aguas residuales en la Planta de Tratamiento Las Esclusas que se realizan cada 4 meses como control de calidad con respecto a la norma TULSMA. Estos análisis se realizaron el 29 de septiembre del 2017 a las 11:40:00 a. m. y el 24 de enero del 2018 a las 14:00:00 p. m., con un Muestreo Simple a cargo del laboratorio ELICROM Cía. Ltda (Estos resultados se pueden observar en el Anexo 7).

En el informe de la fecha del 29 de septiembre del 2017 se puede comprobar que se descarga un valor de DBO de 27 mg/l y sin embargo en el informe del 24 de enero del 2018 se puede notar un valor de descarga de DBO de 57,96 mg/l, por ende, es satisfactorio con respecto a la norma TULSMA ya que se encuentra por debajo del límite permisible mencionado anteriormente.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) en el punto de descarga M4			
Laboratorio de Aguas (UCSG) (22-01-18; 25-01-18; 09-02-18)	Laboratorio ELICROM (29-09-17 ; 24-01-18)	Norma TULSMA "Límite Máximo Permisible"	
22,4	27	100	SÍ CUMPLE
34,85	57,96	100	SÍ CUMPLE
22		100	SÍ CUMPLE

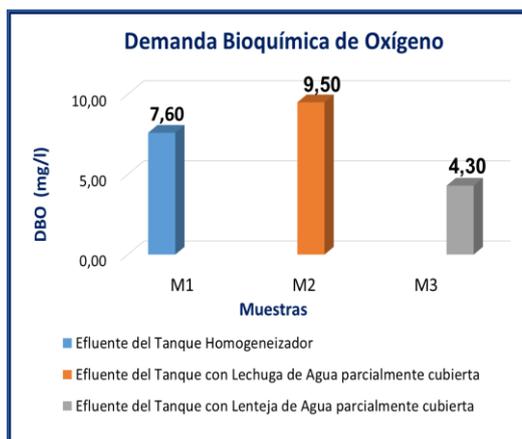


Gráfico 11 Comparación de Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

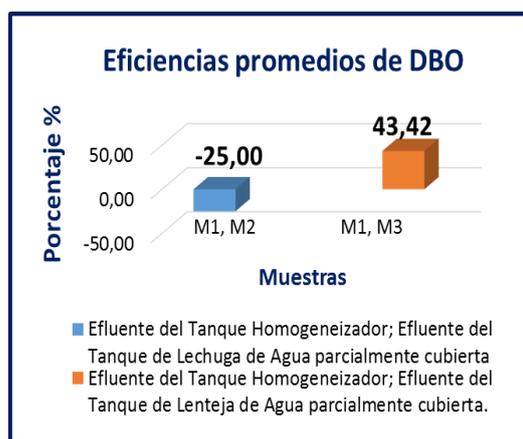


Gráfico 12 Eficiencias promedios de DBO de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 11 se observa la variación del DBO en las muestras tomadas en la planta piloto el día 24 de febrero del 2018 en cual se aprecia un valor de 7,60 mg/l en el efluente del Tanque Homogeneizador y aumenta a un valor de 9,50 mg/l en el efluente del Tanque con Lechuga de Agua y después disminuye desde el Tanque Homogeneizador al efluente del Tanque de Lenteja de Agua con un valor de 4,30 mg/l.

Por ello se observa en el gráfico 12 una eficiencia de remoción de M1 a M2 del -25,00% es decir que las Lechugas de Agua no procedieron a realizar una eficiente remoción en ese proceso mientras que las Lentejas de Agua lograron un 43,42 % de eficiencia de remoción en el tratamiento. Al ser una planta piloto, cumple satisfactoriamente los límites máximos permisibles de la norma TULSMA.

➤ **Demanda Química de Oxígeno “DQO”.**

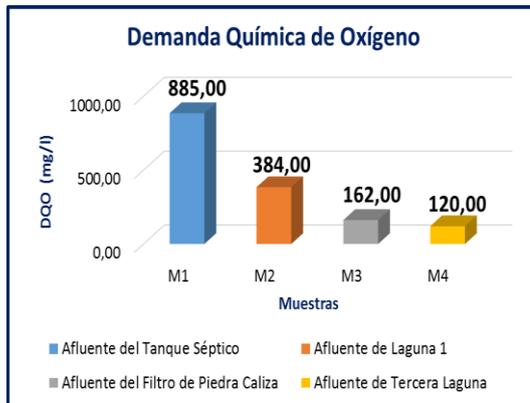


Gráfico 13 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 22-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

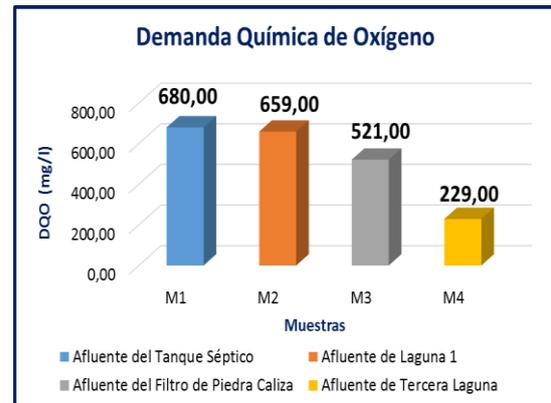


Gráfico 14 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 25-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

Al observar el gráfico 13 se puede mencionar, que en el afluente del Tanque Séptico se midió un valor de DQO de 885 mg/l y conforme atraviesa el sistema de tratamiento de AARRDD llega al afluente de la tercera laguna con un valor de DQO de 120 mg /l. Esto quiere decir que el sistema posee una eficiencia de 86,44 % y comparándolo con la Norma TULSMA siendo el límite máximo permisible de 200 mg/l en la descarga a un cuerpo de agua dulce, el valor de 120 mg/l se encuentra por debajo del límite, y por tanto, es aceptable.

Además, en los informes de análisis del 29-09-17 y del 24-01.18 realizados por el Laboratorio ELICROM se observa que obtuvieron como resultado de descarga a un cuerpo de agua dulce en el parámetro de DQO de 177 mg/l y de 98 mg/l respectivamente, por ende, también son aceptables con respecto a la norma. (Ver Anexo 7)

Por otro lado, en el gráfico 14 se observa un valor de DQO de 680 mg/l en el afluente del Tanque Séptico, pero conforme pasa por los procesos de tratamiento del sistema queda finalmente un valor de DQO de 229 mg/l, y que al compararlo con la norma TULSMA, en donde el límite máximo permisible es de 200 mg/l, se deduce que no cumple por una mínima cantidad.

Esta variación en el valor de DQO se debe a las diversas horas en donde se tomó cada uno de los muestreos, por ende, la poca demanda de uso afecta los parámetros.

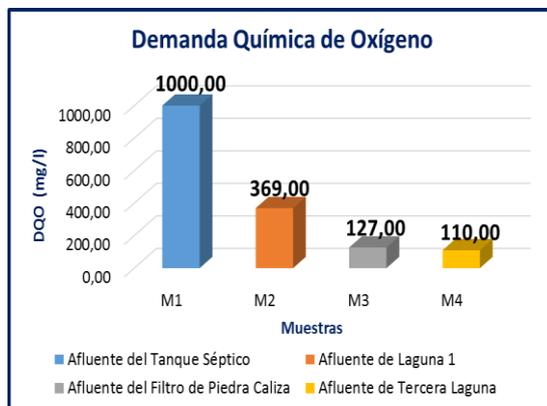


Gráfico 15 Comparación de Resultados de Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz.

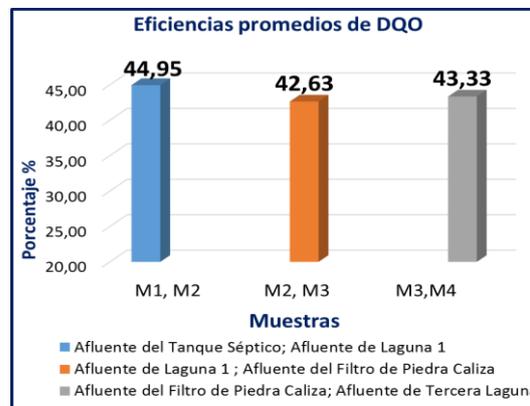


Gráfico 16 Eficiencias promedios de DQO de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz.

En el gráfico 15 se puede notar un valor bastante alto en el afluente del tanque séptico de 1000 mg/l para ser un AARDD, es por ello que este valor se considera como interferido por factores que afectaron la muestra el día del 09-02-18 como por ejemplo la hora en que fueron recogidas las muestras era una hora de alta demanda, es decir el caudal era mayor y quizá se afectó por la mezcla con material particulado ajeno a la muestra real. Pero lo óptimo del análisis de este ensayo es que conforme sigue la secuencia del sistema de tratamiento si se puede obtener un gran porcentaje de remoción, y es así que en el afluente de la tercera laguna se obtiene un valor de descarga de 110 mg /l de DQO que al compararlo con la norma TULSMA de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce se encuentra por debajo del límite máximo permisible que es de 200 mg /l, por ende, se concluye que es un valor óptimo. Aunque hay que recalcar que este muestreo fue realizado en época de invierno en donde han intervenido variadas precipitaciones en el flujo del agua residual tratada en este sistema, pero para ello se han efectuado dos ensayos previamente para así poder tener más certeza en los datos.

Nota: Los valores de DQO en el afluente del Tanque Séptico son resultados de laboratorio que dieron un poco elevados para un agua residual doméstica, para ello deberían realizarse más muestreos para poder deducir el factor que hace que estos valores iniciales se encuentren elevados, como por ejemplo un 43,39 % de eficiencia de remoción para la muestra del 22-01-18 y un 63,1 % de eficiencia de remoción para la muestra del 09-02-18, aunque el objetivo de esta investigación es hallar la eficiencia de remoción de las lagunas de oxidación con Lechuga de Agua.

Se observa en el gráfico 16 las eficiencias promedios de DQO de las cuatro muestras en los lugares indicados característicos del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas de específicamente tres muestreos realizados en las fechas de 22-01-18, 25-01-18 y por último un tercer muestreo el 09-02-18 para así tener resultados más confiables. Es así que, en las muestras M1 y M2 se tiene una eficiencia promedio de 44,95% en donde el Tanque Séptico posee casi la mitad de remoción de este parámetro. Al igual sucede con la eficiencia de las muestras M2 y M3 en donde se tiene 42,63% que también es aproximadamente la mitad de remoción en las lagunas de Lechuga de Agua, y finalmente en las muestras M3 y M4 se tiene una eficiencia promedio de 43,33 % que obviamente ha mantenido su porcentaje de remoción de DQO en el efluente que descarga al Estero Cobina, es decir estos porcentajes de eficiencias prácticamente se han mantenido constantes en los diferentes procesos del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas.

Demanda Química de Oxígeno (mg/l) en el punto de descarga M4			
Laboratorio de Aguas (UCSG) (22-01-18; 25-01-18; 09-02-18)	Laboratorio ELICROM (29-09-17 ; 24-01-18)	Norma TULSMA "Límite Máximo Permisible"	
120	177	200	SÍ CUMPLE
229	98	200	NO CUMPLE EL VALOR DE 229
110		200	SÍ CUMPLE

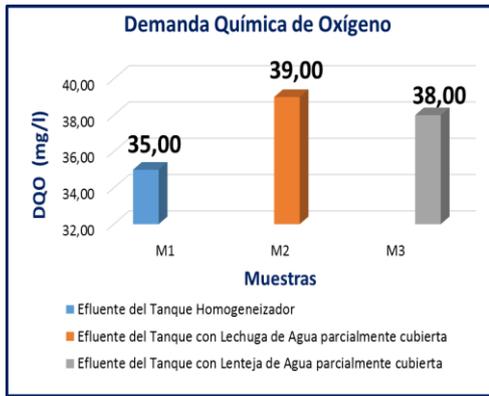


Gráfico 17 Comparación de Resultados Demanda Química de Oxígeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

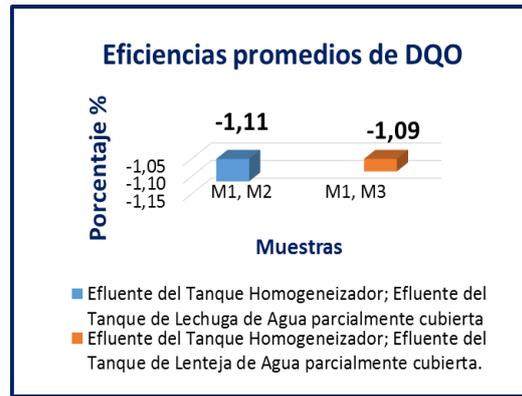


Gráfico 18 Eficiencias promedios de DQO de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 17 se observa la variación de la Demanda Química de Oxígeno del efluente del Tanque Homogeneizador con un valor de 35 mg/l y en el efluente del Tanque con Lechuga de Agua con un valor de 39 mg/l es decir que hubo un incremento, y finalmente un valor de 38 mg /l en el efluente del Tanque con Lenteja de Agua.

