UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

EVALUACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE DIRIA-DIRIOMO, DEPARTAMENTO DE GRANADA.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Bernys Inés Fonseca Huerta

Br. José Ángel Luna Gaitán

Br. Pablo Martín Pomares Silva

Tutor

MSC. Ing. María Elena Baldizón Aguilar

Managua, Abril 2018

CONTENIDO

I. GENERALIDADES 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 ANTECEDENTES 2
1.3 JUSTIFICACIÓN 4
1.4 OBJETIVOS 5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 6

2.1 UBICACIÓN 6
2.1.1 Macro y microlocalización 6
2.1.2 Ubicación y características generales de Diriá y Diriomo 7
2.1.3 Descripción de la planta de tratamiento de Diriá-Diriomo 9
2.1.4 Tratamiento primario 13

III. MARCO TEÓRICO 16

3.1 AGUAS RESIDUALES 16
3.1.1 Características de las aguas residuales 16
3.2 REGLAMENTO PARA LAS DISPOSICIONES DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES. 23
3.3 CAUDALES DE AGUA RESIDUAL 25
3.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 26
3.4.1 Objetivo del tratamiento de las aguas residuales 26
3.4.2 Descripción del pretratamiento 26
3.4.3 Descripción del tratamiento primario 28
3.4.4 Descripción del tratamiento secundario 31
3.5 BIODEGRADACIÓN 37
3.6 MEDICIÓN DE CAUDALES 38
3.7 MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES 38
3.8 IMPACTO AMBIENTAL 39
3.8.1 Emisiones de metano 39
3.9 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR 40

IV. DISEÑO METODOLÓGICO 43

4.1 ESTUDIO DE CAMPO 43
4.1.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 43
4.1.1.1 MEDICIÓN DE CAUDALES 43
4.1.1.2 TOMA DE MUESTRAS 45
4.1.1.3 DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN 48
4.2 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS 48

V. PRESENTACION DE RESULTADOS 50
5.1 CAUDAL EN LA ENTRADA GENERAL DE LA PTAR 50
5.1.1 Comparación del caudal de diseño vs caudal de operación 52
5.1.2 Cálculo del consumo percápita 53
5.1.3 Cálculo de factor de retorno 54
5.2 CÁLCULO DE LA CARGA HIDRÁULICA EN EL DESARENADOR 55
5.3 CÁLCULO DE LA CARGA HIDRÁULICA EN EL TANQUE IMHOFF 55
5.3.1 Caculo de tiempo de retención hidráulica en el tanque Imhoff 56
5.4 CAUDALES EN LA ENTRADA Y SALIDA EN LOS BIOFILTROS 1.1 Y 1.2 56
5.4.1 Porcentaje de distribución de caudal para el biofiltro 1.1 Y 1.2 57
5.4.2 Cálculo de áreas para biofiltro 1.1 y 1.2 58
5.4.3 Cálculo de tiempo de retención en los biofiltros 1.1 y 1.2 59
5.4.4 Cálculo de carga hidráulica en biofiltros 1.1 y 1.2 60
5.4.5 Pérdida de caudales en biofiltro 1.1 y 1.2 60
5.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL AFLUENTE Y EFLUENTE EN CADA TECNOLOGÍA 61
5.6 EFICIENCIAS EN LA REMOCIÓN EN LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO 63
5.7 CONSTANTES DE DEGRADACIÓN EN LOS BIOFILTROS 70
5.8 CARGA TOTAL APLICADA TEÓRICA VS CARGA TOTAL APLICADA REAL 71
5.9 APORTE PERCÁPITA PARA LA DBO 72
5.10 BIODEGRADACIÓN 73
5.11 IMPACTO AMBIENTAL 74
5.11.1 Cálculo de emisión de gas 74
5.11.2 Infiltración del efluente en cuerpo receptor 75
6.1 CONCLUSIONES 76
6.2 RECOMENDACIONES 77
BIBLIOGRAFIA 78
ANEXOS I

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. MACROLOCALIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE GRANADA 6
ILUSTRACIÓN 2. LOCALIZACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE DIRIA-DIRIOMO 6
ILUSTRACIÓN 3. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 9
ILUSTRACIÓN 4. DESCRIPCIÓN DE LA PTAR DIRIA-DIRIOMO 10
ILUSTRACIÓN 5. ESQUEMA DE LA PTAR DIRIÁ-DIRIOMO 10
ILUSTRACIÓN 6. CAJA DE ENTRADA 11
ILUSTRACIÓN 7. REJILLAS 11
ILUSTRACIÓN 8. DESARENADOR 12
ILUSTRACIÓN 9. MEDIDOR PARSHALL 12
ILUSTRACIÓN 10. TANQUE IMHOFF 14
ILUSTRACIÓN 11. SECADO DE LODOS 14
ILUSTRACIÓN 12. BIOFILTROS 15
ILUSTRACIÓN 13. DIAGRAMA DE FLUJO DEL BIOFILTRO 32
ILUSTRACIÓN 14. GRANULOMETRÍA DEL LECHO FILTRANTE UTILIZADO EN NICARAGUA 35
ILUSTRACIÓN 15. PLANTAS MACRÓFITAS 37
ILUSTRACIÓN 16. PUNTOS DE AFORO Y MUESTREO 44
ILUSTRACIÓN 17. ENTRADA Y SALIDA DE BIOFILTRO 1.1 45
ILUSTRACIÓN 18. RECIPIENTE PARA ALMACENAR MUESTRA 46
ILUSTRACIÓN 19. ACCESORIOS DE PROTECCIÓN 48
ILUSTRACIÓN 20. CUERPO RECEPTOR 75
ILUSTRACIÓN 21. PROPUESTA PARA LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN 77

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE SOLIDOS TOTALES 17
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE SOLIDOS TOTALES 17
TABLA 3. BIODEGRADABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL 20
TABLA 4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE VERTIDOS HASTA 75,000 HABITANTES 24
TABLA 5. PARÁMETROS DE CALIDAD DE VERTIDOS DECRETO 21-2017 24
TABLA 6. DOTACIÓN DE AGUA POTABLE 25
TABLA 7. MATERIALES DE CAMPO, EQUIPOS Y ACCESORIOS DE PROTECCIÓN 47
TABLA 8. CAUDALES PROMEDIOS EN LA ENTRADA GENERAL DE LA PTAR 52
TABLA 9. DATOS UTILIZADOS PARA CALCULAR LA CARGA HIDRÁULICA EN EL DESARENADOR 55
TABLA 10. DATOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE CARGA HIDRÁULICA TANQUE IMHOFF 55
TABLA 11. RESULTADO DE CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA PARA B1.1 Y B1.2 56
TABLA 12. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES PARA B1.1 Y B1.2 57
TABLA 13. CAUDALES TEÓRICOS Y CAUDALES REALES PROPORCIONADOS POR ENACAL 58
TABLA 14. VALORES UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE DIMENSIONES DE B1.1 Y B1.2 58
TABLA 15. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE BIOFILTROS 1.1 Y 1.2 59
TABLA 16. TIEMPO DE RETENCIÓN EN BIOFILTROS 1.1 Y 1.2 59
TABLA 17. CARGA HIDRÁULICA EN BIOFILTROS 1.1 Y 1.2 60
TABLA 18. PÉRDIDAS DE CAUDALES EN LOS BIOFILTROS 1.1 Y 1.2 60
TABLA 19. FILTRACIÓN BÁSICA EN LOS SUELOS 61
TABLA 20. CARACTERIZACIÓN FÍSICA PROMEDIO DEL AFLUENTE Y EFLUENTE 62
TABLA 21. RESULTADOS DEL PARÁMETRO DBO5 63
TABLA 22. RESULTADOS DEL PARÁMETRO DQO 64
TABLA 23. RESULTADOS DEL PARÁMETRO SST 65
TABLA 24. RESULTADOS DE PARÁMETRO COLIFORMES FECALES 66
TABLA 25. RESULTADOS DEL PARÁMETRO SAAM 67
TABLA 26. RESULTADOS DEL PARÁMETRO NITRÓGENO 68
TABLA 27. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÓSFORO 69
TABLA 28. CÁLCULO DE CONSTANTES DE DEGRADACIÓN 70
TABLA 29. CALCULO DE APORTE PERCÁPITA 72
TABLA 30. BIODEGRADABILIDAD 73

GLOSARIO

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

CAD: Cooperación Austriaca para el Desarrollo.

UNI: Universidad Nacional de Ingeniería.

MARENA: El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

ENITEL: Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones.

MINSA: Ministerio de salud.

INIFOM: Instituto de Fomento Municipal.

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado.

$DBO_{5:}$ Demanda Biológica de Oxigeno.

DQO: Demanda Química de Oxigeno.

CF: coliformes Fecales.

PH: Potencial Hidrogeno.

SSA: Secretaria de Saneamiento Ambiental.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

SS: Sólidos Suspendidos.

m^3/día: metro cubico sobre día.

mm: Milímetros.

cm: Centímetros.

m: Metros.

km: Kilómetros.

Cm/s: Centímetros por segundo.

M^3: Metros cuadrados.

Ha: Hectáreas.

L: Litros.

M^3: Metros cúbicos.

L/s: Litros por segundo.

L/hab: Litros por habitante.

gr: Gramos.

mg: Miligramos.

mg/l: Miligramos por litro.

°C: Grados centígrados.

SAAM: sustancia activa al azul de metileno.

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, que me ha brindado una vida llena de alegría y aprendizaje, permitiéndome vivir una grata experiencia en la etapa universitaria.

A mis padres por el apoyo, paciencia, fortaleza para salir adelante y el ejemplo de superación como parte fundamental de nuestra vida.

A mi familia por el apoyo, consejos y experiencias que han contribuido a mi formación académica y a mi vida.

A nuestra tutora Ing. María Elena Baldizón Aguilar por la asesoría en el desarrollo de la presente investigación.

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP) donde me forme como profesional.

A la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) por permitirnos realizar nuestra investigación al aprobar nuestro tema monográfico.

A mis amigos que me han acompañado a lo largo de este proceso tanto fuera como dentro de la universidad.

Br. Bernys Inés Fonseca Huerta

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su amor, fidelidad, protección y misericordia.

Agradezco a mi padre Juvencio Fonseca y a mi madre Juana Huerta por apoyarme en todo momento y alentarme a convertirme en un profesional.

Agradezco a mi Familia que me han animado siempre y de manera especial a mi hermana Raquel Fonseca y mi cuñado Santos Urbina quienes me apoyaron en mis estudios universitarios y mi inspiraron a seguir adelante cada día.

Agradezco a mi tutora la Ing. María Elena Baldizón por haber aceptado apoyarnos en la realización de esta monografía.

Agradezco a la Ing. Craudy Norori por todo el apoyo y la disposición de compartir sus conocimientos para la elaboración de este trabajo monográfico.

Agradezco al Equipo de Saneamiento Nacional de ENACAL CENTRAL en especial al Ing. Edwing Sandoval, al Ing. Roland Montenegro y al Lic. Norlan Mejía por su valioso apoyo técnico en el desarrollo de este tema.

Agradezco a los compañeros de ENACAL Granada por brindarnos información necesaria para el desarrollo de este trabajo monográfico. En especial al Lic. Erving Baca Martínez por apoyarnos con el transporte de las muestras.

Agradezco a todas las personas que apoyaron de principio a fin la realización de esta monografía.

Br. Bernys Inés Fonseca Huerta

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis a mis padres que han sido mi mayor motivación para que haya alcanzado esta meta, que con gran sacrificio y amor me brindaron el apoyo y el tiempo necesario para culminar mi carrera universitaria. De igual manera a mi hermana que siempre me brindo palabras de aliento para que siguiera adelante y lograra ser un profesional. Dedico también este trabajo a mis amigos con los cuales he aprendido y vivido experiencias a lo largo de estos cinco años de mi carrera universitaria.

José Ángel Luna Gaitán

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por darme las fuerzas y la sabiduría para terminar mis estudios universitarios.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional y el amor que siempre me brindaron

Agradezco a la Ing. María Elena Baldizón tutora de nuestra tesis, que nos ha brindado de su tiempo y conocimiento para culminar con éxito esta investigación.

Agradezco al Equipo de Saneamiento Nacional de ENACAL CENTRAL, en especial a la Ing. Craudy Norori por brindarnos su conocimiento, tiempo e información necesaria para esta investigación

Agradezco a los Ing. Edwin Sandoval y Roland Montenegro y al Lic. Norlan Mejía por todo el apoyo y el tiempo que nos dedicaron para el desarrollo de este tema.

Agradezco a todas las personas que aportaron al desarrollo de esta investigación.

José Ángel Luna Gaitán

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres y abuelos, quienes con su infinito amor, apoyaron diario el esfuerzo y sacrificio de estos años de carrera y depositaron su confianza en mí. Y se han constituido en el cimiento para cumplir tan anhelada meta. A mis hermanas, por su cariño y la calidez de familia que tanto amo. Finalmente, a mis amigos con quienes he convivido muchas experiencias a lo largo de esta vida universitaria y trabajo Monográfico.

Pablo Martin Pomares Silva

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por haberme dado la sabiduría, las fuerzas necesarias para llevar a cabo mis estudios Universitarios.

Agradezco al equipo de Saneamiento ENACAL: ing. Craudy Norori, ing. Edwing Sandoval, ing. Roland Montenegro, Lic. Norlan Mejía por habernos dado la ayuda incondicionalmente en todos los aspectos de aprendizaje de la tesis monográfica.

Agradezco Especialmente a la Ing. María Elena Baldizón tutora de nuestra tesis, quien ha sabido apoyar el presente trabajo con interés y dedicación. Nos ha regalado su conocimiento y experiencia que han sido una invaluable guía de nuestras labores, para hacer posible que esta investigación sea parte importante de una biblioteca informativa.

Pablo Martín Pomares Silva

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio consistió en la evaluación la planta de tratamiento de aguas residuales de Diría-Diriomo, para determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad de vertido haciendo uso del decreto 33-95, dicha evaluación se realizó durante el periodo 2017. La planta evaluada está constituida por rejillas manuales, desarenador, canaleta Parshall, un tanque Imhoff y 7 biofiltros o humedales artificiales de los cuales solo se evaluaron 2 unidades de biofiltros.

El propósito de la evaluación fue determinar la eficiencia que tiene cada tecnología en la remoción de los parámetros establecidos en el decreto 33-95 y posteriormente comprobar si el dimensionamiento de cada elemento es proporcional al caudal de operación encontrado. Para evaluar la PTAR Diriá-Diriomo se realizaron 5 monitoreos comenzando en el mes de junio y culminando en el mes de noviembre. La evaluación consistió en realizar actividades de campo tales como: monitoreo de caudales y tomas de muestras.

Los resultados emitidos por los laboratorios de Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ENACAL, demuestran que el tratamiento primario o tanque Imhoff remueve un 29.84% de la DBO_5 y un 29.36% de la DQO, mientras tanto para el tratamiento secundario la eficiencias registradas son la siguientes, para el biofiltro 1.1 la DBO_5 fue de 93.92% y 91.11% para la DQO, para el biofiltro 1.2 la DBO_5 fue de 92.66% y 89.53% para la DQO.

La eficiencia del tanque Imhoff en la remoción de solidos suspendidos totales fue de 51.33%, mientras tanto para el biofiltro 1.1 fue de 84.40% y para el biofiltro 1.2 fue de 82.35%, siguiendo con el parámetro coliformes fecales, los resultados de eficiencias fueron los siguientes, la concentración registrada en la salida del tanque Imhoff fue, de $3.23*10^7$ NMP/100 ml, equivalente a un 85.59% de eficiencia en la remoción del parámetro coliformes fecales, mientras tanto para el biofiltro 1.1 la concentración registrada en la salida fue de $2.07*10^4$ NMP/100 ml, equivalente a un 99.94% de remoción del parámetro y para la salida del biofiltro 1.2 la concentración registrada fue

de $2.33*10^4$ NMP/100 ml equivalente a un 99.93% de remoción del parámetro coliformes fecales.

Los resultados de la caracterización del efluente demuestran que la tecnología tanque Imhoff más Biofiltro, es eficiente en la remoción de algunos parámetros establecidos en el decreto 33-95. Sin embargo hay que mencionar que los resultados obtenidos haciendo uso del decreto vigente 21-2017 todos los parámetros determinados, cumplen en su totalidad.

Se realizaron monitoreos de caudales en la entrada general de la PTAR así como también en la entrada y salida de los biofiltros 1.1 y 1.2, para determinar si el dimensionamiento de cada tecnología que conforma la PTAR es el adecuado, con respecto al caudal de operación promedio registrado de los 5 monitoreos efectuados. Los resultados demostraron que actualmente la planta no ha llegado a su caudal de diseño por consiguiente no muestra ningún problema con respecto al dimensionamiento.

Finalmente para este estudio se determinó una serie de conclusiones y recomendaciones que al ser implementadas en el sistema de tratamiento de aguas residuales, podrán contribuir a la mejora del funcionamiento de las unidades que conforman la PTAR.

I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El tratamiento de las aguas residuales domésticas puede llevarse a cabo mediante diversos métodos. Todos estos se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas se conciben con base en procesos biológicos (Rolim, 2000).

En la búsqueda de soluciones para el tratamiento de las aguas residuales domésticas aplicando tecnología de bajo consumo de energía, dentro de los procesos biológicos, se ha promovido la utilización de las lagunas de estabilización, los tratamientos primarios de alta eficiencia, los filtros percoladores, y los humedales artificiales o biofiltros (OPS, 1999).

Actualmente existe la necesidad de realizar estudios que evalúen el funcionamiento de las PTAR implementadas en nuestro país, para fundamentar los diseños futuros que se efectuarán en otras poblaciones. De acuerdo con esto, se definió como objetivo central de esta investigación evaluar el comportamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Diriá-Diriomo.

La evaluación de esta PTAR consistió, en realizar las mediciones de caudales y toma de muestras compuestas en la entrada general de la planta, salida del tratamiento primario y salida del tratamiento secundario (Biofiltros 1.1 y 1.2), con el objetivo de interpretar su funcionamiento en términos hidráulicos y la eficiencia en remoción de carga orgánica que tiene cada tecnología que la conforma.

Se realizaron conclusiones que describen el estado actual de la planta y posteriormente se aportaron recomendaciones para mejorar posibles funcionamientos deficientes.

Es importante mencionar que en el tratamiento secundario solo se evaluaron dos biofiltros, por motivo que, para monitorear los 7 biofiltros se necesitan aproximadamente de tres operadores por unidad y debido a la falta de recursos no se pudo pagar a un personal extra que realizara dichas actividades.

1.2 Antecedentes

El sistema de tanque imhoff mas biofiltro fue introducido en Nicaragua por la Cooperación Austriaca para el Desarrollo (CAD), la que tuvo como contraparte a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Como parte del proyecto, se construyó una planta piloto para tratar las aguas residuales generadas por aproximadamente 1,000 personas en un barrio de la ciudad de Masaya. Las investigaciones efectuadas en esta planta piloto permitieron obtener los criterios técnicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de este tipo de sistema.

Actualmente en Nicaragua, existen al menos siete sistemas de tanque imhoff más biofiltros, construidos para dar tratamiento a las aguas residuales generadas por pequeñas poblaciones, los cuales se encuentran en operación, proporcionando resultados similares a los obtenidos en la planta piloto de Masaya.

La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Diriá- Diriomo fue financiada por el reino de España con el objetivo de mejorar las condiciones higiénicas de los pobladores de estos municipios.

El proyecto se realizó en dos etapas, la primera consistió en la construcción de obras de pretratamiento tales como rejas y desarenador y para medición de caudal se instaló una canaleta Parshall, como tratamiento primario se construyó un tanque Imhoff y como tratamiento secundario cuatro biofiltros de flujo sub-superficial y posteriormente se construyó la segunda etapa, la cual consistió en tres biofiltros más.

Tiempo después, de la puesta en marcha de la planta, la empresa ENACAL realizó modificaciones en el tratamiento primario, colocando una placa de hierro con pequeñas aberturas en la salida del tanque imhoff, para retener las natas que pasaban directamente hacia los biofiltros afectando el funcionamiento de estos. Otra modificación que se realizó, fue la distribución de caudal existente en los biofiltros, ya que el tubo perforado que servía como distribuidor de caudal, era deficiente, ocasionando estancamiento de agua en ciertos puntos del área de los biofiltros, por

consiguiente se instalaron canales con pequeños vertederos para distribuir el agua residual por todo lo ancho de los biofiltros.

Según datos proporcionados por la empresa ENACAL se desconoce cuándo comenzó la construcción de la primer y segunda etapa, sin embargo, se sabe que la PTAR de Diriá-Diriomo entro en operación en al año 2010.

1.3 Justificación

Es importante saber si la planta de tratamiento de aguas residuales de Diria-Diriomo está cumpliendo con las normas de vertido existente, pues de lo contrario se pueden generar consecuencias negativas de tipo ambiental como contaminación del cuerpo receptor, perjudicar las especies que habitan en la zona y en especial afectar la salud humana.

Cabe mencionar que la evaluación se realizó para identificar los posibles problemas existentes en el funcionamiento del sistema, sin obviar que este estudio permitirá que la empresa ENACAL la cual es la encargada de su operación y mantenimiento, mejore la eficiencia de los procesos de depuración de aguas residuales y garantizar los estándares de calidad de vertidos establecidos por el decreto 33-95.

También el motivo de esta evaluación es identificar como está operando la PTAR después de las modificaciones que se realizaron en los distintos procesos de tratamientos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de Diría-Diriomo, para determinar el cumplimiento de los parámetros de calidad de vertido haciendo uso del decreto 33-95.

1.4.2 Objetivos específicos

a) Determinar la eficiencia de la PTAR con respecto a la remoción de materia orgánica, solidos suspendidos, coliformes fecales, y nutrientes de acuerdo a normas técnicas a examinar.
b) Realizar medición de caudales tanto en la entrada principal de la PTAR como en la entrada y salida de los biofiltros 1.1 y 1.2 para conocer el funcionamiento en términos hidráulicos de cada sistema.
c) Proponer alternativas para mejorar la eficiencia de los sistemas en caso que no estén operando correctamente.

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación

2.1.1 Macro y microlocalización

Granada está ubicada en la zona suroeste del país a 45 km de la capital Managua, es la cabecera del departamento de Granada el cual tiene una extensión territorial de 929 km² con una población de 110,326 habitantes. Está conformado por cuatro municipios: Granada (cabecera departamental 531 km²), Diría (16 km²), Diriomo (42 km²) y Nandaime con (340 km²). (Ver ilustración 1)

Ilustración 1. Macrolocalización del departamento de Granada



Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción Informe Final del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá

El proyecto de alcantarillado sanitario se ubica en las cabeceras municipales de Diriá y Diriomo, según los alcances del proyecto, los límites de estudio se esquematizan en la siguiente figura. (Ver ilustración 2).