Con respecto a las eficiencias promedios del sistema, en el gráfico 18 se puede apreciar el porcentaje desde el efluente del Tanque Homogeneizador “M1” al efluente del Tanque con Lechuga de Agua “M2” con un valor de -1,11 % , esto quiere decir que no hubo remoción sino un incremento de 1,11 % con respecto al efluente del Tanque Homogeneizador, y con respecto a las muestras desde el efluente del Tanque Homogeneizador “M1” al efluente del Tanque con Lenteja de Agua “M3” también hubo un incremento del 1,09% de DQO, pero finalmente así no haya existido remoción de este parámetro no significa que sea un efecto adverso ya que se debe verificar con la norma técnica reguladora de las aguas residuales domésticas asumiendo la descarga a un cuerpo de agua dulce (debido a que es un modelo que funciona como planta piloto) y al comparar los resultados se tiene que sí cumple con los límites máximos permisibles de la norma TULSMA.

➤ **Potencial de Hidrógeno “pH”**

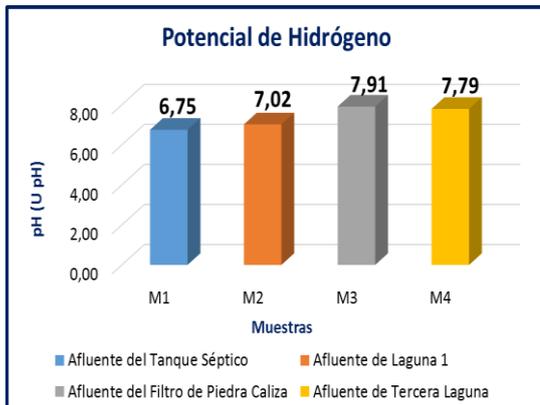


Gráfico 19 Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 22-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

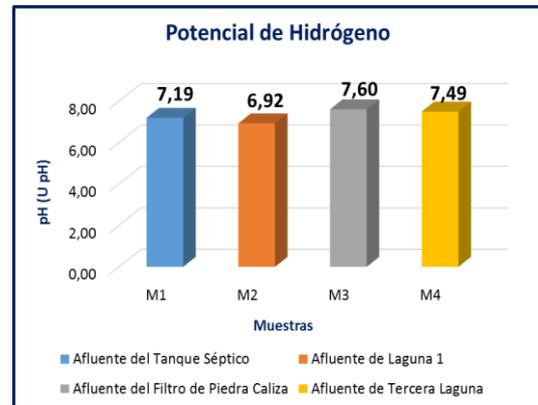


Gráfico 20 Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 25-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

En la gráfica 19 se puede observar que en el afluente del Tanque Séptico se inicia con un valor de pH de 6,75 es decir en un medio un poco ácido y conforme se traslada a los siguientes procesos del sistema de tratamiento incrementa hasta el afluente del filtro de piedra caliza y en cambio en el afluente de la tercera laguna se nivela el pH a un valor de 7,79 es decir en un medio mucho más alcalino que impide que coexistan las bacterias en el agua tratada. Además en los informes de análisis del 29-09-17 y del 24-01-18 del Laboratorio ELICROM sobre el análisis de calidad de aguas residuales se menciona que en el afluente de la tercera laguna posee un valor de pH de 7,15 y 8,13 respectivamente (valores alcalinos) y por ende al comparar los valores obtenidos con respecto a la norma TULSMA se dice que el límite máximo permisible es de 6-9, entonces se deduce que ambos resultados se encuentran por debajo del límite máximo y por ende es aceptable. (Ver Anexo 7).

Por el contrario, en el gráfico 20 se observa un valor de pH de 7,19 en el afluente del Tanque Séptico y que conforme atraviesa la laguna de Lechuga de Agua se disminuye a 6,92 y cuando atraviesa el filtro de piedra caliza vuelve a incrementarse y nivelarse el valor de pH, obteniendo un valor en el afluente de la tercera laguna de 7,49, que al compararlo con la norma

TULSMA también se lo considera aceptable ya que ese valor se encuentra por debajo del límite máximo permisible.

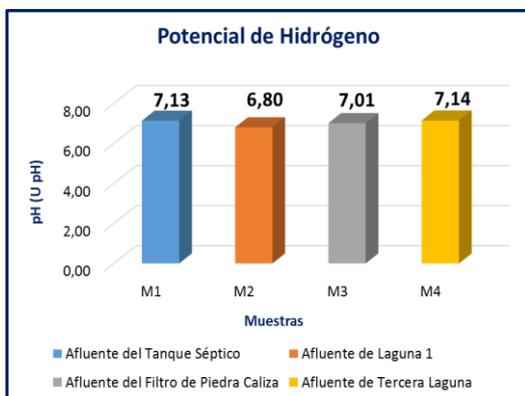


Gráfico 21 Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 09-02-18

Elaboración: Liz Santacruz

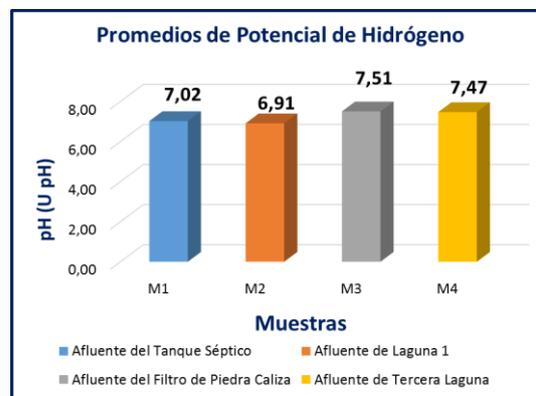


Gráfico 22 Promedios de pH de las muestras del 22-01-18; 25-01-18 y 09-02-18.

Elaboración: Liz Santacruz

Se ilustra una variación del pH en el gráfico 21 en el que se consigue en valor de 7,13 en el afluente del tanque séptico y conforme el AARRDD avanza en los procesos del sistema de tratamiento disminuye a 6,80 en el afluente de la laguna 1 y cuando avanza el flujo al afluente de filtro de piedra caliza se incrementa a 7,01 y ya en el afluente de la tercera laguna se incrementa un poco más a 7,14. En este muestreo del 09-02-18 se puede mencionar que debido a las precipitaciones del invierno en la laguna 2 de Lechuga de Agua existía vida acuática, queriendo expresar la buena calidad de agua tratada en la planta del campamento.

En el gráfico 22 se observan los promedios de pH en todo el sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas, en el cual se descarga del afluente de la tercera laguna un valor de 7,47, valor que se encuentra dentro del rango del límite máximo permisible de la norma TULSMA que es de 6 – 9, por ende, se deduce que es óptima la descarga con respecto a este parámetro.

Potencial de Hidrógeno (pH) en el punto de descarga M4			
Laboratorio de Aguas (UCSG) (22-01-18; 25-01-18; 09-02-18)	Laboratorio ELICROM (29-09-17 ; 24-01-18)	Norma TULSMA "Límite Máximo Permisible"	
7,79	7,15	6 - 9	SI CUMPLE
7,49	8,13	6 - 9	SI CUMPLE
7,14		6 - 9	SI CUMPLE

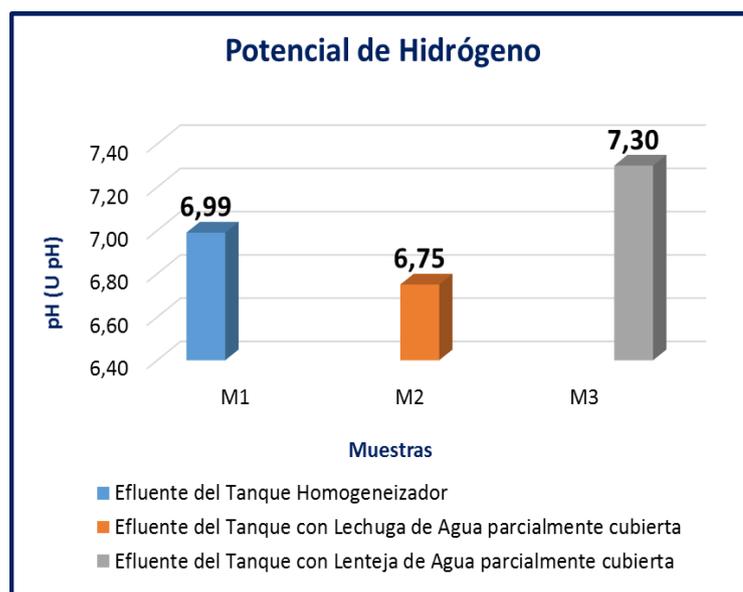


Gráfico 23 Resultados de Potencial de Hidrógeno de las Muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 23 se observa la variación del parámetro Potencial de Hidrógeno conforme a las tres muestras realizadas en la planta piloto de la UCSG. Se puede observar un valor de 6,99 U pH en el efluente del Tanque Homogeneizador, un valor de 6,75 en el efluente del Tanque con Lechuga de Agua y finalmente un valor de 7,30 en el efluente del Tanque con Lenteja de Agua. Hay que recalcar que la función de la Lechuga de Agua en el agua residual según los análisis se puede deducir que disminuye un poco el pH, pero en cambio las Lentejas de Agua ejercen una función incremental en el pH del agua residual doméstica.

➤ Temperatura

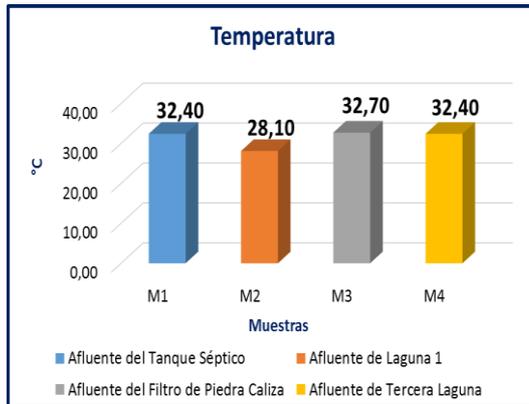


Gráfico 24 Resultados de Temperatura de las Muestras del 22-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

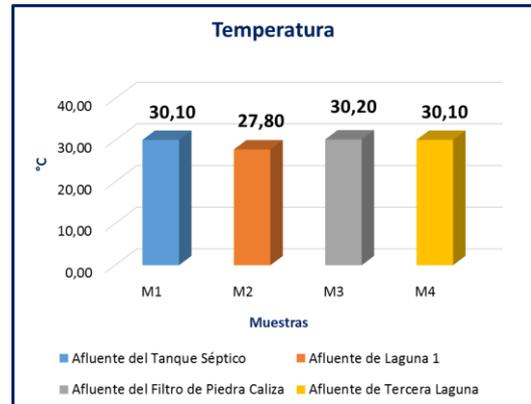


Gráfico 25 Resultados de Temperatura de las Muestras del 25-01-18

Elaboración: Liz Santacruz

Al observar el gráfico 24 se puede definir la temperatura ambiente en el cual se encontraba la muestra de agua residual en cada uno de sus procesos en análisis. Es decir que, las muestras recogidas el 22-01-18 fueron realizadas a las 15:00 Pm en donde había suficiente luz solar. Es por ende que en el afluente del Tanque Séptico se tiene 32,4 °C y disminuye al siguiente proceso a 28,1 °C y se incrementa en el filtro de piedra caliza a 32,7°C y finalmente en la descarga de la tercera laguna se tiene 32,4 °C.

Al contrario, en el gráfico 25 se puede observar que el valor de la Temperatura en el afluente del Tanque Séptico empieza con 30,1 °C y conforme atraviesa la laguna de Lechuga de Agua disminuye a 27,8°C y en el filtro de piedra caliza se incrementa a 3,2 °C y finalmente en la descarga de la tercera laguna se estabiliza a 30,1 °C.

Conforme a los análisis realizados el 29-09-17 y el 24-01-18 por ELICROM se menciona que la temperatura ambiente general en el último proceso de tratamiento o sea en la descarga es de 25,3 °C y de 34,1 °C respectivamente (Ver Anexo 7). Este parámetro depende directamente del clima existencial actual en cada uno de los procesos del sistema de tratamiento de AARRDD en el campamento Ptar- Las Esclusas.

Y con respecto a la norma TULSMA, el límite máximo permisible se encuentra la muestra en condición natural es de ± 3 grados centígrados $^{\circ}\text{C}$. Algunos de los sistemas cumplen con este parámetro.