Ilustración 2. Localización de las localidades de Diria-Diriomo



Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción Informe Final del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá

2.1.2 Ubicación y características generales de Diriá y Diriomo

El municipio de Diriá se ubica entre las coordenadas 11º 53´ latitud norte y 86º 03´ longitud oeste. La cabecera municipal se encuentra a una distancia de 64 kilómetros de Managua. En promedio este municipio se encuentra a 364 msnm. Tiene una superficie 25.52 kilómetros cuadrados. Los límites territoriales son: Al norte con el municipio de San Juan de Oriente y la Laguna de Apoyo. Al sur con el municipio de Nandaime. Al este con los municipios de Diriomo y Granada. Al oeste con los municipios de Niquinohomo y la Paz de Carazo.

El sector urbano está divido en 7 barrios; que se denominan: barrio Mario Narváez, barrio Ricardo Rivera, Barrio La Flor, barrio Juan Francisco Rivera, barrio Pedro Arauz, reparto San Pedro y reparto la Esperanza.

El municipio de Diriá es topográficamente irregular, posee algunas serranías como el cerro de la Flor, cerro de las Ardillas y el cerro las Piedras.

El municipio de Diriomo se localiza entre las coordenadas 11°52’ latitud norte y 86º 03’ longitud oeste. Sus límites territoriales son; al norte con el municipio de Diriá, al sur con el municipio de Nandaime, al este con el municipio de Granada y al oeste municipio de La Paz de Carazo. En promedio el municipio se ubica a una altitud sobre el nivel del mar de 345 metros.

Diriomo cuenta con una extensión territorial de 50.08Km^2, con una densidad poblacional es de 547.6 habitantes por Km^2, según datos del INEC. El casco urbano del municipio cuenta con cuatro barrios, tres repartos, ellos son; Barrio El Recreo, Barrio Pueblo Chiquito, barrio la Parroquia, barrio el Rastro, reparto Berzabeth, reparto Edwing López, reparto la raya.

Diriomo no posee ríos, ni montañas de gran importancia debido a que se encuentra en la parte baja de la meseta de los pueblos. La mayor parte del territorio es plano y por él pasa la microcuenca de las mesetas, circulan en la temporada de lluvias los drenajes pluviales de los municipios ubicados aguas arribas del territorio.

Clima y recursos hídricos

Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en estos municipios se precipita en promedio anual 1400 mm, esto caracteriza al lugar como zona de trópico seco. Las mayores precipitaciones se manifiestan en el periodo de mayo a octubre, cuando se registran 1200 mm. En términos generales estos municipios presentan un clima de sabana tropical con algunas variaciones según la altura. Las temperaturas medias del municipio oscilan entre los 24 y los 26º C, la temperatura promedio anual es de 25º C.

Suelo

Los suelos de Diriomo son profundos, bien drenados, parduzcos, con permeabilidad moderada. Los suelos se han desarrollados de cenizas volcánicas depositadas sobre pómez**.** Se encuentran en planicies onduladas que se extienden al oeste de los pueblos de Diriomo y Diriá. (INETER, 2017)

Servicios básicos Diriá

El municipio de Diriá cuenta con servicio de abastecimiento de energía eléctrica, los tipos de suministro son domiciliar y alumbrado público. Además cuenta con servicio de telefonía domiciliar y pública. Entre los servicios básicos disponibles están el de agua potable en el casco urbano y en algunas comarcas en el área rural, servicio que es administrado por ENACAL. Actualmente no se dispone de servicio de alcantarillado sanitario.

Servicios básicos Diriomo

Cerca del 45% del municipio de Diriomo cuenta con servicio de energía eléctrica. La administración está a cargo de la empresa DISSUR. Diriomo cuenta con dos mil abonados domiciliares de las viviendas del municipio.

El municipio de Diriomo cuenta con dos servicios que son teléfonos y correos, los que se le brindan a gran parte de la población. Estos están regulados por la Empresa

Nicaragüense de Telecomunicaciones (CLARO). Diriomo cuenta con servicio de agua potable en la mayor parte del casco urbano y en un tercio de las comunidades rurales, este servicio es administrado por ENACAL.

En Diriomo existen pozos comunales los que brindan servicio a diferentes comarcas y estos pozos los administra la comunidad la cual se encarga de darles mantenimiento. El municipio de Diriá, cuenta con el servicio de agua potable en el casco urbano que es abastecido por medio de pozos profundos y sistema de bombeo, de igual forma existen tanques de almacenamiento de agua.

Así mismo se cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario en las principales calles del casco urbano de los municipios de Diriá y Diriomo hasta llegar a desembocar a la PTAR localizada en el municipio de Diriomo. En Diriá el 20% del total de las casas se encuentran conectadas a la red de alcantarillado.

2.1.3 Descripción de la planta de tratamiento de Diriá-Diriomo

La planta de tratamiento de aguas residuales de Diriomo, está ubicada en el área rural al suroeste de la ciudad, en la comarca El Pencal, de la alcaldía municipal hasta la planta hay una distancia aproximada de 1440 m, casi todo el trayecto es adoquinado, solo el último tramo de aproximadamente de 165 m es un camino sin revestimiento, la propiedad es atravesada por un cauce natural de invierno, el lote colinda con propiedades privadas y es vecino del vertedero municipal. (Ver ilustración 3)

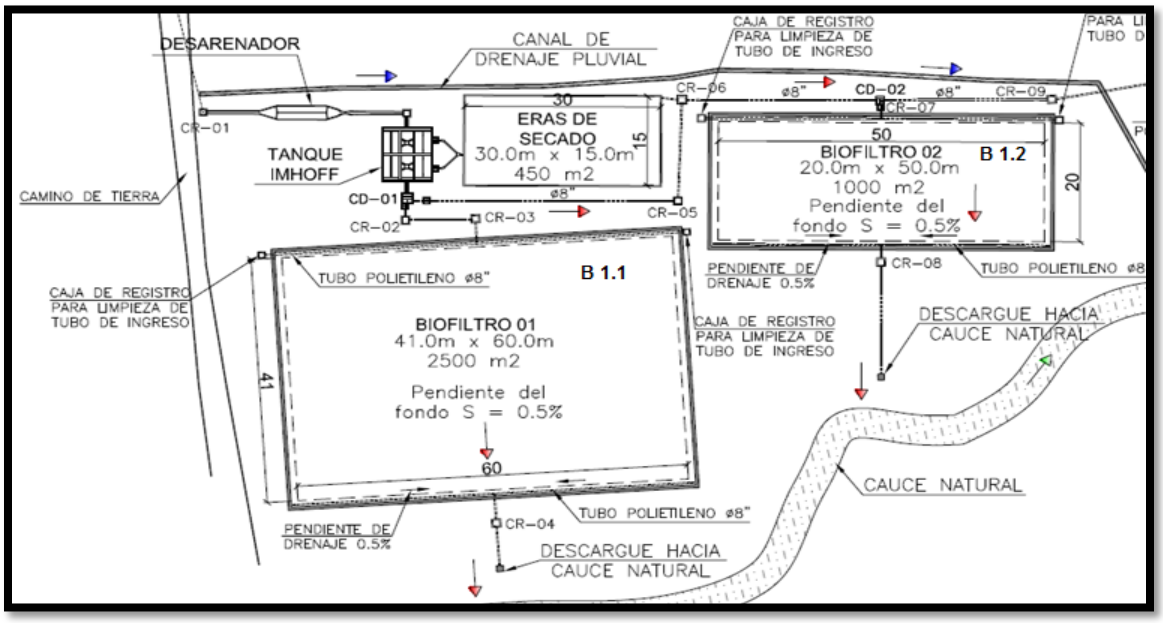
Ilustración 3. Ubicación de la planta de tratamiento



Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción Informe Final del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá

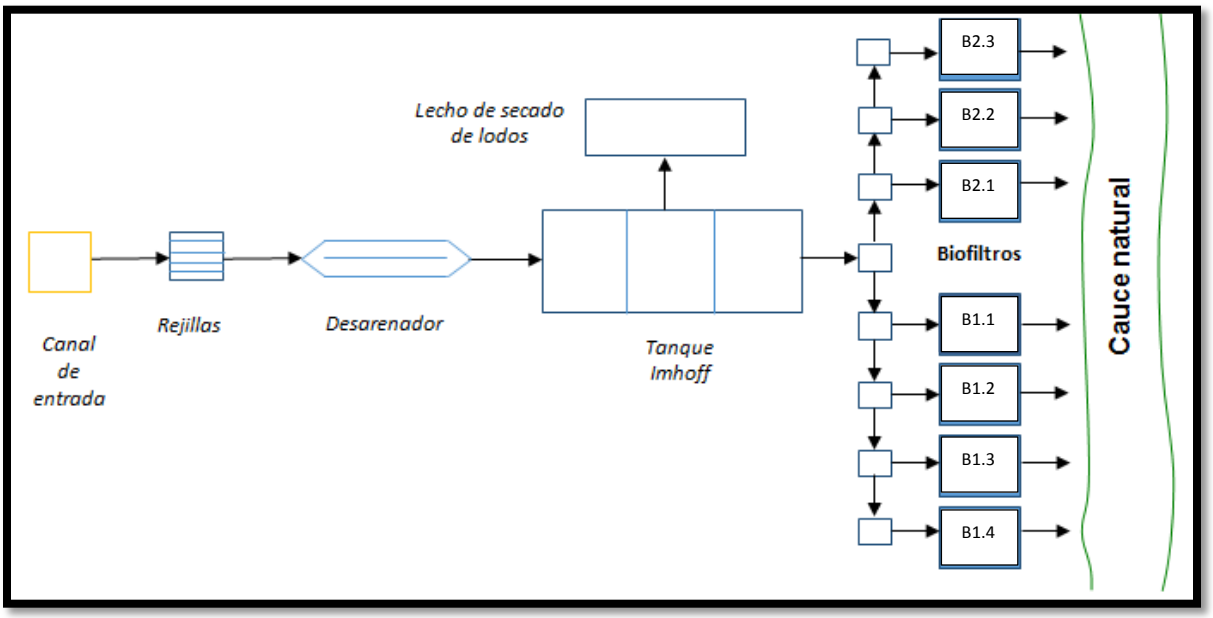
Las tecnologías que se evaluaron de la PTAR Diriá-Diriomo se describen a continuación. (Ver ilustración 4 y 5)

Ilustración 4. Descripción de la PTAR Diria-Diriomo



Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción Informe Final del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá

Ilustración 5. Esquema de la PTAR Diriá-Diriomo



Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción Informe Final del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá

Para el pretratamiento:

1) Estructura de entrada: Compuesta por una cámara de entrada, tipo caja de registro, que recibe y aquieta el flujo proveniente del colector principal o emisor. Desde la caja de registro que funciona como cámara de aquietamiento, se conduce el agua hasta el cribado y posteriormente al desarenador por medio de un canal rectangular con sección mínima de 0.30 x 0.30 metros y pendiente S= 0.5%.(Ver ilustración 6)

Ilustración 6. Caja de entrada



Fuente: Foto tomada en sitio

2) Cribado y separación de sólidos: Consiste en dos tipos de rejas que retienen el material flotante antes de la entrada al desarenador. Estas rejilla se construyeron dentro del canal, las mismas son rejas de tipo removible conformadas con barras de 12.7mm y distanciadas unos 4mm entre cada una de ellas. (Ver ilustración 7)

Ilustración 7. Rejillas



Fuente: Foto tomada en sitio

3) Desarenador: Se construyó un desarenador de flujo horizontal para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales. Este desarenador fue dimensionado para remover materiales de 0.1 mm de diámetro o mayores. (Ver ilustración 8)

Ilustración 8. Desarenador



Fuente: Foto tomada en sitio

4) Medidor de flujos: Después del desarenado del agua residual, el caudal es medido por medio de un medidor de flujo de régimen crítico (Canaleta Parshall). (Ver ilustración 9)

Ilustración 9. Medidor Parshall



Fuente: Fotos tomada en sitio

2.1.4 Tratamiento primario

Como tratamiento previo a los filtros biológicos se construyó un sistema de tanque Imhoff para la decantación inicial y remoción de DBO_5 de las aguas residuales. La puesta en operación del tanque Imhoff tiene como objetivo sedimentar los lodos residuales y remover hasta un 50% de la carga orgánica, de tal forma que el tratamiento final en los filtros biológicos sea más eficiente.