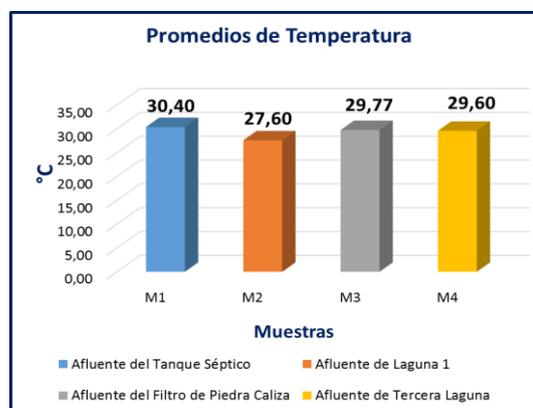
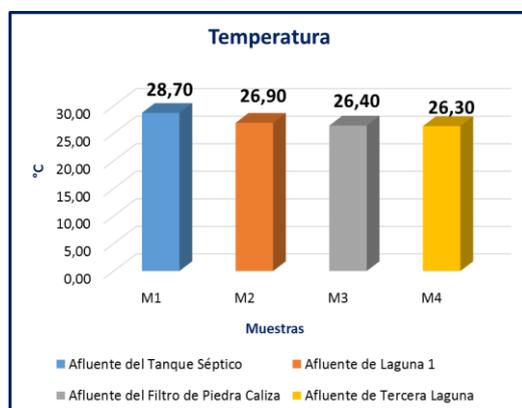


Gráfico 26 Resultados de Temperatura de las muestras del 09-02-18. **Gráfico 27 Promedio de Temperatura de las muestras del 22-01-18; 25-01-18; 09-02-18**

Elaboración: Liz Santacruz

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 26 se puede observar una escala de valor decreciente desde el afluente del Tanque Séptico con un valor inicial de $28,70^{\circ}\text{C}$ hasta el afluente de la tercera laguna con un valor de $26,30^{\circ}\text{C}$. A diferencia de los resultados obtenidos en los muestreos del 22-01-18 y del 25-01-18, en donde se refleja una variación en donde aumenta y disminuye la temperatura, y esto es debido a que no hubo excesivas precipitaciones en los procesos pertenecientes al sistema de tratamiento del campamento. En el gráfico 27 se puede observar el promedio general de los tres muestreos realizados previamente obteniendo valores de $30,40^{\circ}\text{C}$ en el afluente del Tanque Séptico, $27,60^{\circ}\text{C}$ en el afluente de Laguna 1, $29,77^{\circ}\text{C}$ en el afluente del filtro de piedra caliza y por último en la descarga se tiene un valor de $29,60^{\circ}\text{C}$.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el punto de descarga M4			
Laboratorio de Aguas (UCSG) (22-01-18; 25-01-18; 09-02-18)	Laboratorio ELICROM (29-09-17 ; 24-01-18)	Norma TULSMA "Límite Máximo Permisible"	
32,40	25,3	condición natural $\pm 3^{\circ}\text{C}$	SI CUMPLE
30,10	34,1	condición natural $\pm 3^{\circ}\text{C}$	SI CUMPLE
26,30		condición natural $\pm 3^{\circ}\text{C}$	SI CUMPLE

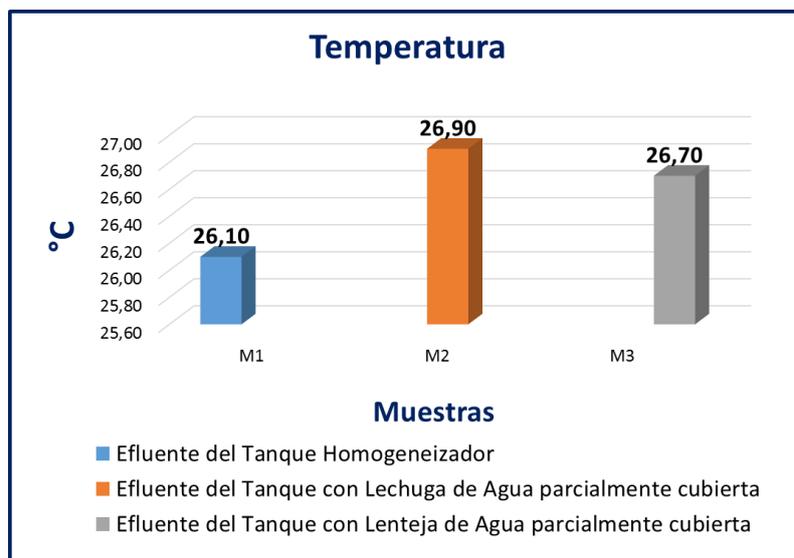


Gráfico 28 Resultados del parámetro Temperatura de la muestra tomada el 24 de febrero del 2018 en la planta piloto de la UCSG.

Elaboración: Liz Santacruz

En el gráfico 28 se muestra la variación del parámetro temperatura analizada de la muestra realizada en la planta piloto que está instalada dentro de los predios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En este gráfico se observa que en el efluente del Tanque Homogeneizador tiene un valor de 26,10 °C, un valor de 26,90°C en el efluente del Tanque con Lechuga de Agua y finalmente un valor de 26,70 °C en el efluente del Tanque con Lenteja de Agua. Se deduce en base a los resultados que, en los tanques con las plantas acuáticas flotantes, la temperatura es mayor que en el tanque homogeneizador

Consecuentemente, en todas las gráficas mostradas previamente se puede reflejar la variación de niveles de cada uno de los parámetros tanto físicos, químicos y bacteriológicos, los mismos que son considerados los más relevantes para el análisis. La variación se puede constatar explícitamente desde que el agua residual cruda hasta su respectiva descarga al cuerpo de agua, tanto del campamento Ptar-Las Esclusas como de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Se muestra un cuadro de resumen promedios de otros ensayos realizados a las muestras del campamento Ptar- Las Esclusas.

Muestras	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)
M1	662	1406	5,3 x 10 ^ 7
M2	688	1459	2 x 10 ^ 6
M3	617	1366	9 x 10 ^ 4
M4	630	1391	1,36 x 10 ^ 5

Se muestra un cuadro de resumen de otros ensayos realizados a las muestras de la planta piloto instalada en la parte posterior de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Muestras	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Coliformes Fecales (UFC/100 ml)
M1	167,9	354	4,2 x 10 ^ 5
M2	172,8	371	2,1 x 10 ^ 4
M3	62,5	136	1 x 10 ^ 3

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

El sistema de tratamiento de agua residual doméstica generada por el campamento Ptar- Las Esclusas, cuenta con una buena eficiencia con respecto a los parámetros que han sido analizados previamente, ya que se han obtenido resultados de un efluente de descarga al Estero Cobina que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles por la norma ecuatoriana TULSMA.

Existe un control riguroso y constante en el sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas realizado de tres a cinco veces diarias lo cual es muy acertado, evitando así los problemas de taponamiento de las tuberías con las raíces de las mismas plantas acuáticas flotantes (Lechuga de Agua), lo que permite que siempre exista un flujo de agua continuo en todo el sistema.

La Lechuga de Agua por su reproducción excesiva genera inconvenientes de biomasa, sin embargo, la empresa Constructora Hidalgo e Hidalgo-WABAG mitiga este problema realizando las respectivas cosechas de Lechuga de Agua en las lagunas 1 y 2.

Como la Laguna 1 siempre permanece totalmente cubierta de Lechugas de Agua, prácticamente se le realiza mantenimiento cuando hay cambio de estación en el año. Es por ello que el mantenimiento se lo debe hacer cada seis meses generalmente ya que en Guayaquil existen solo dos estaciones del año: Invierno (enero a mayo) y Verano (junio a diciembre).

Por el contrario, la Laguna 2 al permanecer parcialmente cubierta en su superficie de Lechugas de Agua, el mantenimiento que se le debe realizar es cada tres días, aunque diariamente se controla su crecimiento excesivo con el fin de que no cubra totalmente la superficie.

Es así, que en la laguna 1 sólo se cosecha un 10 % de Lechuga de Agua. Y en la laguna 2 se cosecha un 30% de Lechuga de Agua.

La producción de lenteja de agua en seis días es 88,47 gramos / m²

Además, es importante mencionar que el agua tratada de la Tercera Laguna se la usa como para el riego de las áreas verdes de la Planta de Tratamiento Las Esclusas o simplemente se la descarga al Estero Cobina. Y este punto es satisfactorio ya que reutilizan el agua de consumo generada por las 200 personas que viven perennemente en el campamento.

Con respecto al análisis de resultados del campamento Ptar - Las Esclusas conforme al parámetro de Sólidos Suspendidos Totales (SST) se tiene una eficiencia máxima de remoción del 63,16% desde el afluente de la laguna 1 y el afluente del filtro de piedra caliza.

Conforme al parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se tiene una eficiencia máxima de remoción del 64,37% desde el afluente de la laguna 1 y el afluente del filtro de piedra caliza. En el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se tiene una eficiencia máxima de remoción del 42,63%, en Coliformes Fecales un 55 % de eficiencia en las lagunas de oxidación de Lechuga de Agua.

En el caso de la planta piloto instalada en la UCSG se tuvo desde el efluente del tanque homogeneizador y el efluente del tanque de lenteja de agua parcialmente cubierta un 100% de eficiencia máxima de remoción en SST. Para el DBO se tuvo un 43,42%, en STD fue de 62,78 %, en Coliformes fecales fue del 99,76 % y en el caso del efluente de la Lechuga de Agua fue del 95 %. Esta variación en Coliformes se debe a la forma de las plantas ya que la Lechuga de Agua al nivel de hojas impide la penetración de los rayos solares en la superficie, en cambio la Lenteja de Agua por su forma plana, ovalada y milimétrica sí permite en el tanque cubierto parcialmente que los rayos UV penetren la superficie y se produzca la fotosíntesis.

En el caso de la planta piloto no se puede generalizar que la Lenteja de Agua precisamente tenga esa eficiencia de remoción, para ello es necesario realizar más muestreos y análisis de laboratorio.

7.2. Recomendaciones

La utilización del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con unidades de plantas acuáticas flotantes es apropiada para cumplir con los requerimientos de las normas ambientales vigentes, en consecuencia, se recomienda su uso.

Realizar retiros periódicos de las plantas acuáticas flotantes es decir tener un control minucioso en la cosecha para optimizar la eficiencia de remoción de materia orgánica.

Realizar la recolección de las plantas acuáticas flotantes cuando estén lozanas, es decir cuando se encuentren en la etapa joven pura, para así obtener mejores beneficios con respecto a la eficiencia de remoción de parámetros de control en descargas de aguas tratadas.

Realizar más muestreos en la planta piloto y sus respectivos análisis para obtener datos más precisos con respecto a las eficiencias de remoción de las dos plantas acuáticas flotantes

Investigar y potenciar los mecanismos de depuración de las plantas acuáticas flotantes a través de estudios más detallados.

REFERENCIAS

- Acosta R. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos* (Primera ed). Cordoba, Argentina: Brujas.
- Amat, V., y Portero, M. (2017). *Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Babahoyo*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Arango, P. (2016). Tratamiento de Aguas Residuales. Retrieved from <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamiento-residuales/tratamiento-residuales.html>
- Arroyave, D, 1. (2004). La lenteja de agua (Lemna minor L.): una planta acuática provisoria. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004
- Aznar Jiménez, A. (2000). Determinación de los parámetros físico - químico de calidad de las aguas. *Instituto Tecnológico de Química Y Materiales "Álvaro Alonso Barba"*, 2(23)(Universidad Carlos III de Madrid), 12–19.
- Bravo, M. (2016). Tensión Superficial. *University of Florida*, (fsz.ifas.ufl). Retrieved from <http://fsz.ifas.ufl.edu/surfacetensionandcapillarity/html/tensioactivos.htm>
- Buechel, T. (2017, September 12). La alcalinidad del agua frente al pH – diferencias. *PROMIX*. Retrieved from <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-alcalinidad-del-agua-frente-al-ph-diferencias/>
- Capítulo 1- Naturaleza del Agua Residual Domestica y su tratamiento. (2017, July 8). UDEP. Retrieved from http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf
- Castro, F. (2012). Capítulo IV Lagunas de Estabilización. Retrieved from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>
- Chavarrías, M. (2013, October 3). El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria. *Eroski Consumer*. Retrieved from <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2013/09/19/218017.php>

- Collazos, C. (2012, de agosto de). *Tratamiento de Aguas Residuales*. SlideShare, Colombia. Retrieved from <https://es.slideshare.net/PaolaGarzon2/trat-aguas-residuales-13950424>
- Cortés, O., y Meza, G. (2015). *Evaluación de un Sistema de Descontaminación de Aguas Servidas a partir de un biodigestor con plantas acuáticas en la Reserva Natural Nukanchi de la minga asorquidea de la Asociación para el desarrollo campesino-ADC*. (Trabajo de grado modalidad diplomado). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. Retrieved from <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90746.pdf>
- Cubillos, A. (1981). *Parámetros y Características de las Aguas Residuales*. CEPIS. Retrieved from <http://bvspers.paho.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>
- Dibujes, D. (2016). *Evaluación de funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua residual del cantón San Miguel de Urucuquí, para garantizar la calidad del agua de acuerdo a la normativa ambiental* (Trabajo de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5364/1/03%20RNR%20228%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Empresa Sanitaria de Valparaíso. (2010). *Aguas Servidas*. ESVAL. Retrieved from <http://portal.esval.cl/educacion/el-agua/aguas-servidas/>
- Espigares, M., y Pérez, J. (1985). *Aspectos Sanitarios del Estudio de las Aguas*. Universidad de Granada. Retrieved from <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/CLORACION.pdf>
- Espinosa, M., León, Y., y Rodríguez, X, 1. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 44(1). Retrieved from <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/articulos/problem%C3%A1tica-de-la-determinaci%C3%B3n-de-especies-nitrogenadas-nitr%C3%B3geno-total-y-amoniaca-en>
- García, H., Toyo, L., Acosta, Y., Rodríguez, L., y El Zauahre, M, 3. (2014). Percepción del manejo de residuos sólidos urbanos (fracción inorgánica) en una comunidad universitaria. *Universidad Del Zulia, Venezuela*, 14.

- Gómez, A. (2009). *Contaminantes del agua, grasas y aceites*. Argentina. Retrieved from <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3039>
- Gómez, C. (2013). *Contaminación del Agua*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/cvillegas717/contaminaciondelagua>
- González, R. (2011). *Lagunas de Estabilización*. MASIL. Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=838>
- Hinojosa, B., Murguía, T., Hernández, C., Gaona, D., y Sheridan, P. (2016). *Toma y preservación de Muestras*. Omega. Retrieved from http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm
- Lema, A. (2016, Enero de). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Luis de Pambil del cantón Guaranda*. (Tesis de grado). Escuela Superior Técnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Retrieved from <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4860>
- León, G. (1995). *Parámetros de calidad para el uso de aguas residuales guías de calidad de efluentes para la protección de la salud*. CEPIS/OPS.
- Madigan, C. (1997). *Indicadores de Contaminación fecal en Aguas*. Ebooks Hidrored. Retrieved from http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- Marsilli, A. (2015). *Tratamiento de Aguas Residuales*. *Tierramor*. Retrieved from <http://www.tierramor.org/nosotros/nosotros.htm>
- Martínez, L. (2017, July 1). *Clasificación de las Aguas Residuales*. Retrieved from <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/07/clasificacion-de-las-aguas-residuales.html>
- Mayo, R., y Lelva, M. (2017). *Muestra compuesta, integrada, simple, duplicada, instantánea*. *Aguamarket*. Retrieved from <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2389&termino=muestra+compuesta>
- Metcalf, & Eddy, I., 3era. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales - Tratamiento, Vertido y Reutilización* (A. García Brage, Ed, Vol. I, II). Madrid, España: Mc Graw Hill.

- Mogollón, N. (2009, November 16). Lagunas de Oxidación. overblog. Retrieved from <http://nata.mogollon.over-blog.com/article-lagunas-de-oxidacion-39511344.html>
- Moreno, A. (2011, June 9). Capítulo 5: Parámetros físicos de calidad de las aguas. Color. Mailxmail. Retrieved from <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-color>
- Navarrete, D. (2014, October). *Tratamiento de lodos y su disposición final*. Ecuador. Retrieved from <https://www.slideshare.net/diosanavarrete/tratamiento-de-lodos-y-su-disposicion-final>
- Navarro, S. (2012). Aguas Residuales y Agua Potable. Universidad Nacional de Ingeniería, Introducción a la Ingeniería Civil.
- Ortiz, P. (2013, November). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Tegucigalpa. Retrieved from <http://slideplayer.es/slide/1494790/>
- Pereira, C. (2012, de abril de). Introducción al tratamiento de Aguas Residuales. editor. Retrieved from <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/introduccion-tratamiento-aguas-residuales>
- Perlman, C. (2017). El tratamiento de Aguas Residuales. USGS. Retrieved from <https://water.usgs.gov/gotita/wuww.html>
- Ramalho., 2da. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. (Segunda ed.). Quebec, Canadá: Reverté, S.A.
- Revista de Agua y Saneamiento. (2008). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR. AGUASISTEC. Retrieved from <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>
- Rojas, R. (2002). Conferencia Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales. En CEPIS/OPA-OMS (p. 19). CEPIS/OPA-OMS. Retrieved from <http://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>
- Rolim, S. (2000). *“Sistemas de lagunas de estabilización”*. (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.

- Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de Aguas Residuales - Teoría y Principios de Diseño*. (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, P. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Rubio, A. (2002). Soluciones Regulatoras de pH. UNAC. Retrieved from https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_BARRETO_PIO_FIARN/CAP.%20I V.PDF
- Ruiz, T., Pescador, J., Raymundo, L., y Pineda, G. (2015). Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual., *27 N° 3*. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212015000300010
- Sandoval, M., y Jiménez, B. (1991). Determinación de Coliformes Fecales. *Primera Ed.*, (Manual VII (IMTA)). Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Analisis_Agua_NMP_22309.pdf
- Sardiñas, O., y Pérez, A. (2004). Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato. *Ciudad de La Habana, 42 N° 2*. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032004000200002
- Silva, J., Torres, P., & Carlos, M. (2006). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *10 de julio de 2008, 26*. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200020
- Vásquez, M., y Lara, M. (2017, July). *Concepto de Agua Residual-Tratamiento de Aguas Residuales*. Retrieved from <http://docplayer.es/15123622-Concepto-de-agua-residual.html>
- Vivanco, A. (2016). Tratamiento Secundario. *Cyclus*. Retrieved from <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/>

ANEXOS

ANEXO 1: TABLA.

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

TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

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

Ilustración 25 Tabla 10 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Fuente: Anexo 1 Libro TULSMA Acuerdo 097-A Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso de Agua.

ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICO

Ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Las Esclusas.



Fotografía 1 Vista frontal de la Entrada hacia el Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar-Las Esclusas



Fotografía 2 Campamento Ptar- Las Esclusas con una población de 200 habitantes

**Toma de Muestras del 22-01-18 en el Sistema de Tratamiento
del Campamento Ptar- Las Esclusas**



Fotografía 3 Biólogo Edison Alvarado con los implementos de seguridad ambiental para tomar las muestras.



Fotografía 4 Con el uso de los implementos para la toma de las muestras, con la hielera para preservación de muestras y el equipo multi-parámetro HQ40d



Fotografía 5 Identificando la alcantarilla en donde llega el agua residual doméstica cruda antes que ingrese al Tanque Séptico



Fotografía 6 Recogiendo las muestras en un envase sellado en el Afluente del Tanque Séptico



Fotografía 7 Realizando el ensayo directo de pH, conductividad, sólidos totales disueltos y temperatura en el equipo multi-parámetro HQ40d, en el instante de tomar la muestra respectiva.



Fotografía 8 Pantalla del equipo HQ40d en donde se muestran los resultados característicos directos de las distintas muestras como por ejemplo: pH, conductividad, temperatura y STD.



Fotografía 9 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente de la Laguna 1.



Fotografía 10 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente del Filtro de Piedra Caliza



Fotografía 11 Recogiendo las muestras del 22-01-18 en el Afluente de la Tercera Laguna.



Fotografía 12 Dos envases de muestras de agua residual por cada punto de análisis (M1, M2, M3 y M4) refrigeradas para su preservación.

Toma de Muestras del 25-01-18 en el Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar- Las Esclusas



Fotografía 13 2do Muestreo en el Afluente del Tanque Séptico



Fotografía 14 Resultados de pH, conductividad, STD y temperatura en el equipo HQ40d de la muestra del Afluente del Tanque Séptico



Fotografía 15 2do Muestreo en el Afluente de la Laguna 1



Fotografía 16 Escribiendo la etiqueta de cada muestra recogida para identificarla en el Laboratorio de Aguas de la UCSG y proceder a ensayarlas.



Fotografía 17 2do Muestreo en el Afluente de la Tercera Laguna.



Fotografía 18 Muestras del 25-01-18 previamente refrigerados para sus ensayos respectivos.

Toma de Muestras del 09-02-18 en el Sistema de Tratamiento del Campamento Ptar- Las Esclusas



Fotografía 19 Preparando todos los implementos necesarios para realizar el 3er Muestreo en el sistema de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas.



Fotografía 20 Revisando el equipo HQ40d y los implementos para realizar el 3er Muestreo.



Fotografía 21 3er Muestreo en el Afluente del Tanque Séptico, realizado con las debidas precauciones para evitar desbalances en los resultados de los ensayos.



Fotografía 22 3er Muestreo en el Afluente de la Laguna 1.



Fotografía 23 Etiquetando los envases conforme se recogen las muestras para su respectiva identificación.



Fotografía 24 3er Muestreo en el Afluente de la Tercera Laguna.



Fotografía 25 Etiquetando las muestras recogidas en el 3er Muestreo.

Medición en campo de cada proceso que conforma el sistema de tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Ptar-Las Esclusas



Fotografía 26 Medición en campo del Tanque Séptico y sus siguientes procesos.



Fotografía 27 Medición en campo de la geometría de la Laguna 1.



Fotografía 28 Medición en campo de la geometría de la Tercera Laguna.



Fotografía 29 Medición de la profundidad de la Tercera Laguna.



Fotografía 30 Canal de 110 m de longitud que descarga directamente al Estero Cobina.



Fotografía 31 Entrevista al Responsable Ambiental del Proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de AARR y del Campamento Ptar - Las Esclusas.

**Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del
Campamento Ptar- Las Esclusas.**



Fotografía 32 Vista Frontal de la Laguna 1.



Fotografía 33 Vista Frontal del Tanque Séptico.



Fotografía 34 Vista Frontal de la Laguna 2.



Fotografía 35 Filtro de Piedra Caliza.



Fotografía 36 Canal de 110 m de longitud.



Fotografía 37 Mantenimiento a la Laguna 2 de Lechuga de Agua mediante la reposición por unas plantas acuáticas flotantes más jóvenes.



Fotografía 38 Visita Técnica a la Planta de tratamiento del campamento Ptar- Las Esclusas con el Ingeniero Andrés Vera “Responsable Ambiental de la Construcción, Operación y Mantenimiento del Sistema.



Fotografía 39 Con los implementos necesarios como mascarilla, casco, chaleco de seguridad, guantes, botas, mandil y equipos requeridos para la toma de muestras.

Ensayos realizados a los Tres Muestreos en el sistema de tratamiento de Agua Residual Doméstica del campamento Ptar-Las Esclusas

- **Ensayo de DBO**



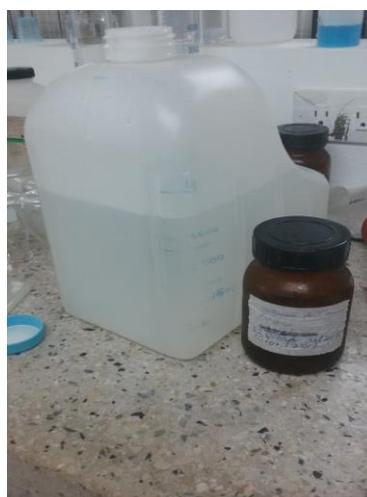
Fotografía 40 Reactivos: Buffer de Fosfato, Solución de Sulfato de Magnesio, Solución de Cloruro de Calcio y Solución de Cloruro de Hierro.



Fotografía 41 Envases color ámbar para las diluciones de AARRDD con la cantidad de ml designadas a cada muestra.



Fotografía 42 Se agregan los 3,6 ml de los 4 reactivos en 3600 ml de Agua destilada a 20°C.



Fotografía 43 Se vierte 3,6 ml de cada reactivo con una pipeta controlándola por medio de un manipulador de 3 vías.



Fotografía 44 Se mezclan las diluciones en ml indicadas por cada muestra, incluyendo los 4 blancos con la mezcla de agua destilada y los 4 reactivos hasta el borde del frasco ámbar.



Fotografía 45 Listas las botellas se coloca el sensor LBOD 10101 en cada una de ellas durante 10 segundos y se mide el Oxígeno disuelto inicial con el equipo HQ40d y se procede a llevar a la incubadora de DBO durante 5 días.



Fotografía 46 Incubadora de DBO a 5 días a 20°C, después de los 5 días se repite el proceso de calcular el Oxígeno disuelto final y se procede a calcular el DBO en cada muestra.

- **Ensayo de DQO**



Fotografía 47 Aparato Digestor DQO a una Temperatura de 150°C para el ensayo



Fotografía 48 Viales de Reactivos con medios preparados de DQO con rango de 20-1500 mg/l.



Fotografía 49 Se agregan a los viales 2 ml de cada una de las 4 muestras y para el Blanco en cambio 2 ml de agua destilada. Esa mezcla debe ser homogénea y debe agitarse para que se disuelva.



Fotografía 50 Una vez homogénea la mezcla se ingresan los viales al digestor durante 2 horas y se procede a analizarlo en un equipo en el que nos da los resultados en mg/l.

- **Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales**



Fotografía 51 Se proceden a pesar los filtros de fibra de vidrio necesarios para las muestras obtenidas en una balanza analítica.



Fotografía 52 Se coloca el filtro de fibra de vidrio en una capsula numerada para poder identificarla.



Fotografía 53 El filtro se lo coloca con la cara lisa por debajo de la superficie de la máquina de filtración Millipore



Fotografía 54 Se colocan los ml previamente designados para cada muestra en una probeta para procederlos a filtrar.



Fotografía 55 Filtrando la muestra en este caso 50 ml de M1 en la máquina Millipore .