El tanque Imhoff es un sistema sencillo de tratamiento de las aguas residuales. Consta de un depósito dividido en dos zonas:

1) Compartimiento superior o zona de decantación: En este compartimiento los sólidos pesados decantan y van hacia el compartimiento inferior donde forman el fango. Los sólidos más ligeros quedan en la superficie en forma de espuma. El agua residual atraviesa este compartimiento sin contacto con los fangos en digestión hacia la arqueta de salida. Los gases producidos son expulsados a la atmósfera.

2) Compartimiento inferior a zona de digestión: En este compartimiento se produce la digestión del fango a temperatura ambiente. Pasado el tiempo necesario se recogen los fangos.

Estos tanques constituyen plantas de tratamiento por sedimentación y digestión anaeróbica de los materiales separados, que eliminan hasta el 60% de DBO_5 y el 50% de DQO, además de remover los coliformes fecales una escala logarítmica, y logran una disminución de los sedimentos del orden del 75%.

Los lodos removidos mediante este sedimentador serán dispuestos para su secado en una pila de secado de lodos, una vez secos se podrá dar uso apropiado de los mismos. (Ver ilustración 10 y 11)

Ilustración 10. Tanque Imhoff



Fuente: Foto tomada en sitio

Ilustración 11. Secado de Lodos



Fuente: foto tomada en sitio

Tratamiento secundario, biofiltros o humedales

Como tratamiento secundario se construyeron 7 biofiltros de flujo horizontal con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro.

En los biofiltros, las aguas residuales pre tratadas fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido, que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas (con presencia de oxígeno) y anaeróbicas (sin presencia de oxígeno), ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas, y las segundas en las áreas lejanas a las raíces.

El lecho filtrante de los biofiltros está compuesto por piedra volcánica la cual se encuentra al inicio y final de cada unidad, aproximadamente 1 metro de largo y después sigue el hormigón que conforma la mayor parte del lecho que se encuentra en los biofiltros. Los biofiltros tienen sembrados zacate Taiwán que tienen como función incrementar los efectos físicos tales como la filtración y el desarrollo de los microorganismos en su área superficial. (Ver ilustración 12)

Ilustración 12. Biofiltros



Fuente: Foto tomada en sitio

III. MARCO TEÓRICO

Este capítulo incluye aspectos teóricos más importantes tales como: características de aguas residuales provenientes de vertidos domésticos, descripción de las tecnologías utilizadas en la PTAR Diriá-Diriomo, monitoreo de caudales, toma de muestra, operación y mantenimiento.

3.1 Aguas residuales

El agua residual se define como aquella que proviene del sistema de abastecimiento, luego de haber sido alterada por actividades de origen doméstico o industrial. De igual manera se les conoce como “aguas negras” debido al color adoptado por las mismas por la presencia de componentes ajenos al agua en su estado natural. (Sánchez, Ulloa, 2015 pag.21).

3.1.1 Características de las aguas residuales

Es importante realizar una caracterización del agua residual para establecer los volúmenes y tipos de contaminantes que transportan, con la finalidad de seleccionar los procesos de tratamiento que resultarán más eficientes. Los parámetros a analizar pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos.

3.1.1.1 Características físicas

Las características físicas más importantes del agua residual son: el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas son: la temperatura, el color, el olor, la densidad y turbiedad. (Morales, 2012)

Sólidos totales: Son aquellos que se obtienen como materia o residuo remanente después de evaporar y secar una muestra de agua a 103 - 105°C. Corresponde a la suma de los sólidos disueltos y suspendido. Los sólidos totales, de acuerdo a la naturaleza de los compuestos que lo constituyen, pueden dividirse en sólido fijo y

volátil. Esta clasificación se obtiene cuando el residuo total se seca por segunda vez a 550°C durante 1 hora. (Ver tabla 1)

Tabla 1: Clasificación de solidos totales

Solidos Totales 100%		sedimentables 73%	Orgánicos 75% inorgánicos 25%
	Solidos Suspendidos 31%	No sedimentables 73%	Orgánicos 75% inorgánicos 25%
	Filtrables 69%	Disueltos 73%	Orgánicos 75% inorgánicos 25%
		Coloidales 73%	Orgánicos 75% inorgánicos 25%

Fuente: ing. Omar olivos, Perú, 2010, pág.10

En los tratamientos biológicos, físicos y químicos siempre hay una reducción del contenido de sólidos total de líquido en tratamiento, ya que parte de la materia orgánica es oxidada a CO_2 y H_2O, y parte de los sólidos es dispuesta en forma de lodo. (Olivos, Perú, 2010, pág.9). (Ver tabla 2)

Tabla 2. Distribución de solidos totales

Suspendidos 30%	Sedimentables 50%	Orgánicos volátiles 75% Inorgánicos fijos 25%
	No sedimentables 50%	Orgánicos 75 % Inorgánicos 25 %

Fuente: Tratamiento de aguas residuales (Baldizón. 2005)

Temperatura: Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final. Efectos de la temperatura en las aguas residuales. Tipos de microorganismo existentes dentro de un sistema de biodegradación:

Mesófilos: Su temperatura óptima se encuentra entre los 25-45ºC.

Psicótrofos: La temperatura óptima de los microorganismos de este grupo está por debajo de los 25 – 30°C.

Color: El color en las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por los sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero. El color verdadero se obtiene sobre una muestra filtrada. El color negro de las aguas residual es séptico es producido principalmente por la formación de sulfuros metálicos.

Olor: La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca en general es inofensivo, pero una gran cantidad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica de la materia bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales.

Densidad: La densidad de las aguas residuales es definida como la masa por unidad de volumen expresado como (gr/l) o (kg/m^3) en el sistema internacional. La densidad es una característica física importante debido al potencial para la formación de corrientes de densidad en tanques de sedimentación, tanques de contacto de cloro y otras unidades de tratamiento. Tanto la densidad como el peso específico dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos.

Turbiedad: La turbiedad, como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material en suspensión coloidal. Prácticamente, constituye una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son, en general, turbias, debido al 0.1% de material sólido orgánico o inorgánico, suspendido en el agua. En aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de calidad.

3.1.1.2 Características químicas

Para el estudio de las características químicas del agua residual se consideran cuatro aspectos: Materia orgánica, medición del contenido orgánico, materia inorgánica y gases presentes en el agua residual.

Materia Orgánica: La materia orgánica, principalmente compuesta por proteínas, carbohidratos, grasas y animales presente en el agua residual, ya sea soluble o insoluble, se elimina por degradación microbiana. Los microorganismos responsables de esta degradación suelen estar asociados a películas que se desarrollan sobre la superficie de las partículas del suelo, vegetación y desechos de vegetales.

Grasas y Aceites: El contenido de estas en aguas residuales se determina por una extracción de muestra de residuo con triclorotrifluoroetano, químicamente tanto las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, ya que básicamente son esteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerina. Aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente denominados aceites y los que se han convertido en sólido llamados grasas.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): Uno de los parámetros primordiales para medir la calidad de aguas residuales, así como la concentración de contaminantes orgánicos, en las aguas resultantes del uso doméstico constituye la demanda biológica de oxígeno o (DBO). La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxigeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.

Los diferentes estudios realizados en cuanto a la DBO determinan que este parámetro se ve afectado por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media (Viana y Magaly Riobamba Ecuador 2014).

Demanda química de oxígeno (DQO): Es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos. Este proceso es utilizado en casos en los que la materia orgánica es difícilmente biodegradable, cuando las aguas residuales presentan ciertas sustancias que pueden ser tóxicas para los microorganismos usados en la DBO.

La relación DBO_5/DQO es un factor importante, que indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas, entendiéndose por biodegradabilidad, la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular), y crean otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Biodegradabilidad del agua residual

DBO_5/DQO	Biodegradabilidad del agua residual
0.4	Alta
0.2-0.4	Normal
0.2	Baja

Fuente: Defensa de Víctor Guamán, Manuel Molina, pág. 34

Según (Tchobanoglous, 2000) cuando esta relación es superior a 0,4 se recomienda la utilización de procesos biológicos para el tratamiento, mientras que cuando se encuentra entre 0,2-0,4 se recomienda el uso de lechos bacterianos y si esta relación es inferior a 0,2 lo más adecuado son los procesos químicos.

Materia Inorgánica: Dentro de la materia inorgánica se incluyen a todos los sólidos de origen generalmente mineral, como sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas, y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómenos de óxido-reducción y otros).

Potencial de hidrógeno (pH): Es una medida de acidez o alcalinidad que describe la actividad de los iones en una solución acuosa; Para el tratamiento de agua que se realiza por medio de microorganismos (tratamiento biológico) el pH debe estar en un

rango de 6 a 9, fuera de éste la mayoría de los microorganismos resultan dañados o inactivos. (María y Nidya, junio 2010).

Alcalinidad: Esta se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos. En aguas residuales, la alcalinidad estará ligada a la presencia de hidróxidos carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio y del ion amonio, la alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular las variaciones en el pH causado por la adición de ácidos.

Nutrientes: Nitratos y Fosfatos solubles en el agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando las algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos.

Cloruros: Es un constituyente de interés en aguas residuales debido a que este puede tener un impacto en la aplicación final de reutilización del agua residual tratada. Las heces humanas en si contienen cloruros (6 gr de cloruros por persona por día), razón por la cual la presencia de estos en las aguas residuales. (Romero, 2004)

Oxígeno disuelto: Gas de baja solubilidad en el agua, requerido para la vida acuática aerobia. En general, todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0,5 mg/L. El suministro de oxígeno y la concentración de OD en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales. (Romero, 2004).

Potencial Redox: El potencial redox es una forma de medir la energía química de oxidación-reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica. El potencia redox es positivo cuando se produce una oxidación y negativo cuando se produce una reducción. Normalmente, las reacciones redox vienen acompañadas de cambio de pH en el medio. Al mismo tiempo, el potencial redox afecta la distribución y la actividad metabólica de microorganismos (Parámetros físico-químicos, 2010).

3.1.1.3 Características biológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y por el rol fundamental jugado por las bacterias y otros microorganismos en la descomposición y estabilización de materia orgánica.

Organismos patógenos: El número de patógenos presentes en el agua residual de una cierta comunidad varía sustancialmente y depende de: nivel socio-económico de la población, requerimientos de salud, región geográfica, presencia de agroindustrias y tipo de tratamiento al que dicha agua fue sometido.