Fotografía 56 Visualización de la máquina de Filtración completa.



Fotografía 57 Se colocan las cápsulas con los filtros de vidrio y las muestras filtradas en un horno de 103 °C - 105°C .



Fotografía 58 Se procede a retirarlas en una hora, se pesan en la balanza y se reingresan en el horno y así sucesivamente hasta que el peso sea constante.

- **Ensayo de Sólidos Sedimentables**



Fotografía 59 Se coloca cada una de las muestras en el Cono Sedimentador en donde se espera un lapso de tiempo y se observan los ml de sedimentos que se han decantado.

- **Ensayo de Coliformes Fecales**



Fotografía 60 Se diluye 20 gramos de agua peptonada en 1000 ml de agua destilada.



Fotografía 61 Se vierte el agua peptonada diluida en agua destilada en frascos N° 1372.



Fotografía 62 Envases N° 1372 llenos de agua peptona diluida.



Fotografía 63 Se esterilizan los envases en una olla de presión hasta que salga vapor.



Fotografía 64 Se tienen previamente las muestras a analizar ambientadas de 20 °C- 25°C aproximadamente.



Fotografía 65 Se enciende el equipo de filtración con el mechero y esterilizan los demás utensilios necesarios.



Fotografía 66 Se diluyen las muestras en la solución de agua peptonada hasta la exponencia designada y en las cajas Petri se agrega el reactivo.



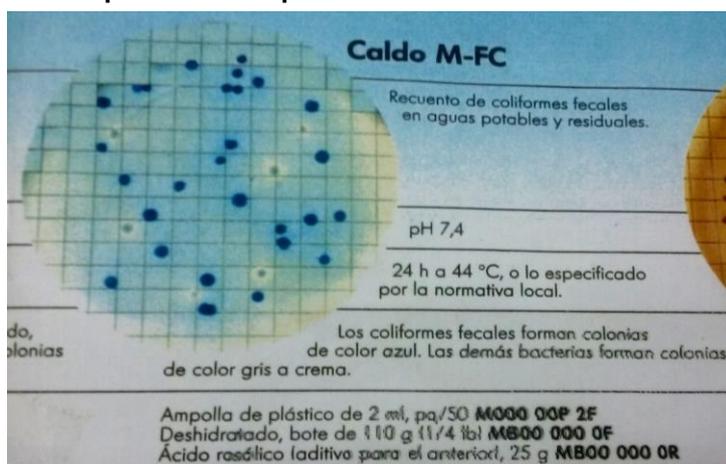
Fotografía 67 Cajas Petri con su Millipore y su etiqueta respectiva indicando la exponencia específica en coliformes.



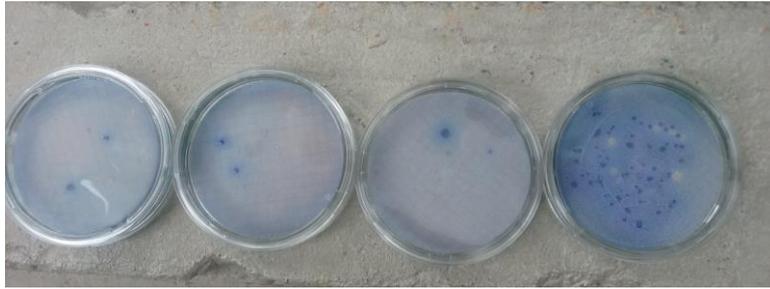
Fotografía 68 Una vez filtradas las diluciones de muestra y agua peptonada en su exponencia se colocan las millipore en las cajas Petri con el reactivo.



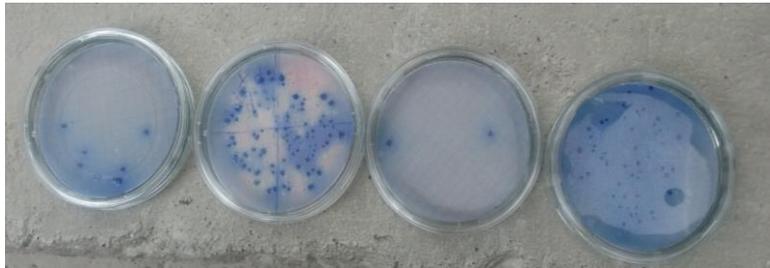
Fotografía 69 Finalmente, se colocan las Cajas Petri con las Millipore filtradas por 24 horas en la incubadora.



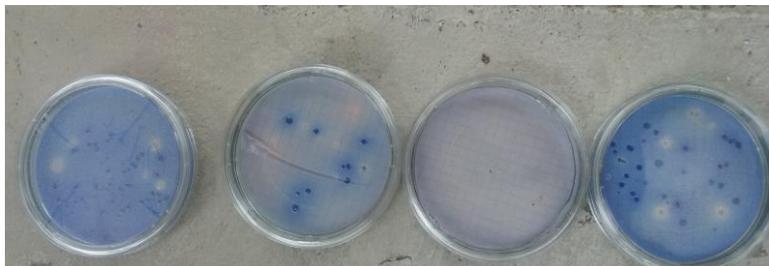
Fotografía 70 Apariencia del Reactivo usado en donde se expresa el número de coliformes fecales.



Fotografía 71 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 22-01-18.



Fotografía 72 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 25-01-18.



Fotografía 73 Resultados de Coliformes Fecales de las Muestras del 09-02-18.

Imágenes en el Laboratorio de Aguas
de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil de
la Facultad de Ingeniería Civil



Fotografía 74 Entrada al Laboratorio de Aguas de la UCSG.



Fotografía 75 Con el mandil e implementos para realizar los ensayos en el Laboratorio de Aguas.

Imágenes de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil,



Fotografía 76 Materiales necesarios para instalar la planta piloto (Sistema a gravedad debido a la ubicación de las conexiones).



Fotografía 77 Planta piloto instalada (5 tanques Plastigama: 3 de 500 litros de capacidad y los 2 finales de 250 litros de capacidad).



Fotografía 78 Conexión de la bomba de succión ubicada en la periferia de la alcantarilla en donde se recolecta el AARRDD.



Fotografía 79 Alcantarilla ubicada detrás del Bar de la Carrera de Ingeniería Civil de la UCSG de donde se extrae el AARRD necesaria para la planta piloto.



Fotografía 80 Lago de Lechuga de Agua que se encuentra en la Escuela Superior Politécnica del Litoral “ESPOL”.



Fotografía 81 Recolección de Lechuga de Agua en el lago de la ESPOL.



Fotografía 82 Transporte de la Lechuga de Agua hasta la planta piloto.



Fotografía 83 Con la ingeniera Clara Glas en la recolección de la Lechuga de Agua en el lago de la ESPOL.



Fotografía 84 Colocación de la Lechuga de Agua en la planta piloto.



Fotografía 85 Recirculando el Agua Residual con una segunda bomba ubicada en el tanque homogeneizador que envía el flujo constante al sistema.



Fotografía 86 Switch eléctrico de la Segunda bomba que se encuentra en el tanque homogeneizador.



Fotografía 87 Planta piloto con la Lechuga de Agua colocada.



Fotografía 88 Vista Lateral de la Planta Piloto con Lechuga de Agua.



Fotografía 89 Lenteja de Agua conseguida en un Acuario en el centro de la ciudad de Guayaquil y colocada en el tanque de 500 litros.



Fotografía 90 Planta piloto con las plantas acuáticas flotantes respectivas (Lechuga de Agua " lado izquierdo" y Lenteja de Agua " lado derecho").



Fotografía 91 Lenteja de Agua obtenida del proyecto "Operación y Mantenimiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR Ciudad Celeste La Estela" ubicada en el cantón Samborondón Km 10 parroquia satelital La Puntilla.



Fotografía 92 Después de la cosecha respectiva de Lechuga de Agua.



Fotografía 93 Vista Lateral de la planta piloto en donde se aprecia un tanque total cubierto en su superficie de lechuga de agua y el subsiguiente solo parcialmente cubierto.



Fotografía 94 Vista Lateral de la planta piloto en donde se aprecia un tanque total cubierto en su superficie de lenteja de agua y el subsiguiente solo parcialmente cubierto.



Fotografía 95 Vista Frontal de la planta piloto con las dos plantas acuáticas flotantes.



Fotografía 96 Recolección de muestras en el efluente del Tanque Homogeneizador.



Fotografía 97 Envases para recoger las muestras de la planta piloto.



Fotografía 98 Con los implementos necesarios para la recolección de las muestras en la planta piloto.



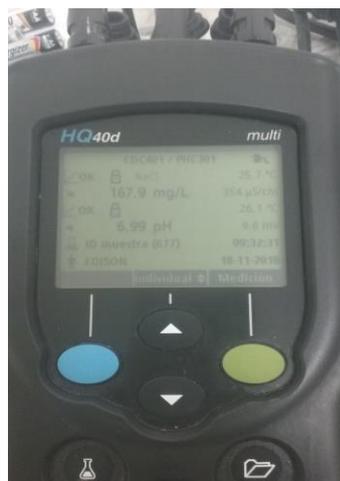
Fotografía 99 Recolección de las muestras en los efluentes del Tanque con Lechuga de Agua y del efluente del Tanque con Lenteja de Agua.



Fotografía 100 Muestras recogidas en los tres efluentes (Tanque Homogeneizador, Tanque con Lechuga de Agua y Tanque con Lenteja de Agua).



Fotografía 101 A las tres muestras se les realizó el ensayo de pH, conductividad, STD, temperatura.



Fotografía 102 Pantalla del equipo multiparámetro.



Fotografía 103 Ensayo de SST a las muestras de 24 de febrero del 2018 de la planta piloto de la UCSG.



Fotografía 104 Ensayo de SST a las muestras del 9 de febrero del 2018 del campamento Ptar- Las Esclusas.



Fotografía 105 Ensayo para Coliformes Fecales a las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.



Fotografía 106 Resultados del ensayo de Coliformes Fecales de las muestras del 24-02-18 de la planta piloto de la UCSG.



Fotografía 107 cedazo metálico con mango rotatorio de 10 pulgadas de diámetro.



Fotografía 108 Recolección de lenteja de agua con cedazo de metal en el tanque de la planta piloto.



Fotografía 109 Traslado hacia el Laboratorio de Aguas para el pesaje.



Fotografía 110 Previamente al pesaje se le quita la humedad a la lenteja de agua.



Fotografía 111 Pesaje de la lenteja de agua en una balanza analítica.



Fotografía 112 Pesaje a los 6 días en lo cual se incrementó el peso de la lenteja de agua es decir su reproducción aumentó.



Fotografía 113 Vista aérea de la planta piloto instalada en la parte posterior del edificio de la Carrera de Ingeniería en Sistemas. Aquí se reflejan las dos plantas acuáticas flotantes cubriendo total y parcialmente su superficie.

ANEXO 3: TABLAS DE CÁLCULO DE LOS DIFERENTES ENSAYOS REALIZADOS.

- Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 22-01-18

Peso inicial del papel (g) 24 de enero del 2018	Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
	M1	50	3	0,090
	M2	100	6	0,093
	M3	100	7	0,090
	M4	200	9	0,091

26 de enero del 2018			
Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
M1	50	3	0,109
M2	100	6	0,118
M3	100	7	0,102
M4	200	9	0,107

27 de enero del 2018			
Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
M1	50	3	0,108
M2	100	6	0,118
M3	100	7	0,104
M4	200	9	0,106

29 de enero del 2018			
Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
M1	50	3	0,110
M2	100	6	0,115
M3	100	7	0,102
M4	200	9	0,112

Peso final del papel fitro (g) 02 de febrero del 2018	Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
	M1	50	3	0,109
	M2	100	6	0,118
	M3	100	7	0,102
	M4	200	9	0,106

Muestras		Peso inicial del papel filtro (g)	Cantidad de muestra tomada (ml)	Peso final del papel fitro (g)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)
M1	Afluente del Tanque Séptico	0,090	50	0,109	380,00
M2	Afluente de Laguna 1	0,093	100	0,118	250,00
M3	Afluente del filtro de piedra caliza	0,090	100	0,102	120,00
M4	Afluente de Tercera Laguna	0,091	200	0,106	75,00

- Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 25-01-18

Peso inicial del papel filtro (g)	27 de enero del 2018			
	Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
	M1	140	16	0,090
M4	135	2	0,093	

29 de enero del 2018			
Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
M1	140	16	0,105
M4	135	2	0,105

Peso final del papel fitro (g)	02 de febrero del 2018			
	Muestras	Filtración de muestra (ml)	cápsula #	W filtro (g)
	M1	140	16	0,105
M4	135	2	0,105	

Muestras		Peso inicial del papel (g)	Cantidad de muestra tomada (ml)	Peso final del papel fitro (g)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)
Afluente del Tanque Séptico	M1	0,090	140	0,105	107,14
Afluente de Laguna de captación	M4	0,093	135	0,105	88,89

- Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 09-02-18.

Muestras		Peso inicial del papel filtro (g)	Cantidad de muestra tomada (ml)	Peso final del papel fitro (g)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)
M1	Afluente del Tanque Séptico	0,132	100	0,137	50,00
M2	Afluente de Laguna 1	0,126	100	0,139	130,00
M3	Afluente del filtro de piedra caliza	0,128	100	0,130	20,00
M4	Afluente de Tercera Laguna	0,130	100	0,131	10,00

- Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales de las Muestras del 24-02-18 en la planta piloto de la UCSG.

Muestras		Peso inicial del papel filtro (g)	Cantidad de muestra tomada (ml)	Peso final del papel fitro (g)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)
M1	Efluente del Tanque Homogeneizador	0,128	500	0,129	2,00
M2	Efluente del Tanque con Lechuga de Agua parcialmente cubierta	0,128	500	0,130	4,00
M3	Efluente del Tanque con Lenteja de Agua parcialmente cubierta	0,129	500	0,129	0,00

- Ensayo de DBO de las Muestras del 22-01-18

Muestras		D1 (mg/l)	Hora (PM)	Temperatura °C	D2 (mg/l)	P	DBO (mg/l)
Blanco 1		9,27	13:55	20,6	9,25	1	0,02
Blanco 2	0,50 ml	9,39	13:56	20,5	8,67	0,0017	432,00
Blanco 3	5,00 ml	8,96	13:57	21,3	4,05	0,0167	294,60
Blanco 4	6,00 ml+1	8,57	13:58	21,3	3,48	0,0200	254,50
M1	1,00 ml	9,16	13:59	23,2	7,08	0,0033	624,00
	5,00 ml	8,27	14:01	21,1	1,46	0,0167	408,60
M2	10,00 ml	8,69	14:04	23,7	3,09	0,0333	168,00
	20,00 ml	8,28	14:06	21,9	1,49	0,0667	101,85
M3	25,00 ml	9,42	14:10	21,9	5,26	0,0833	49,92
	50,00 ml	9,24	14:15	22,2	2,67	0,1667	39,42
M4	30,00 ml	8,92	14:18	22,3	5,58	0,1000	33,40
	60,00 ml	8,63	14:20	22,5	4,15	0,2000	22,40

- Ensayo de DBO de las Muestras del 25-01-18.

Muestras		D1 (mg/l)	Hora (PM)	Temperatura °C	D2 (mg/l)	P	DBO (mg/l)
Blanco 1		9,56	13:50	21,5	9,51	1	0,05
Blanco 2	0,50 ml	9,43	13:53	21,7	8,51	0,0017	552,00
Blanco 3	5,00 ml	9,44	13:55	21,9	4,18	0,0167	315,60
Blanco 4	6,00 ml+1	9,57	13:56	21,9	3,48	0,0200	304,50
M1	1,00 ml	9,55	13:58	21,8	8,14	0,0033	423,00
	5,00 ml	9,48	14:01	21,8	3,67	0,0167	348,60
M2	10,00 ml	9,51	14:09	22	4,69	0,0333	144,60
	20,00 ml	9,03	14:10	21,9	1,34	0,0667	115,35
M3	25,00 ml	9,15	14:13	22,2	5,94	0,0833	38,52
	50,00 ml	9,11	14:15	22,6	3,73	0,1667	32,28
M4	30,00 ml	9,19	14:16	22,3	5,11	0,1000	40,80
	60,00 ml	8,74	14:18	23	1,77	0,2000	34,85

- Ensayo de DBO de las Muestras del 09-02-18

Muestras		D1 (mg/l)	Hora (PM)	Temperatura °C	D2 (mg/l)	P	DBO (mg/l)
Blanco 1		8,74	13:50	21,5	5,93	1	2,81
Blanco 2	0,20 ml	8,75	13:53	21,7	6,8	0,0007	2925,00
Blanco 3	3,00 ml	8,73	13:55	21,9	2,62	0,0100	611,00
Blanco 4	6,00 ml+1	8,83	13:56	21,9	3,53	0,0200	265,00
M1	1,00 ml	8,75	13:58	21,8	6,19	0,0033	768,00
	3,00 ml	8,75	14:01	21,8	4,38	0,0100	437,00
M2	10,00 ml	8,63	14:09	22	4,23	0,0333	132,00
	20,00 ml	8,4	14:10	21,9	3,47	0,0667	73,95
M3	25,00 ml	8,38	14:13	22,2	6,58	0,0833	21,60
	50,00 ml	7,97	14:15	22,6	2,63	0,1667	32,04
M4	30,00 ml	8,36	14:16	22,3	6,35	0,1000	20,10
	60,00 ml	7,63	14:18	23	3,23	0,2000	22,00

- Ensayo de DBO de las Muestras del 24-02-18 en la planta piloto de la UCSG.

Muestras		D1 (mg/l)	Hora (PM)	Temperatura °C	D2 (mg/l)	P	DBO (mg/l)
Blanco 1		8,85	13:50	21,5	7,71	1	1,14
Blanco 2	1,00 ml	8,84	13:53	21,7	6,92	0,0033	576,00
Blanco 3	5,00 ml	8,82	13:55	21,9	2,42	0,0167	384,00
Blanco 4	6,00 ml +1	8,87	13:56	21,9	4,47	0,0200	220,00
M1	25,00 ml +1	8,64	13:58	21,8	6,37	0,0833	16,70
	50,00 ml +1	8,2	14:01	21,8	6,06	0,1667	7,60
M2	50,00 ml +1	8,34	14:09	22	5,52	0,1667	11,60
	100,00 ml +1	7,6	14:10	21,9	3,57	0,3333	9,50
M3	50,00 ml +1	8,62	14:13	22,2	3,79	0,1667	23,70
	100,00 ml +1	8,45	14:15	22,6	6,13	0,3333	4,30

- Ensayo de DQO de las Muestras del 22-01-18.

	M1	M2	M3	M4
Afluente del Tanque Séptico	885,00			
Afluente de Laguna 1		384,00		
Afluente del Filtro de Piedra Caliza			162,00	
Afluente de Tercera Laguna				120,00

- Ensayo de DQO de las Muestras del 25-01-18.

	M1	M2	M3	M4
Afluente del Tanque Séptico	680,00			
Afluente de Laguna 1		659,00		
Afluente del Filtro de Piedra Caliza			521,00	
Afluente de Tercera Laguna				229,00

- Ensayo de DQO de las Muestras del 09-02-18.

	M1	M2	M3	M4
Afluente del Tanque Séptico	1000,00			
Afluente de Laguna 1		369,00		
Afluente del Filtro de Piedra Caliza			127,00	
Afluente de Tercera Laguna				110,00

- Ensayo de DQO de las Muestras del 24-02-18 en la planta piloto de la UCSG.

	M1	M2	M3
Efluente del Tanque Homogeneizador	35,00		
Efluente del Tanque con Lechuga de Agua parcialmente cubierta		39,00	
Efluente del Tanque con Lenteja de Agua parcialmente cubierta			38,00

- Ensayo de pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura de las Muestras del 22-01-18.

Muestras	pH	Temperatura °C	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Hora
M1	6,75	32,4	744	1491	15:27
M2	7,02	28,1	693	1480	16:08
M3	7,91	32,7	597	1399	15:42
M4	7,79	32,4	598	1393	15:47

- Ensayo de pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura de las Muestras del 25-01-18.

Muestras	pH	Temperatura °C	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Hora
M1	7,19	30,1	658	1457	10:44
M2	6,92	27,8	686	1467	11:00
M3	7,6	30,2	610	1365	11:15
M4	7,49	30,1	604	1356	11:24

- Ensayo de pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura de las Muestras del 09-02-18.

Muestras	pH	Temperatura °C	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Hora
M1	7,13	28,7	584	1269	12:25
M2	6,8	26,9	684	1429	12:40
M3	7,01	26,4	644	1333	12:56
M4	7,14	26,3	689	1424	13:06

- Ensayo de pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos y Temperatura de las Muestras del 24-02-18.

Muestras	pH	Temperatura °C	STD (mg/l)	Conductividad us/cm	Hora
M1	6,99	26,1	167,9	354	12:03
M2	6,75	26,9	172,8	371	12:08
M3	7,30	26,7	62,5	136	12:11



ANEXO 4: FORMATO DE ENTREVISTA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ENTREVISTA

NOMBRE DE LA EMPRESA: Hidalgo e Hidalgo Constructores S.A

NOMBRE: Ingeniero Andrés Vera.

FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA: Responsable Ambiental del proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de AARR y del Campamento Ptar - Las Esclusas”

1. ¿Quién se encargó del diseño y construcción del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?

2. ¿En qué fecha empezó a operar el sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?

3. ¿Realizan algún control al sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?

4. ¿Con qué frecuencia realizan el control al sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?

5. ¿De dónde proceden las Lechugas de Agua que se encuentran cubriendo superficialmente la Laguna 1 y 2 del sistema de tratamiento de AARRDD?

6. ¿Usted conoce el tiempo de reproducción de las Lechugas de Agua?

7. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de la Laguna 1 que contiene Lechuga de Agua cubriendo totalmente la superficie?

8. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de la Laguna 2 que contiene Lechuga de Agua cubriendo parcialmente la superficie?

9. ¿Cuál es el porcentaje de reposición de Lechuga de Agua que se realiza en las Lagunas 1 y 2 diariamente?

10. ¿Cada qué tiempo se hace la reposición de la Lechuga de Agua?

11. ¿Se realizan reposiciones totales de alguna de las Lagunas de Lechuga de Agua?

12. ¿Qué realizan con el efluente del AARRDD tratada del sistema de tratamiento del campamento?

13. ¿Qué realizan con las Lechugas de Agua marchitas que se remueven de las Lagunas 1 y 2?

14. ¿Cuál es el volumen característico de Lechuga de Agua que se puede encontrar en las Lagunas 1 y 2?

15. ¿Cuánto tiempo de vida tiene aproximadamente una Lechuga de Agua en las Lagunas 1 y 2?

16. ¿Cómo mitigan el problema de Biomasa generado por las Lechugas de Agua?

17. ¿Quién se encarga del análisis de Calidad de Agua?

18. ¿Quién es la Autoridad Competente para emitir permisos para la descarga de aguas residuales?

19. ¿Cuántas personas trabajan en el campamento?

20. ¿El personal encargado de la operación de la planta usan equipo de seguridad?

21. ¿Qué tiempo se toman en dar mantenimiento a la planta?

22. ¿Tienen registros históricos y análisis de calidad de agua?



ANEXO 5: RESULTADOS DE LA ENTREVISTA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ENTREVISTA

NOMBRE DE LA EMPRESA: Hidalgo e Hidalgo Constructores S.A

NOMBRE: Ingeniero Andrés Vera.

FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA: Responsable Ambiental del proyecto “Construcción, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de AARR y del Campamento Ptar - Las Esclusas”

1. **¿Quién se encargó del diseño y construcción del sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?**

La empresa Hidalgo e Hidalgo Constructores S.A

2. **¿En qué fecha empezó a operar el sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?**

En Abril del 2017.

3. **¿Realizan algún control al sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?**

Sí, el control que se realiza es constante y perenne en el día.

4. **¿Con qué frecuencia realizan el control al sistema de tratamiento de AARRDD del campamento Ptar- Las Esclusas?**

El control se realiza diariamente de 3 a 5 veces diarias para así evitar el taponamiento de las tuberías con las raíces de las mismas plantas acuáticas flotantes. Con este control se consigue la inexistencia de algas y sobretodo se gana una eficiente calidad del agua residual.

5. ¿De dónde proceden las Lechugas de Agua que se encuentran cubriendo superficialmente la Laguna 1 y 2 del sistema de tratamiento de AARRDD?

Se procede la recolección de Lechugas de Agua en el Río Guayas, aunque con el incremento de las lluvias se optó por proceder la recolección en Santa Lucía para así obtener plantas más vigorosas.

6. ¿Usted conoce el tiempo de reproducción de las Lechugas de Agua?

Aproximadamente 3 días

7. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de la Laguna 1 que contiene Lechuga de Agua cubriendo totalmente la superficie?

La Laguna 1 siempre permanece totalmente cubierta de Lechugas de Agua, prácticamente se le realiza mantenimiento cuando hay cambio de estación en el año, por ejemplo en el mes de diciembre del 2017 con el cambio de estación de verano a invierno, las lechugas de agua se empezaron a marchitar y por ello fue necesario cosechar, es decir, reponer las Lechugas de Agua de mayor edad marchitas por unas más jóvenes. Es por ello que el mantenimiento se lo debe hacer cada seis meses generalmente ya que en Guayaquil existen solo dos estaciones del año: Invierno (Enero a mayo) y Verano (Junio a diciembre).

8. ¿Cuál es el proceso de mantenimiento de la Laguna 2 que contiene Lechuga de Agua cubriendo parcialmente la superficie?

La Laguna 2 siempre permanece parcialmente cubierta en su superficie de Lechugas de Agua con el fin de que exista oxigenación y se produzca la fotosíntesis para que así los rayos solares puedan penetrar la superficie. El mantenimiento que se le realiza a la laguna 2 consiste en desglosar la maleza o monte en áreas aledañas a la laguna y de ahí se procede a la cosecha diariamente de Lechuga de Agua en deterioro o simplemente ya que consideradas como una plaga y al reproducirse en 3 días de manera rápida, se debe de controlar ese crecimiento excesivo, y se ve necesario la cosecha constante para mantener la laguna parcialmente cubierta.