Organismos indicadores: Estos organismos son predominantemente no patógenos, pero brindan una indicación satisfactoria si el agua está contaminada por heces humanas o animales. Los indicadores de contaminación fecal comúnmente más usados son: Coliformes Totales, Coliformes Termo tolerantes, Escherichia Coli.

Coliformes totales: Con este término, se identifica a una amplia gama de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativos y no esporulante; estos microorganismos tienen la capacidad de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37°C y están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. (Lara, 1999).

Bacterias: El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento de aguas residuales, es amplio y de gran importancia. Las bacterias presentes en el agua residual pueden ser de origen fecal.

Helmintos: Los parásitos de esta categoría que pueden encontrarse en las aguas residuales son las lombrices intestinales, por ejemplo: Ascaris lumbricoides, la solitaria Taenis saginata y Taenia solium. (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Algas: La presencia de las algas es muy importante, ya que contribuyen, con las bacterias, a la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales, utilizándola como fuente de carbono. Además, su crecimiento se ve favorecido por la presencia de distintas formas de nitrógeno y fósforo.

Protozoos: Los protozoos que se encuentran más frecuentemente en las aguas residuales son: amebas, flagelados, y ciliados libres, fijos y restantes. También en la purificación de los cursos de agua, ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los distintos tipos de microorganismos; pueden eliminar las bacterias suspendidas en el agua, evitando la producción de efluentes con turbidez.

Hongos: Los hongos son organismos eucariotas, multicelulares, aerobios y no fotosintéticos. Muchos de ellos son saprofitos, basan su alimentación en la materia orgánica muerta. Junto con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera.

Virus: son partículas parásitas de células de otros organismos, poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Además, y debido a su gran supervivencia, son resistentes a algunos tratamientos del agua residual, constituyendo un peligro para las aguas receptoras.

3.2 Reglamento para las disposiciones de vertido de aguas residuales.

Para descargar aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamiento a cuerpos receptores estas deben de estar regidas por los siguientes artículos.

Arto.23. Los parámetros de calidad de vertidos provenientes de los Sistemas de tratamientos de los alcantarillados que sean descargados directa o indirectamente a los cuerpos receptores, deberán cumplir en los rangos y límites máximos permisibles expresados a continuación: (Ver tabla 4)

Tabla 4. Parámetros de calidad de vertidos hasta 75,000 habitantes

Parámetros	RANGOS Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PROMEDIO DIARIO
pH	6-9
Demanda Bioquímica de Oxigeno	110 mg/L
Demanda Química de Oxigeno	220 mg/L
S. Suspendidos Totales	100 mg/L
S. Sedimentables	1 ml/L
Grasas y Aceites	20 mg/L
Sustancias Activas al azul de metileno	3 mg/L
Coliformes	1000 NMP/100 ml

Fuente: Decreto 33-95

Artículo 25. Rangos y valores máximos permisibles para los vertidos de las aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamiento del Alcantarillado Sanitario. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Parámetros de calidad de vertidos decreto 21-2017

Parámetros	RANGOS Y VALORES MAXIMOS PERMISOBLES
pH	6-9
Demanda Bioquímica de Oxigeno	110 mg/L
Demanda Química de Oxigeno	220 mg/L
S. Suspendidos Totales	100 mg/L
S. Sedimentables	1 ml/L
Grasas y Aceites	20 mg/L
Nitrógeno Total	45 mg/L
Fósforo Total	15 mg/L
Coliformes	$1x10^{10}$ NMP/100 ml

Fuente: Decreto 21-2017

En el decreto 33-95 a finales del 2017, se modificaron algunos parámetros de calidad de vertido, y por consiguiente se anexaron parámetros que no estaban en el decreto anterior como lo son Nitrógeno Total y Fósforo Total. Otro cambio que se observó fue la eliminación del parámetro SAAM.

3.3 Caudales de agua residual

Caudal de aguas residuales domésticas

El caudal teórico de aguas residuales domésticas se puede estimar en base al número de habitantes y su consumo de agua potable. Esto se reduce en la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Qd} = \frac{\mathbf{P} * \mathbf{q} * \mathbf{R}}{\mathbf{86400}}$$

Dónde: P es la población de la zona (hab), q es la dotación de agua potable (l/hab*día) y R es coeficiente de retorno.

Población: La población servida por el proyecto puede estimarse a partir de los censos de población y complementarse con información del número de usuarios de diferentes servicios públicos.

Dotación de agua potable: La dotación de agua potable está influenciada por el tamaño de la población, nivel económico, presencia de industria, medidores, costos, presión de agua, etc. Cuando no se dispone de registros de dotación de agua potable, es decir, no existen medidores en las conexiones domiciliarias, El Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado (INAA), establece en la tabla siguientes los valores guías de dotación para diferentes usos y localidades del país. (Ver tabla 6)

Tabla 6. Dotación de agua potable

Rango de población	Dotación L/hab/día
0 - 5,000	100
5,000 - 10,000	105
10,000 - 15,000	110
15,000 - 20,000	120
20,000 - 30,000	130
30,000 - 50,000	155
50,000 - 100,000 y más	160

Fuente: INAA

Coeficiente de Retorno (R): Este factor tienen en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es conducida al alcantarillado, en razón de sus múltiples usos como: riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se puede establecer, entonces, que sólo un porcentaje del total del agua consumida es enviada al alcantarillado. Estadísticamente este valor fluctúa entre el 65% y 85%.

Para obtener un coeficiente más acorde a la realidad de cada población, se debe elaborar encuestas sanitarias y observaciones que permitan caracterizar cada población.

3.4 Tratamiento de aguas residuales

3.4.1 Objetivo del tratamiento de las aguas residuales

Partiendo del hecho de que el agua residual presenta una serie de contaminantes de diferente índole, surge la necesidad de que estos vertidos sean previamente tratados, a fin de proteger los diferentes cuerpos receptores y por ende las diversas formas de vida existentes en ellos.

En el caso del agua como cuerpo receptor, el problema radica cuando se excede la capacidad de autodepuración, provocando que el ambiente se vuelva tóxico, lo que al final conlleva a la degradación de los ecosistemas acuáticos.

3.4.2 Descripción del pretratamiento

Rejillas

La primera operación obligada en el tratamiento de agua residual es el cribado, esta consiste en colocar rejas en dirección del flujo del afluente. Sus principales objetivos son:

- ✓ Retener los sólidos de grandes tamaños que trae consigo en suspensión el afluente de aguas residuales crudas.
- ✓ Evitar la obstrucción de los conductos, y proteger los equipos.

Las rejillas, generalmente están formadas por barras de hierro, las mismas que permiten el paso de papeles, excretas y materiales finos, reteniendo componentes de mayor tamaño.

Desarenador

El desarenador tiene como objetivo separar arenas, gravas, cenizas y cualquier otra materia que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico, superior al de los sólidos orgánicos putrescibles presentes en el agua residual.

Además de la arena también se incluyen partículas orgánicas tales como residuos de comida. Este dispositivo cumple con la función de una trampa de grasa, puesto que tiene una pared deflectora que permite la retención de sustancias flotantes como grasas y aceites.

La eliminación de esos materiales ayuda a proteger los equipos mecánicos móviles contra la abrasión, el desgaste anormal y a reducir la formación de depósitos pesados en las tuberías, canales y conductos. (García, 1999).

Componentes del desarenador:

- ✓ Zona de entrada: Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.
- ✓ Zona de desarenación: Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.
- ✓ Zona de salida: Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.
- ✓ Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada: Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Canal Parshall

El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. (Universidad de san Carlos Guatemala, septiembre de 2010)

La canaleta Parshall es un elemento primario con una amplia gama de aplicaciones para medir el caudal en canales abiertos. Puede ser usado para medir el flujo en ríos, canales de irrigación y/o de desagüe, salidas de alcantarillas, aguas residuales vertidos de fábricas entre otros.

Debido a que la principal función de la canaleta Parshall es medir caudal. Es importante tener una expresión matemática que relacione esta variable con el resto de magnitudes medibles en el dispositivo. Dicha expresión en términos generales es:

$$\mathbf{Q = C * (Ha)^n}$$

Dónde

Q: Caudal.

Ha: Profundidad del agua en una posición dada.

C y n: Constantes que dependen de la dimensión del canal.

3.4.3 Descripción del tratamiento primario

Tanque imhoff

Es una unidad de tratamiento primario para comunidades de 5000 habitantes o menos. Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación de materia orgánica y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

Tiene como objetivo fundamental eliminar del 40 al 50% de sólidos suspendidos, reducir la DBO_5 de 25 a 35 y el 90% de sólidos sedimentables. La función depurativa fundamental es realizada en una primera etapa por microorganismos aeróbicos agrupados en forma de una masa mucilaginosa semi-suspendida que descompone, oxida y digiere la materia orgánica, la cual se alimenta por debajo de la misma de forma ascendente, y en una segunda etapa por una población microbiana anaeróbica y facultativa que se deposita en un soporte o empaque microbiano que también descompone y oxida la materia orgánica que se alimenta por debajo de la misma de forma ascendente. (Universidad veracruzana, México octubre del 2010).

Los tanques imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: Cámara de sedimentación, Cámara de digestión de lodos y un área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador.

El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación(OPS,CEPIS.05.164).

Ventajas y desventajas

Ventajas

- ✓ Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características ya que no descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.

- ✓ El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.

- ✓ Las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas.

- ✓ El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas y tiene un bajo costo de construcción y operación. Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.

- ✓ Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

Desventajas

- ✓ Son estructuras profundas (>6m).

- ✓ Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vació.

- ✓ El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica. En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

Lecho de secado de lodos

En todos los procesos de tratamiento de aguas residuales debe contemplarse el manejo de lodos. Para esto deben presentarse balances de masa de los procesos con el conjunto de operaciones de tratamiento de agua y lodos.

Todos los lodos crudos tienen un contenido bajo de sólidos (1–6%); por eso, la disposición de su pequeño contenido de sólidos requiere el manejo de un gran volumen de lodo. Las características de los lodos varían mucho dependiendo de su origen, de su edad, del tipo de proceso del cual provienen y de la fuente original de los mismos. La cantidad de lodo producido es muy variable, dependiendo del proceso de tratamiento usado y de la concentración de aguas residuales.

3.4.4 Descripción del tratamiento secundario

Biofiltros

El biofiltro es sistema biológico compuesto por grava o piedra volcánica, sembrado con plantas de pantano y atravesado de forma horizontal o vertical con agua residuales pre tratadas. Las bacterias responsables para la degradación de la materia orgánica, utilizan la superficie del lecho filtrante para la formación de una película bacteriana y de esta manera existe una población bacteriana bastante estable que no puede ser arrastrada hacia la salida (OPS, abril 2004).