9. ¿Cuál es el porcentaje de reposición de Lechuga de Agua que se realiza en las Lagunas 1 y 2 diariamente?

En la laguna 1 sólo se cosecha un 10 % de Lechuga de Agua.
En la laguna 2 se cosecha un 30% de Lechuga de Agua.

10. ¿Cada qué tiempo se hace la reposición de la Lechuga de Agua?

- En la laguna 1 cada seis meses.
- En la laguna 2 cada tres días, pero diariamente se controla su crecimiento excesivo para que no cubra totalmente su superficie

11. ¿Se realizan reposiciones totales de alguna de las Lagunas de Lechuga de Agua?

No se realiza ninguna reposición completa de las lagunas 1 y 2, sólo se repone lo que se cosecha.

12. ¿Qué realizan con el efluente del AARRDD tratada del sistema de tratamiento del campamento?

El efluente del agua residual doméstica tratada del sistema de tratamiento del campamento permanece en una Tercer laguna la cual tiene un volumen de 13,61 m³, esta tercera laguna se llena en un día aunque el volumen dependerá del número de trabajadores diariamente en el campamento ya que siempre rotan. Con respecto al agua tratada se procede a reutilizar para realizar el riego de áreas verdes del campamento. El riego se lo hace cada tres o cinco días dependiendo de la disponibilidad de la tercera laguna.

13. ¿Qué realizan con las Lechugas de Agua marchitas que se remueven de las Lagunas 1 y 2?

Se deja las Lechugas de Agua a los lados de las lagunas 1 y 2 y se las deja secar una semana con los rayos solares y eso se usa como abono en las plantas pero no se hace un compostaje sino que eso sólo se mezcla con la tierra de sembrar.

14. ¿Cuál es el volumen característico de Lechuga de Agua que se puede encontrar en las Lagunas 1 y 2?

Cuando se hace la recolección de Lechugas de Agua se prefieren coger plantas jóvenes ya que al ser seres vivos nace, crecen, reproducen y se mueren. Aproximadamente las Lechugas de Agua jóvenes tienen de 5 a 7 botones con un volumen aproximado de 12500 cm³

15. ¿Cuánto tiempo de vida tiene aproximadamente una Lechuga de Agua en las Lagunas 1 y 2?

Aproximadamente 10 días.

16. ¿Cómo mitigan el problema de Biomasa generado por las Lechugas de Agua?

Con un control diario exhaustivo en donde no se permite el estancamiento del flujo continuo ni la degradación de la Lechuga de Agua.

17. ¿Quién se encarga del análisis de Calidad de Agua?

Un laboratorio acreditado por el Servicio de acreditación del Ecuador (SAE). En este caso Elicrom.

18. ¿Quién es la Autoridad Competente para emitir permisos para la descarga de aguas residuales?

El proyecto cuenta con una licencia ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

19. ¿Cuántas personas trabajan en el campamento?

200 personas.

20. ¿El personal encargado de la operación de la planta usan equipo de seguridad?

Sí.

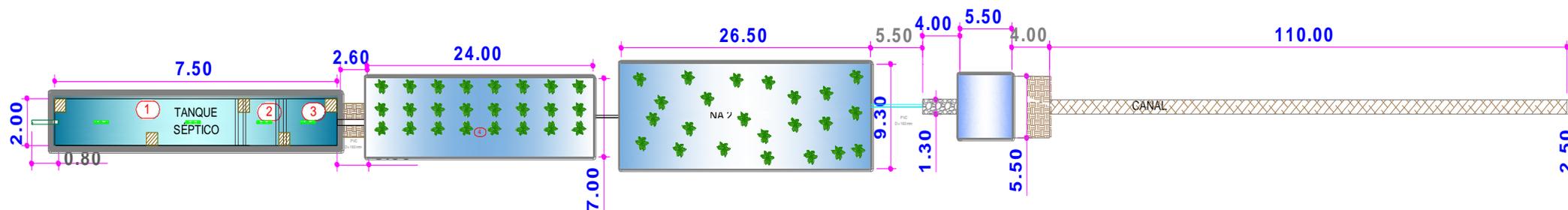
21. ¿Qué tiempo se toman en dar mantenimiento a la planta?

1 hora para el desbroce y 2 horas para la cosecha y limpieza.

22. ¿Tienen registros históricos y análisis de calidad de agua?

Sí.

ANEXO 6: ESQUEMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DEL CAMPAMENTO PTAR-LAS ESCLUSAS



Fotografía 114 Esquema realizado en Autocad de la Medición en campo previamente hecha en el Sistema de Tratamiento de Agua Residual Doméstica del Campamento Ptar- Las Esclusas

Elaboración: Liz Santacruz Figueroa

NOTA: LAS MEDIDAS INDICADAS EN EL ESQUEMA SE ENCUENTRAN EN UNIDADES MÉTRICAS.

ANEXO 7: INFORME DE ENSAYOS DEL LABORATORIO ELICROM SOBRE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS EN EL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS.

	INFORME DE ENSAYOS N° WE-0777-0001-17 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
---	---

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
 ANTONIO LEON
 Prov. del Guayas; Cantón Guayaquil – Av. Francisco Huertas
 22408038

Guayaquil, 19 octubre 2017

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	0625144/9749447	Muestreado por:	ELICROM Cia. Ltda.
Punto de Muestreo:	LAGUNA DE OXIDACION DE CAMPAMENTO	Muestreador:	JORGE ARTURO MORAN CHOEZ
Código de la Muestra:	0777-0001-17	Fecha y Hora de Muestreo:	29/09/17 11:40:00
Norma Técnica de Muestreo:	NTE INEN 2176:2013/2169:2013	Condiciones Ambientales:	39.9°C/39.0%HR
Procedimiento de Muestreo:	PEE.EL.079	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	29/09/17 16:30:00
Plan de Muestreo:	PEE.EL.056		

RESULTADOS

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	U = K2	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	METODO ANALITICO	ANALIZADO	VALOR DE REFERENCIA
PH**	7.15	U pH	0.020	PEE.EL.021	SM 4500 H+B	2017-09-29 JOM	—
TEMPERATURA**	25.3	°C	0.211	PEE.EL.022	SM 2550 B	2017-09-29 JOM	—
CADMIO*	< 0.86	mg/L	—	PEE.EL.035	SM 3111 B	04-10-17 LIA	—
PLOMO*	0.1002	mg/L	0.0026	PEE.EL.035	SM 3113	04-10-17 LIA	—
PLATA*	N/D	mg/L	—	PEE.EL.035	SM 3111 B	04-10-17 LIA	—
ARSENICO*	0.0787	mg/L	0.0020	PEE.EL.035	SM 3113	04-10-17 LIA	—
BARIO*	0.4367	mg/L	0.0112	PEE.EL.035	SM 3500-Ba	04-10-17 LIA	—
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	177	mg/L	3	PEE.EL.026	SM 5220 D	2017-10-06 MRR	—
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO*	27.00	mg/L	5.79	PEE.EL.030	SM 5210 B	06/10/17 MRR	—
CLORO TOTAL*	0.13	mg/L	—	PEE.EL.044	SM 4500 Cl G	06/10/17 MRR	—
SULFUROS*	0.173	mg/L	0.0073	PEE.EL.065	SM 4500- S2	06/10/17 MRR	—
COLIFORMES TOTALES*	2.50E+02	NMP/100mL	—	—	HACH 8001	29-09-17 DEV	—
ACEITES Y GRASAS#	1.00	mg/L	0.08	PEE-GQM-FQ-03	SM 2012, 22TH	16-10-17 NS	—
NITRATOS#	3.99	mg/L	—	PEE-GQM-FQ-10	SM 2012, 22TH	04-10-17 LS	—
NITRITOS#	0.13	mg/L	—	PEE-GQM-FQ-14	SM 2012, 22TH	04-10-17 NS	—

1. Los parámetros que no se encuentran marcados están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
2. Los parámetros marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
3. Los parámetros marcados con (**) el resultado está fuera del alcance de acreditación
4. Los parámetros marcados con (#) el resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado
5. Las opiniones e interpretaciones (-) se encuentra fuera del alcance del SAE

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
< LD	Menor al Limite de Detección	N/D	No detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed.

DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presento ninguna desviación del procedimiento durante el muestreo y el analisis.

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas

Este informe no podra reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobacion escrita de ELICROM

N° WE-0777-0001-17

FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 1 de 3

Dirección: Cda Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
 Pbx:2282007; Cel:0993840091,0997448710; bsantana@elicrom.com; dvega@elicrom.com
 GUAYAQUIL - ECUADOR



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0777-0001-17
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
ANTONIO LEON
Prov. del Guayas; Cantón Guayaquil – Av. Francisco Huertas
22408038

Guayaquil, 19 octubre 2017

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	0626144/9749447	Muestreado por:	ELICROM Cia. Ltda.
Punto de Muestreo:	LAGUNA DE OXIDACION DE CAMPAMENTO	Muestreador:	JORGE ARTURO MORAN CHOEZ
Código de la Muestra:	0777-0001-17	Fecha y Hora de Muestreo:	29/09/17 11:40:00
Norma Técnica de Muestreo:	NTE INEN 2176:2013/2169:2013	Condiciones Ambientales:	39.9°C/39.0%HR
Procedimiento de Muestreo:	PEE.EL.079	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	29/09/17 16:30:00
Plan de Muestreo:	PEE.EL.056		

REGISTROS FOTOGRAFICOS



Deborah Vega Matias.

ING. DÉBORA VEGA M.
COORDINADORA DE ANALISIS

Bricio Santana S.

ING. BRICIO SANTANA S.
COORDINADOR DE MUESTREO

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas

Este informe no podra reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobacion escrita de ELICROM

N° WE-0777-0001-17

FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 2 de 3

Direccion: Cdía Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
Pbx:2282007; Cel:0993840091,0997448710; bsantana@elicrom.com; dvega@elicrom.com
GUAYAQUIL - ECUADOR



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0777-0001-17
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

ANEXO

INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO SUBCONTRATADO

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas
Este informe no podra reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobacion escrita de ELICROM
WE-0777-0001-17
FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 3 de 3

Direccion: Cdla Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
Pbx:2282007; Cel:0993840091,0997448710; bsantana@elicrom.com; dvega@elicrom.com
GUAYAQUIL - ECUADOR



68585-1 17/10/17 14:52:51 Luis

ELICROM CIA. LTDA.

Representante Legal: PINEDA GONZALEZ JAIME RODRIGO
Av. Juan Tanca Marengo km 1½ y Av Joaquín O., Guayaquil Guayas, Tel. 2282007 Ext. 303
Atención: Ing. Brício Santana

Guayaquil, 17 DE OCTUBRE DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 29/09/17 11:40 Guayaquil - Hidalgo e Hidalgo S.A.
Fecha/Hora Recepción Muestras: 03/10/17 13:55
Punto e Identificación de la Muestra: OT-0777-17 Laguna de Oxidación de Campamentos.
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: ELICROM CIA. LTDA. / Arturo Morán / Simple
Duración de Muestreo:
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

INORGANICOS NO METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Nitratos	3,99	mg/l	0,52	PEE-GQM-FQ-10	04/10/17 LS
Nitritos	0,13	mg/l	0,02	PEE-GQM-FQ-14	04/10/17 LS

AGREGADOS ORGANICOS:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas (3)	1,00	mg/l	0,08	PEE-GQM-FQ-03	16/10/17 NS

SIMBOLOGÍA:

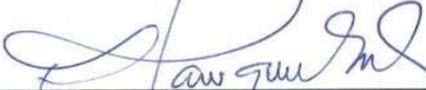
---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

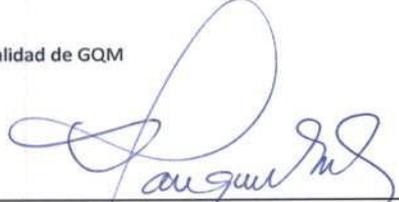
U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento Especifico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



68585-1 17/10/17 14:52:55 Luis

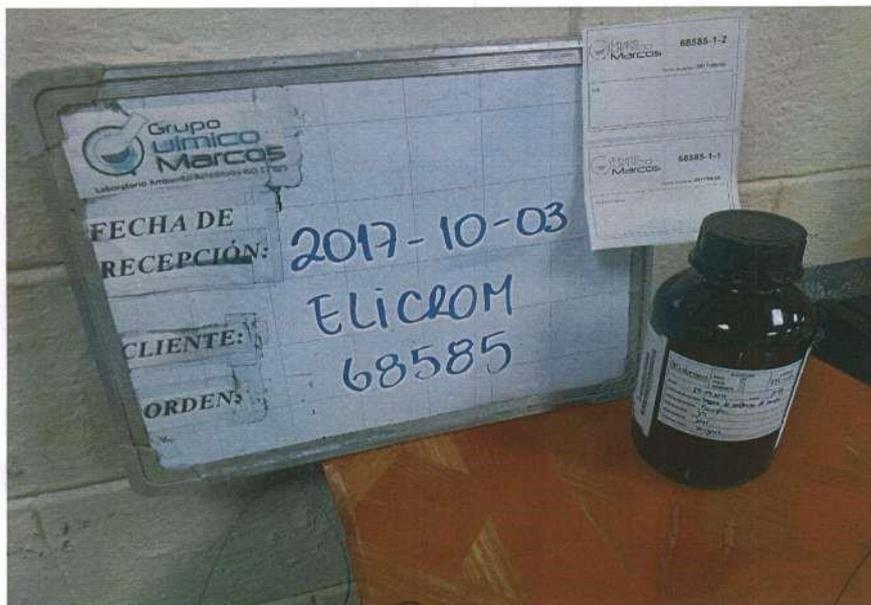
ELICROM CIA. LTDA.

Representante Legal: PINEDA GONZALEZ JAIME RODRIGO
Av. Juan Tanca Marengo km 1½ y Av Joaquín O., Guayaquil Guayas, Tel. 2282007 Ext. 303
Atención: Ing. Bricio Santana

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 29/09/17 11:40 Guayaquil - Hidalgo e Hidalgo S.A.
Fecha/Hora Recepción Muestras: 03/10/17 13:55
Punto e Identificación de la Muestra: OT-0777-17 Laguna de Oxidación de Campamentos.
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL
Muestreo por/Muestreador/Tipo de Muestreo: ELICROM CIA. LTDA. / Arturo Morán / Simple
Duración de Muestreo:
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



[Signature]
Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

[Signature]
Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0032-0001-18
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS
PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
AV GALO PLAZA LAZO N. 51127 Y ALGARROBOS
ING. ANTONIO LEÓN
0983090546

Guayaquil, 08 febrero 2018

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	0626392/9749781	Muestreado por:	ELICROM Cia. Ltda.
Punto de Muestreo:	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPAMENTO	Muestreador:	LUIS MIGUEL ALAY RODRIGUEZ
Código de la Muestra:	0032-0001-18	Fecha y Hora de Muestreo:	24/01/18 14:00:00
Norma Técnica de Muestreo:	NTE INEN 2176:2013/2169:2013	Condiciones Ambientales:	33.1°C/58%HR
Procedimiento de Muestreo:	PEE.EL.079	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	24/01/18 16:25:00
		Plan de Muestreo:	PEE.EL.056

RESULTADOS

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	U K=2	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	METODO ANALITICO	ANALIZADO	VALOR DE REFERENCIA
CADMIO*	N/D	mg/L	---	PEE.EL.035	SM 3111 B	2018-01-26 LIA	---
PLATA*	N/D	mg/L	---	PEE.EL.035	SM 3111 B	2018-01-26 LIA	---
PLOMO*	0.0201	mg/L	0.0005	PEE.EL.035	SM 3113	2018-01-26 LIA	---
ARSENICO*	0.1209	mg/L	0.0031	PEE.EL.035	SM 3113	2018-01-26 LIA	---
BARIO*	0.0608	mg/L	0.0016	PEE.EL.035	SM 3500-Ba	2018-01-26 LIA	---
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	98	mg/L	9	PEE.EL.026	SM 5220 D	2018-01-25 MRR	---
COLORO TOTAL*	0.57	mg/L	---	PEE.EL.044	SM 4500 CI G	2018-01-25 MRR	---
SULFUROS*	0.105	mg/L	0.0044	PEE.EL.065	SM 4500-S2	2018-01-25 MRR	---
NITRATOS#	14.61	mg/L	1.90	PEE.GQM.FQ.10	SM 2012, 22ED	2018-01-26 LS	---
NITRITOS#	1.06	NMP/100mL	0.19	PEE.GQM.FQ.14	SM 2012, 22ED	2018-01-26 LS	---
COLIFORMES TOTALES#	>2419700	NMP/100mL	---	PEE.GQM.MB.38	SM 2012, 22ED	2018-01-25 DEV	---
ACEITES Y GRASAS#	<0.44	mg/L	---	PEE.GQM.FQ.03	SM 2012, 22ED	2018-01-31 NS	---
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO#	57.96	mgO2/L	2.78	PEE.GQM.FQ.05	SM 2012, 22ED	2018-01-25 LS	---
PH**	8.13	U pH	0.462	PEE.EL.021	SM 4500 H+B	2018-01-24 LUA	---
TEMPERATURA**	34.1	°C	0.211	PEE.EL.022	SM 2442	2018-01-24 LUA	---

1. Los parámetros que no se encuentran marcados están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
2. Los parámetros marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE
3. Los parámetros marcados con (**) el resultado está fuera del alcance de acreditación
4. Los parámetros marcados con (#) el resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado
5. Las opiniones e interpretaciones (*) se encuentra fuera del alcance del SAE

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas

Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita de ELICROM

N° WE-0032-0001-18

FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 1 de 2

Direccion: Cda Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
TEL: 0983090546 - 0983090547 - 0983090548 - 0983090549 - 0983090550 - 0983090551 - 0983090552 - 0983090553 - 0983090554 - 0983090555 - 0983090556 - 0983090557 - 0983090558 - 0983090559 - 0983090560 - 0983090561 - 0983090562 - 0983090563 - 0983090564 - 0983090565 - 0983090566 - 0983090567 - 0983090568 - 0983090569 - 0983090570 - 0983090571 - 0983090572 - 0983090573 - 0983090574 - 0983090575 - 0983090576 - 0983090577 - 0983090578 - 0983090579 - 0983090580 - 0983090581 - 0983090582 - 0983090583 - 0983090584 - 0983090585 - 0983090586 - 0983090587 - 0983090588 - 0983090589 - 0983090590 - 0983090591 - 0983090592 - 0983090593 - 0983090594 - 0983090595 - 0983090596 - 0983090597 - 0983090598 - 0983090599 - 0983090600



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0032-0001-18
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS
PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
AV GALO PLAZA LAZO N. 51127 Y ALGARROBOS
ING. ANTONIO LEÓN
0983090546

Guayaquil, 08 febrero 2018

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	0626392/9749781	Muestreado por:	ELICROM Cia. Ltda.
Punto de Muestreo:	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPAMENTO	Muestreador:	LUIS MIGUEL ALAY RODRIGUEZ
Código de la Muestra:	0032-0001-18	Fecha y Hora de Muestreo:	24/01/18 14:00:00
Norma Técnica de Muestreo:	NTE INEN 2176:2013/2169:2013	Condiciones Ambientales:	33.1°C/58%HR
Procedimiento de Muestreo:	PEE.EL.079	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	24/01/18 16:25:00
		Plan de Muestreo:	PEE.EL.056

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
< LD	Menor al Límite de Detección	N/D	No detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed.

DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presento ninguna desviacion del procedimiento durante el muestreo y el analisis.

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas

Este informe no podra reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobacion escrita de ELICROM

N° WE-0032-0001-18

FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 2 de 2

Direccion: Cda Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol

TEL: 0983090546 FAX: 0983090546 0987448740 licrom@elicrom.com direccion@elicrom.com



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0032-0001-18
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS
PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS
AV GALO PLAZA LAZO N. 51127 Y ALGARROBOS
ING. ANTONIO LEÓN
0983090546

Guayaquil, 08 febrero 2018

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Origen de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Muestreo:	Simple
Coordenadas Geográficas:	0626392/9749781	Muestreado por:	ELICROM Cia. Ltda.
Punto de Muestreo:	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMPAMENTO	Muestreador:	LUIS MIGUEL ALAY RODRIGUEZ
Código de la Muestra:	0032-0001-18	Fecha y Hora de Muestreo:	24/01/18 14:00:00
Norma Técnica de Muestreo:	NTE INEN 2176:2013/2169:2013	Condiciones Ambientales:	33.1°C/58%HR
Procedimiento de Muestreo:	PEE.EL.079	Fecha y Hora de Recepción de Muestras:	24/01/18 16:25:00
		Plan de Muestreo:	PEE.EL.056

REGISTROS FOTOGRAFICOS



Débora Vega Matías

ING. DÉBORA VEGA M.
COORDINADORA DE ANALISIS

Bricio Santana S.

ING. BRICIO SANTANA S.
COORDINADOR DE MUESTREO

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas

Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita de ELICROM

N° WE-0032-0001-18

FO.PEE.020-02 Rev.10

Página 3 de 2



INFORME DE ENSAYOS
N° WE-0032-0001-18
ANALISIS DE CALIDAD DE AGUAS
PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

ANEXO

INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO SUBCONTRATADO

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas
Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita de ELICROM
WE-0032-0001-18
FO.PEE.020-02 Rev.10

Dirección: Cda Guayaquil Mz 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
TEL: 0995550073 Cel: 09999840001 0997448740 licrom@elicrom.com duena@elicrom.com



70464-1 05/02/18 17:47:45 Luis

ELICROM CIA. LTDA.

Representante Legal: PINEDA GONZALEZ JAIME RODRIGO
Av. Juan Tanca Marengo km 1½ y Av Joaquín O., Guayaquil Guayas, Tel. 2282007 Ext. 303
Atención: Ing. Bricio Santana

Guayaquil, 5 DE FEBRERO DEL 2018

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 24/01/18 14:00 Guayaquil - Hidalgo e Hidalgo
Fecha/Hora Recepción Muestras: 25/01/18 15:41
Punto e Identificación de la Muestra: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (0032-1-17)
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: ELICROM CIA. LTDA. / Cliente / Simple
Duración de Muestreo:
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

INORGANICOS NO METALES:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Nitratos	14,61	mg/l	1,90	PEE-GQM-FQ-10	26/01/18 LS
Nitritos	1,06	mg/l	0,19	PEE-GQM-FQ-14	26/01/18 LS

AGREGADOS ORGANICOS:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas (3)	< 0,44	mg/l	---	PEE-GQM-FQ-03	31/01/18 NS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	57,96	mgO ₂ /l	2,78	PEE-GQM-FQ-05	25/01/18 LS

MICROBIOLOGIA:

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes Totales-NMP (3)	>2419700	NMP/100ml	---	PEE-GQM-MB-38	25/01/18 GL

SIMBOLOGÍA:

---- No. Aplica
< LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permissible
P.E.E. Procedimiento Específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



70464-1 05/02/18 17:47:48 Luis

DATOS DE MUESTREO

Fecha/Hora/Lugar de Muestreo: 24/01/18 14:00 Guayaquil - Hidalgo e Hidalgo
Fecha/Hora Recepción Muestras: 25/01/18 15:41
Punto e Identificación de la Muestra: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (0032-1-17)
Matriz de la muestra: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreado por/Muestreador/Tipo de Muestreo: ELICROM CIA. LTDA. / Cliente / Simple
Duración de Muestreo: ---
Coordenadas Geográficas: ---
Norma Técnica de muestreo: N/A---
Muestreo Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DQO, Aceites y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Santacruz Figueroa, Liz Scarlett**, con C.I: # **0930559950** autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, 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 titulación 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 SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de **marzo** de **2018**

f. _____

Nombre: **Santacruz Figueroa, Liz Scarlett**

C.I: **0930559950**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación del efecto de las plantas acuáticas en el tratamiento de aguas servidas.		
AUTOR(ES)	Santacruz Figueroa, Liz Scarlett		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Carrera de Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de marzo de 2018	No. PÁGINAS:	DE 207
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	plantas acuáticas flotantes, tratamiento, aguas residuales domésticas, eficiencia, materia orgánica en DBO, DQO, nutrientes, remoción biomasa, planta piloto		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente estudio se realizó con el fin de analizar el efecto que realizan las plantas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales domésticas, evaluando la eficiencia en diversos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, característicos de una descarga a un cuerpo de agua dulce considerable dentro de los límites de la norma técnica TULSMA que regula en el país. Además, se pudo evaluar mediante ensayos en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, dos sistemas de tratamiento de agua residual doméstica independientes, uno de ellos constaba de un Tanque Séptico, Lagunas de Lechuga de Agua cubriendo total y parcialmente la superficie y por último un filtro de piedra caliza. En cambio, en el otro caso se tenía instalada una planta piloto que constaba de 5 tanques Plastigama de 250 y 500 litros de capacidad, en los cuales el primer tanque era homogeneizador y los 4 restantes poseían en sus superficies dos tipos de plantas acuáticas (Lechuga de Agua y Lenteja de Agua) asimismo cubriendo total y parcialmente la superficie conforme se realiza la descarga. Luego de los muestreos, se realizaron gráficos comparativos para establecer la eficiencia de cada proceso verificando que los resultados obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo permisible de la norma, siempre teniendo un control constante para que las plantas acuáticas puedan realizar su función. Finalmente, se mencionan los futuros usos que se les podría otorgar a las plantas acuáticas después de su uso en el tratamiento de aguas residuales.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-6547958	E-mail: liz.santacruz@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA	
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	