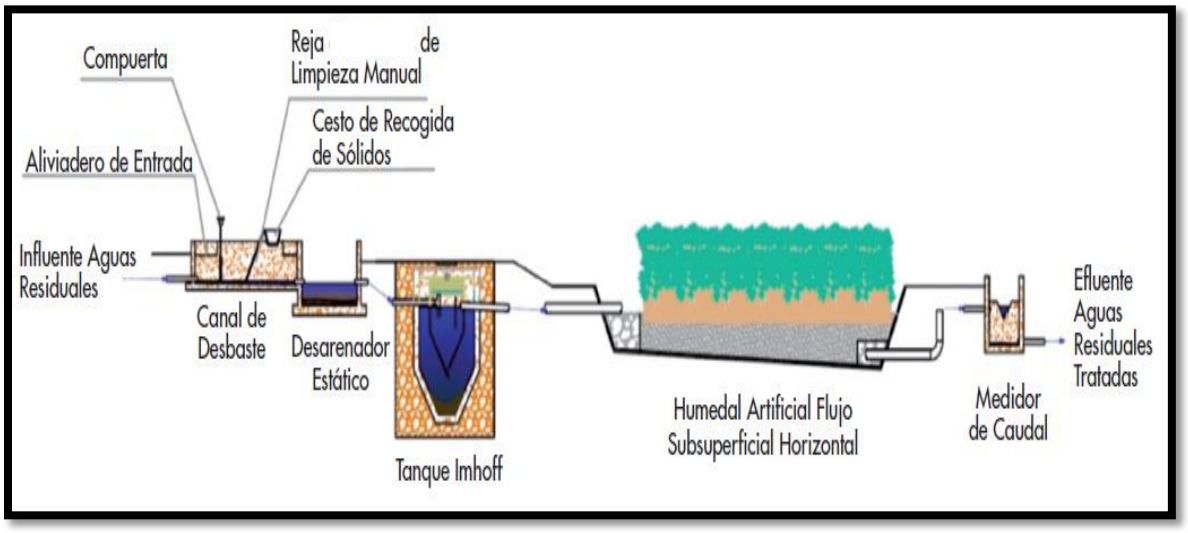
Diversas investigaciones coinciden en el modelo estructural de un biofiltro cuya conclusión llega a que el tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: reserva de agua en una trampa de grasas en donde por gravedad de sedimentan el material sólido, una jardinera, tratamiento que consiste en una locación en la cual se encuentra el material filtrante (arenas y gravas) donde se siembran plantas, se hace colocar el agua y se lo hace pasar por el sistema, las plantas por medio de bacterias y sus raíces, permiten que el oxígeno penetre; además las mismas plantas van extrayendo materia orgánica y nutriente del agua como contaminantes.

Como paso final se tiene la evacuación del efluente hacia un cuerpo receptor. Los biofiltros eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización, estas purifican el agua mediante la remoción del material orgánico (DBO_5), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo el fosforo (Tesis, Riobamba, Ecuador, 2014).

El funcionamiento de los biofiltros se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales.

Dentro de las funciones principales se destacan: la eliminación de los sólidos presentes en las aguas pre-tratadas y proporcionar una superficie que dará lugar al desarrollo de los microorganismos cuya función es degradar aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de constituir el medio para que las raíces de las plantas puedan fijarse desarrollarse de manera óptima. (Ver ilustración 13)

Ilustración 13. Diagrama de Flujo del biofiltro



Fuente: Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones

Rango de aplicación

Los biofiltros presentan su principal campo de aplicación para el tratamiento de las aguas residuales generadas, en poblaciones urbanas menores de 2.000 habitantes equivalentes, debido a las limitaciones que presentan en cuanto a superficie ocupada y, preferentemente, por debajo de los 1.000 habitantes equivalentes (Agence de l´Eau, Rhin-Meuse, 2007).

Adicionalmente, los biofiltros pueden presentarse en combinación con otras tecnologías, tanto intensivas como extensivas, pudiendo variar notablemente el rango de aplicación indicado. (Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones, pág. 153)

En los biofiltros de flujo sub superficial las aguas a tratar no circulan en contacto con la atmósfera, y la protección térmica que ejerce la biomasa muerta (necrosoma) que se va depositando sobre la superficie filtrante, contribuyen a minimizar el impacto de las bajas temperaturas sobre los rendimientos de depuración (García *et al.,* 2003).

De hecho, son numerosas las referencias de este tipo de humedal artificial operando correctamente en climas fríos. No obstante, se detectan descensos importantes en los rendimientos de eliminación del nitrógeno amoniacal en periodos de bajas temperaturas (Reed *et al.,* 1995), principalmente por el efecto negativo sobre las bacterias nitrificantes.

Influencia de las características del terreno

Dados los relativamente altos requisitos de superficie que requiere este tipo de tratamiento, las características del terreno disponible para su implantación juegan un papel importante a la hora de su aplicación. Al construirse los biofiltros por excavación en el terreno y ser precisa la impermeabilización del confinamiento, aquellos terrenos fáciles de excavar, de naturaleza impermeable y con el nivel freático bajo, serán los que reúnan las mejores condición es para su implantación.

Ventajas y desventajas

Ventajas

- ✓ Sencillez operativa, consumo energético nulo o muy bajo, bajo coste de explotación y mantenimiento.
- ✓ Posible aprovechamiento de la biomasa vegetal generada (ornamentación, alimentación animal).
- ✓ Los biofiltros, permiten la creación y restauración de zonas húmedas, aptas para potenciar la vida salvaje, la educación ambiental y las zonas de recreo.
- ✓ Mínima producción de olores, al no estar expuestas al aire las aguas a tratar en los biofiltros, y por alimentarse normalmente con efluentes ya depurados.

Desventajas

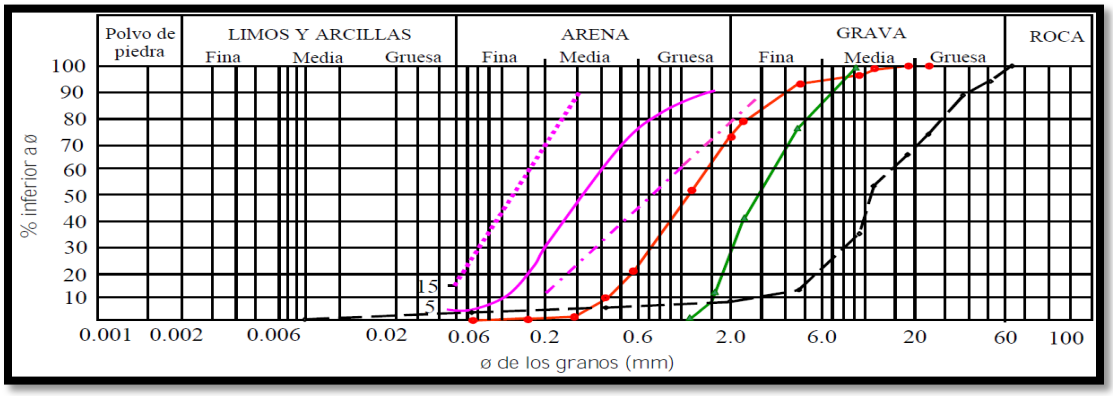
- ✓ Al igual que el resto de tecnologías extensivas, los biofiltros requieren una mayor superficie de terreno para su implantación, lo que limita la aplicabilidad de estos sistemas a los vertidos de pequeñas aglomeraciones urbanas. Esta circunstancia repercute notablemente en los costes de construcción, cuando se hace necesaria la adquisición de los terrenos.
- ✓ Pocos factores de control regulables durante la operación, por lo que es muy importante que los Biofiltros estén bien concebidos, dimensionados y construidos.
- ✓ Si el material disponible localmente no es el adecuado para el sustrato filtrante, se pueden incrementar notablemente los costes de implantación.
- ✓ Pérdidas de agua por evapotranspiración, que incrementan la salinidad de los efluentes depurados.

3.4.4.1 Criterios para la selección del lecho filtrante

La granulometría del material tiene una influencia directa sobre la eficiencia del tratamiento y la capacidad hidráulica del biofiltro. A mayor diámetro de partícula, la capacidad hidráulica del biofiltro aumenta, pero disminuye la eficiencia de remoción de contaminantes debido a que hay una menor disponibilidad de área para el crecimiento bacteriano, además de que se ven afectados los demás mecanismos de remoción, tal como filtración, sedimentación, intercambio iónico y adsorción, entre otros. (Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales, 2005, pag.7)

En Nicaragua existen materiales resistentes que poseen alta porosidad, tales como el hormigón rojo, hormigón negro y la piedra volcánica negra. Los primeros dos, que se encuentran naturalmente en bancos de arena volcánica del país, tienen una porosidad entre40 y 60%, mientras que la piedra negra, de mayor granulometría, tiene una porosidad superior al 70%. (Bahlo & Wach, 1995; Proyecto ASTEC, 2000). (Ver ilustración 14)

Ilustración 14. Granulometría del lecho filtrante utilizado en Nicaragua



Fuente: Curvas granulométricas (Bahlo & Wach, 1995; Proyecto ASTEC, 2000)

Las 3 primeras curvas muestran la granulometría recomendada para la construcción de sistemas europeos de Biofiltros de flujo vertical y horizontal (Bahlo & Wach, 1995), mientras que las 3 últimas curvas presentan la granulometría típica de los diferentes materiales utilizados para la construcción de biofiltros en Centroamérica (Proyecto

ASTEC, 2000). Los mejores resultados en Nicaragua se han obtenido usando hormigón rojo, lo cual puede ser atribuido a su menor diámetro de partícula.

En las zonas de distribución y recolección del biofiltro se usa piedra volcánica negra cuyo diámetro es de 2" a 4", porque este tipo de material facilita la distribución y evita que los orificios de los tubos de recolección se obstruyan con material de granulometría fina. Se recomienda el uso de este material al menos en los primeros 5 m del Biofiltro para alargar el período al cual se deben cambiar los dos primeros metros del lecho filtrante, que en el caso del hormigón rojo se ha establecido en una vez cada dos años, debido a la obstrucción que se da por la formación de una densa capa bacteriana (Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales, 2005, pag.8)

3.4.4.2 Plantas macrófitas

Los procesos de remoción más importantes que ocurren dentro de un biofiltro se basan en procesos físicos y microbiológicos, pero las macrófitas poseen varias funciones relacionadas con los procesos de tratamiento que las convierten en un componente esencial en el diseño.

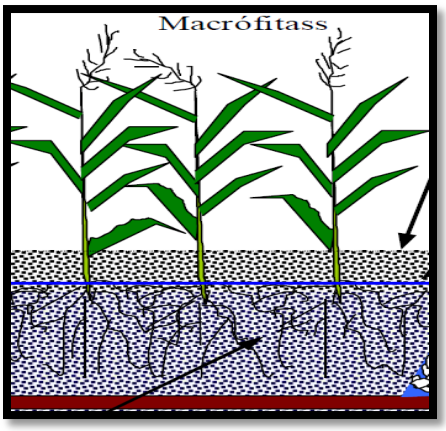
Efectos físicos: La presencia de vegetación distribuye y reduce las velocidades del agua creando mejores condiciones para la sedimentación de sólidos suspendidos, reduce el riesgo de re suspensión y en sistemas de flujo vertical, la presencia de las macrófitas, junto a un régimen de carga intermitente, ayuda a prevenir la obstrucción del medio.

Área superficial para el crecimiento microbiano: El crecimiento de las raíces dentro del lecho filtrante ayuda a descomponer la materia orgánica, pues provee un área superficial que es colonizada por densas comunidades de microorganismos formando una vio capa, la cual es la principal responsable de la reducción de la carga contaminante que contienen las aguas residuales.

Introducción de oxígeno al lecho filtrante: El hecho de que las raíces de las plantas macrófitas liberan oxígeno desde las raíces en la rizósfera se haya bien documentado.

Cualitativamente esto se visualiza por el color rojizo asociado con las formas oxidadas de hierro en la superficie de las raíces. (Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales, 2005, pag.8). (Ver ilustración 15)

Ilustración 15. Plantas Macrófitas



Fuente: Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente, CIEMA, UNI

3.5 Biodegradación

La biodegradabilidad y las aguas residuales, son dos conceptos estrechamente vinculados. Se sabe que gran parte de las sustancias que transporta el agua, ya sea disuelta, suspendida o coloidal, es materia orgánica, la cual en una importante fracción es biodegradable. La biodegradabilidad de estas sustancias es la propiedad que permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, los que utilizan estas sustancias como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción.

Una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un efluente va a estar dada por la relación de la demanda bioquímica de oxígeno a la demanda química de oxígeno. De este índice se tiene una referencia acerca de la biodegradabilidad de un efluente determinado (Hernández, 1992). Así se tiene que, cuando (DQO/DBO_5) < 2.5 El efluente es compuesto biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos como fangos activos o lechos bacterianos. Y cuando 2.5 < (DQO/DBO_5) < 5 Es biodegradable siendo recomendable el empleo de sistemas aireados mecánicamente. (Determinación de la relación DQO/DBO_5 en aguas residuales, Pedro Osorio pág.4)

3.6 Medición de caudales

La medición del caudal se realiza de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente aforado. El procedimiento a seguir es tomar un volumen de muestra cualquiera y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en ese instante de tiempo.

Para la determinación del caudal de las descargas deben efectuarse por lo menos tres jornadas de medición horaria durante las 24 horas del día tanto en la entrada principal de la planta de tratamiento como en la salida. Con estos datos deben determinarse los caudales medio y máximo horario representativos de cada descarga.

Los caudales deben relacionarse con la población de aporte de cada descarga para determinar los correspondientes aportes de agua residual percápita. Deben efectuarse mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración y otros caudales afluentes asociados a conexiones erradas al sistema de alcantarillado.

EL método del cubo y cronometro se aplica principalmente a los caudales de canales o conductos pequeños, para este método se deben utilizar recipientes que permitan volúmenes y tiempos de llenados razonables. Luego ese tiempo es introducido en la siguiente ecuación:

$$\textbf{Caudal } (\textbf{lts/min}) = \frac{\textbf{volumen del cubo } (\textbf{lts})}{\textbf{tiempo de llenado } (\textbf{min})}$$

3.7 Muestreo de aguas residuales

Muestras compuestas: La mayor parte de las muestras compuestas se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su

consecuente cálculo de promedios. Para estos propósitos, se considera determinante la toma de muestras compuestas que representen un periodo de 24 horas.

Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto que sea posible después del muestreo, en el transcurso de dos días como máximo; si el tiempo de almacenamiento y preservación es menor, debe planificarse el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio. (Laboratorio de Química Ambiental Ideam julio de 1997)

3.8 Impacto ambiental

El impacto ambiental es nulo o muy bajo, al poder operar a los biofiltros sin la implantación de equipos electromecánicos. En relación a la generación de olores estos se ubican en la cabecera de los biofiltros las cuales son el desarenador y el tanque Imhoff. El mal olor puede reducirse colocando chimeneas con cartuchos de un material adsorbente, o la utilización de turbas.

Desde el punto de vista de los impactos visuales, la implantación de biofiltros, especialmente de la tipología de flujo sub-superficial, en la que la superficie del agua es visible, ejerce un impacto positivo, lográndose una elevada integración paisajística.

3.8.1 Emisiones de metano

El tratamiento de las aguas residuales contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, siendo el metano uno de los principales agentes climáticos y él que está recibiendo mayor atención dentro de las estrategias de mitigación. El metano que aportan las plantas de tratamiento está entre 5 y 8% (Tecnologías utilizadas y sus implicaciones en la emisión de gases de efecto invernadero)

Las directrices del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) describen un solo método para el cálculo de las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento de las aguas residuales domésticas. Las emisiones están en función del volumen de desechos generados y de un factor de emisión que caracteriza la medida en que tales desechos generan CH_4.

$$\mathbf{WM = P * D * SBF * FE * FTA * 365 * 10^{-12}}$$

Dónde:

WM = Emisión anual de CH_4 procedente de aguas residuales domésticas, por país (Tg)

P = Población nacional o urbana (número de personas)

D = Carga orgánica en la demanda bioquímica de oxígeno por persona (g de DBO/persona/día), valor general por defecto = 60 g de DBO/persona/día

SBF = Fracción de la DBO_5 que se sedimenta rápidamente, valor por defecto = 0,5

FE = Factor de emisión (g de CH_4/g de DBO), valor por defecto = 0,6

FTA = Fracción de la DBO_5 presente en los lodos que se degrada anaeróbicamente, valor por defecto = 0,8

3.9 Operación y mantenimiento de la PTAR

Rejillas

Los residuos retenidos por las rejillas pueden ser quemados, enterrados, tratados por digestión, descargados en grandes masas de agua o triturados y devueltos al agua residual. El enterrado sólo se practica en pequeñas plantas, es necesario enterrar los desperdicios a grandes profundidades para evitar malos olores, este procedimiento no siempre da resultados satisfactorios. La incineración es un método muy satisfactorio para la eliminación de los desperdicios.

Desarenador

La limpieza se hará en forma manual para lo cual el operador deberá contar con los elementos adecuados (pala, carretilla para transportar los sedimentos, guantes, etc.).El mantenimiento que se le debe realizar al desarenador consiste en remover todas las arenas y demás material que se deposita en el fondo de cada módulo; por tanto, el

operador debe verificar diariamente el nivel de sedimentos en el desarenador. El siguiente es el procedimiento para la remoción de los sedimentos:

- ✓ Sacar de operación el módulo al que se le desea realizar mantenimiento.
- ✓ Abrir la válvula de la tubería de drenaje del respectivo módulo, la cual generalmente se encuentra ubicada en la caja adosada a la estructura y dejar drenar el agua hasta obtener una consistencia más sólida de los sedimentos, para proceder a retirarlos.
- ✓ Retirar los sedimentos con una pala y trasladarlos a su depósito final. Anotar la cantidad y características del material extraído en las tablas de reporte.
- ✓ Después de depositar el material en los trinchos, se procede a colocar encima de estos el material retirado del canal de entrada y luego agregar una capa de tierra de aproximadamente 10 cm.

Además, se dispondrá de una manguera que inyecte agua potable a presión para desprender todo el material retenido y dejar limpio el fondo del desarenador. Es buena práctica construir un desarenador extra para facilitar las actividades de limpieza y mantenimiento del sistema.

La limpieza del desarenador se debe efectuar de acuerdo con la cantidad de arena acumulada y los limites estipulados en el diseño hidráulico de la estructura. Normalmente la frecuencia será cada 2 a 3 días, a fin de prevenir que los estanques de acumulación se colmaten y que el material pueda ser removido de los estanques hacia las unidades de tratamiento. (Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas agosto de 2010 pág. 24)

Tanque Imhoff

El tanque Imhoff debe ser inspeccionado semanalmente. La inspección tiene por objeto determinar que no existan espumas en exceso que estén saliendo fuera del tanque Imhoff; y que la cámara de inspección de salida no presente sedimentos, hecho que

indicaría un mal funcionamiento del tanque. Si la acumulación de natas o espumas es apreciable (unos 20 cm.) en la cámara de sedimentación, se las debe retirar con un cernidor de malla milimétrica fina de plástico. La nata se debe enterrar en una zanja por lo menos a una profundidad de 60 cm y cubrir posteriormente la zanja con tierra.

Biofiltro

Las operaciones de explotación y mantenimiento de los biofiltro son muy simples, limitándose a inspecciones rutinarias, limpieza de las rejas manuales de desbaste y del desarenado, comprobación de correcta distribución de las aguas sobre la superficie filtrante, verificación del funcionamiento del pre tratamiento que permite la alimentación intermitente, limpieza del sistema de distribución, eliminación de la vegetación. (Ver ANEXOS 9.7 Protocolo de mantenimiento)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Estudio de campo

El objetivo principal por el que se evaluó esta PTAR fue, verificar si el sistema tanque Imhoff mas biofiltro, está cumpliendo con las especificaciones que permitan preservar la calidad del agua, lo que significa que las aguas vertidas al cuerpo receptor estén dentro del margen establecido y no afectar al medio ambiente.

4.1.1 Recolección de información

La empresa ENACAL suministró información necesaria para la evaluación de la planta, los cuales fueron: número de conexiones directas a la red alcantarillado, caudal de diseño de la planta, el consumo de agua potable anual de los municipios, población atendida por agua potable y cálculos de diseño de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) proporcionó información de la zona de estudio tales como datos de precipitación, temperatura, y relieve. De igual forma, se solicitó datos de censos a las alcaldías de cada municipio.

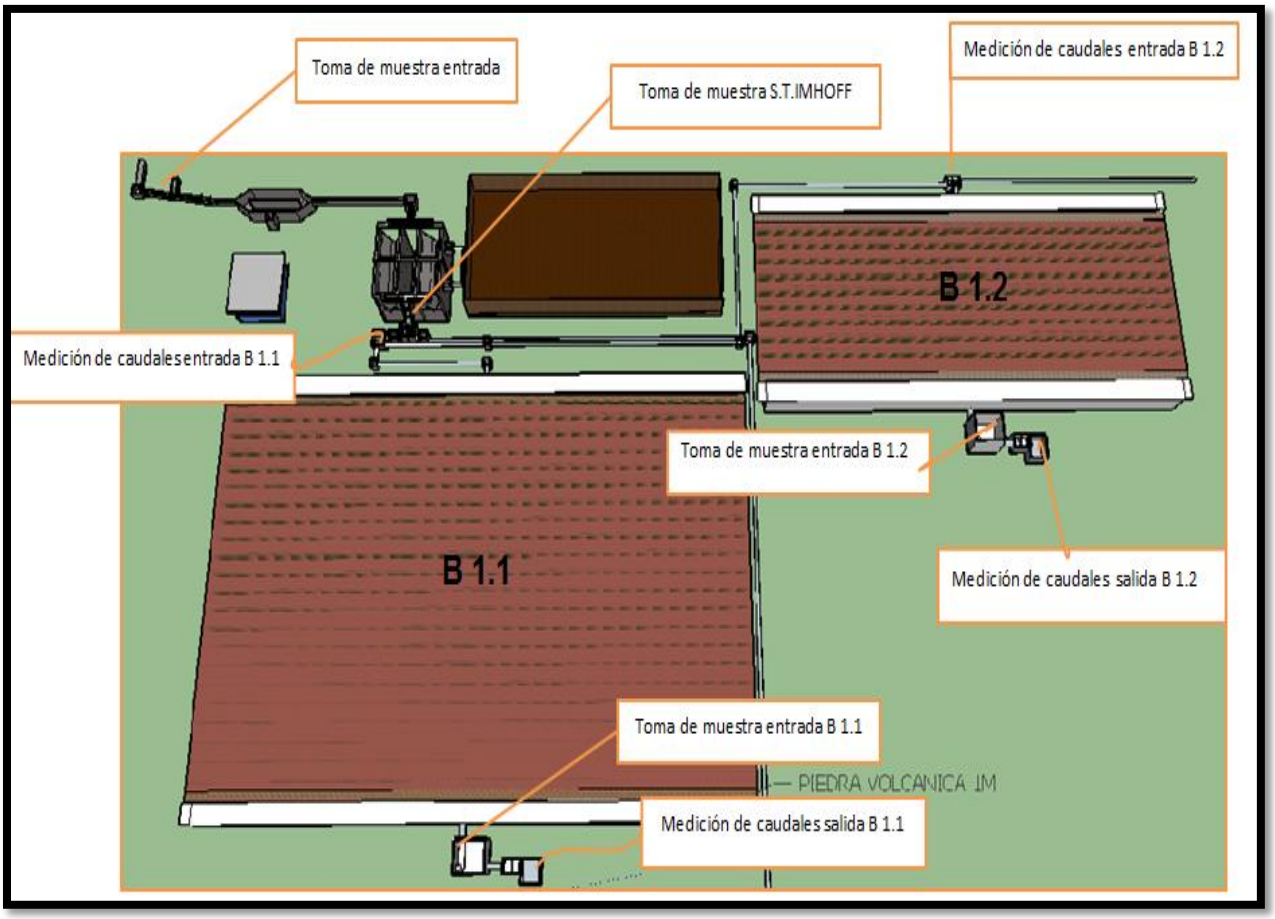
Para obtener información cuantitativa que describiera con exactitud las características del agua, es decir, el tipo y concentración de las sustancias, se realizó la respectiva toma de muestras y sus correspondientes análisis de laboratorios. La metodología que se desarrolló para evaluar la PTAR estuvo dividida en 2 fases:

4.1.1.1 Medición de caudales

En la PTAR de Diriá-Diriomo para medir el caudal en la entrada general se utilizó la canaleta Parshall existente, la medición consistió en medir la altura de agua (Ha) cada hora y luego introducirla en una ecuación correspondiente a las dimensiones de la canaleta (Ver apéndice B.4 Descripción de la canaleta Parshall) para obtener un caudal en lt/s. Sin embargo, para la entrada y salida del tratamiento secundario existen vertederos de concreto, en los cuales aplicó el método de cubo y cronometro para

calcular el caudal. A continuación se presentan los puntos aforo y muestreo. (Ver ilustración 16)

Ilustración 16. Puntos de aforo y muestreo



Fuente: Elaboración propia

Se realizó la medición de caudal con el fin de determinar la carga hidráulica que le está llegando a la PTAR, para comprobar si los dispositivos que la conforman están operando con un caudal correspondiente a su diseño.

Una vez registrado el caudal de la entrada general, también se midió el caudal de entrada y salida de cada biofiltro a evaluar, y se determinó si las dimensiones corresponden con el caudal de operación de cada biofiltro.

Para realizar la medición de caudales en la entrada y salida de los biofiltros se utilizó el siguiente método:

Método del cubo y cronometro: se aplicó principalmente en la entrada y salida de los biofiltros. El método consiste en utilizar recipientes que permitan medir volúmenes y tiempos de llenados razonables. Luego ese tiempo es introducido en la siguiente ecuación: (Ver ilustración 17)

Para los valores de los caudales medidos en campo ver apéndice B2.

$$\text{Caudal}\left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}}\right) = \frac{\text{Volumen del recipiente (lt)}}{\text{Tiempo de llenado (seg)}}$$

Ilustración 17. Entrada y salida de biofiltro 1.1



Fuente: Fotos tomadas en sitio

4.1.1.2 Toma de muestras

Se realizó la captación de muestras compuestas, la cual consistió en integrar volúmenes de muestras de 150 ml, cada hora por 24 horas en diferentes puntos de muestreo, los cuales fueron Entrada General de la PTAR, salida del taque Imhoff y salida de los biofiltros 1.1 y 1.2, estas se colocaron en recipientes individuales para luego introducirlos en un termo con hielo para mantener las propiedades físico-químicas y biológicas de estas.

Es importante señalar que se tomaron ciertas precauciones al momento de la toma de muestras:

- ✓ En el canal de aproximación se tomó la muestra un tercio del tirante de la superficie, evitando tomar las muestras cerca del fondo para no contaminarla.

- ✓ Se evitó tomar muestras que vinieran con basuras, sedimentos y/o material flotante que se haya acumulado en el punto de muestreo.

Se utilizaron guantes descartables para la toma de muestras de agua residual y luego se desecharon al culminar el muestreo en cada punto. En todo momento se evitó tomar muestra tomando el frasco por la boca.

a) **Preservación de muestras:** Las muestras se almacenaron durante 24 horas en un termo con hielo para su preservación.

1. **Etiquetado y rotulado de las muestras con agua:** Los frascos y galones se rotularon con letra clara y legible. Se utilizó un marcador de color negro para marcarlos. Se usó Masking tape blanco para etiquetar los recipientes con la siguiente información: Salida de cada biofiltro, Fecha y hora de la toma de muestra.(Ver ilustración 18)

Ilustración 18. Recipiente para almacenar muestra



Fuente: Fotos tomadas en el sitio

b) **Llenado del formato:** Se utilizó un formato para registrar las muestras que se iban levantando cada hora y también para levantar datos de campo tales como temperatura, pH y solido sedimentables de cada muestra.

Conservación y transporte de las muestras

Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocaron en un termo con refrigerante, para cumplir con la recomendación de temperatura indicada. Es importante mencionar que los tiempos desde el inicio del muestreo hasta la llegada al laboratorio cumplieron con el tiempo requerido según requisitos impuestos por las normas.

Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de aguas residuales del nivel central de ENACAL, donde se analizaron todos los parámetros emitidos por el decreto 33-95, tales como: Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, sólido suspendidos, Nitrógeno total, Fosforo total, Oxígeno disuelto, y Coliformes totales.

Para realizar las diversas actividades de campo, fue necesario utilizar diferentes materiales, equipos y accesorios de protección. (Ver tabla 7 e ilustración 19)

Tabla 7. Materiales de campo, equipos y accesorios de protección

Materiales de campo	Equipos	Accesorios de protección
Fichas de registro	Peachímetro	Guantes de cuero
Masking tape	Termómetro	Guantes de látex
Marcador negro	Cámara fotográfica	Mascarilla descartable
Probetas de 150 ml		Botas de hule
Hielo		Machete
Agua destilada		
Cronómetro		
Reloj		
Cinta métrica		
Vaso graduado de 1 L		
Termo		
Cadena de custodia		
Regla de madera		

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 19. Accesorios de protección



Fuente: Fotos tomadas en el sitio

4.1.1.3 Determinación de eficiencia de remoción

Con base en los resultados obtenidos en los análisis físicos químicos de agua residual en los diferentes puntos de muestreo, se calculó la eficiencia de remoción de cada unidad utilizando la siguiente ecuación:

$$\%\text{Remoción} = \frac{\text{Concentración}_{\text{inicial}} - \text{Concentración}_{\text{final}}}{\text{Concentración}_{\text{inicial}}} * 100$$

4.2 Análisis y procesamiento de datos

Para completar la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales, se calcularon los siguientes datos:

- Se determinó el caudal de operación promedio en la entrada general de la PTAR, y se comparó con el caudal que se utilizó para el diseño del pretratamiento y tratamiento primario.

- Con los datos proporcionados por la empresa ENACAL se determinó el consumo percápita con el registro histórico y la cantidad de población servidas de Diriá y Diriomo.

- Utilizando el consumo percápita calculado y el caudal promedio obtenido de los 5 monitoreos realizados, se determinó el factor de retorno para los municipios de Diriá y Diriomo.

- Utilizando el caudal de operación promedio obtenido de los monitoreos y los caudales promedios obtenido de los aforos realizados en las entrada de los biofiltros, se calculó la distribución de caudales para los biofiltros 1.1 y 1.2.

- Se calcularon las cargas hidráulicas de cada uno de los elementos que conforman la PTAR Diriá-Diriomo y por consiguiente el periodo de retención hidráulico de cada sistema.

- Con los resultados obtenidos de los análisis físicos químicos que se le realizaron a las muestras tomadas, se determinó la eficiencia que tiene cada sistema en la remoción de cada parámetro.

- Se calcularon las constantes de degradación en los biofiltros 1.1 y 1.2 para los parámetros KDBO, KDQO, KNT, KPT y KE. COLI.

- Con los resultados de los parámetros de la DBO_5 y la DQO se determinó la biodegradabilidad de la materia orgánica que llega a la PTAR.

- Además se logró determina la Emisiones de gases que produce la PTAR Diriá-Diriomo.

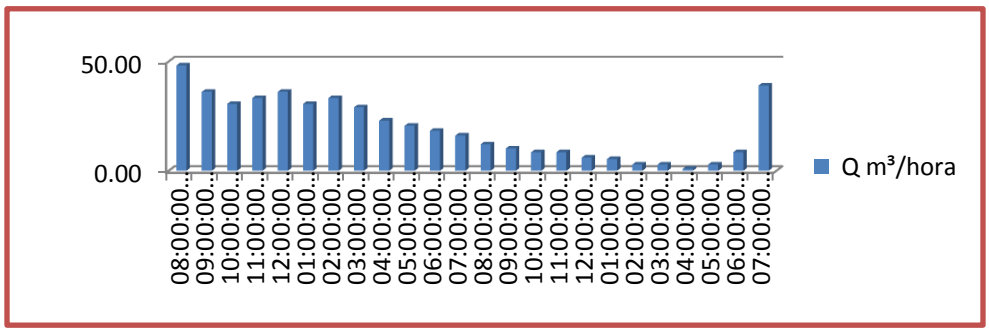
V. PRESENTACION DE RESULTADOS

5.1 Caudal en la entrada general de la PTAR

Comportamiento de los caudales obtenido por la realización de los monitoreos ver Anexo B. Datos de caudales obtenidos de los monitoreos realizados.

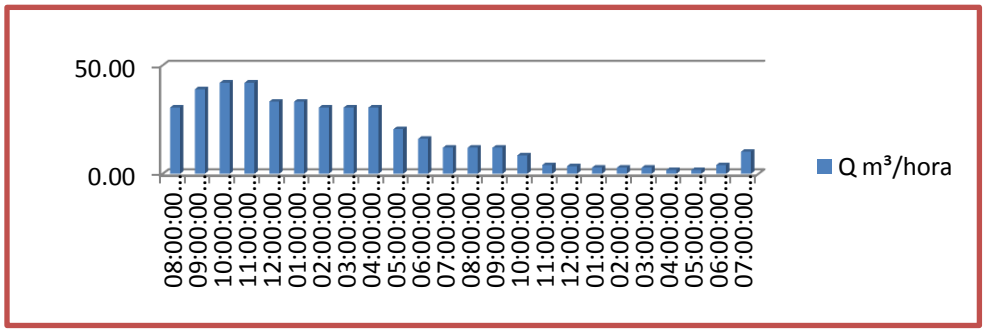
. Datos obtenidos de los monitoreos realizados. Ver grafica 1, 2, 3, 4 y 5.

Grafica 1. Primer monitoreo



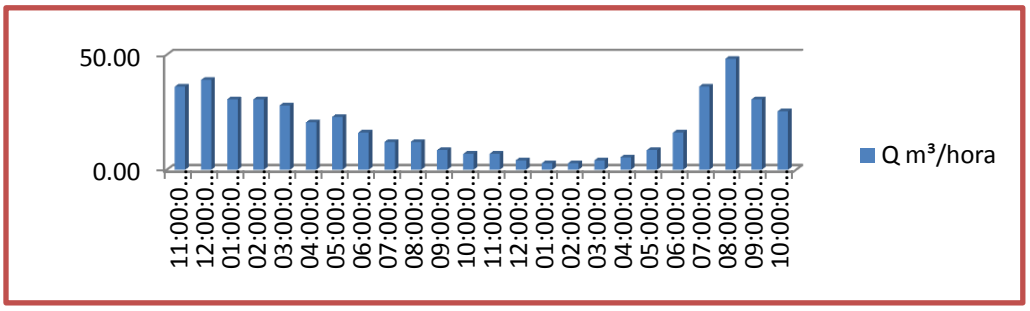
En el prime monitoreo el caudal máximo se registró a las 8 am con un valor de 48.15 m^3/hora y el caudal mínimo se registró a las 4 am con un valor de 0.95 m³/hora.

Grafica 2. Segundo monitoreo



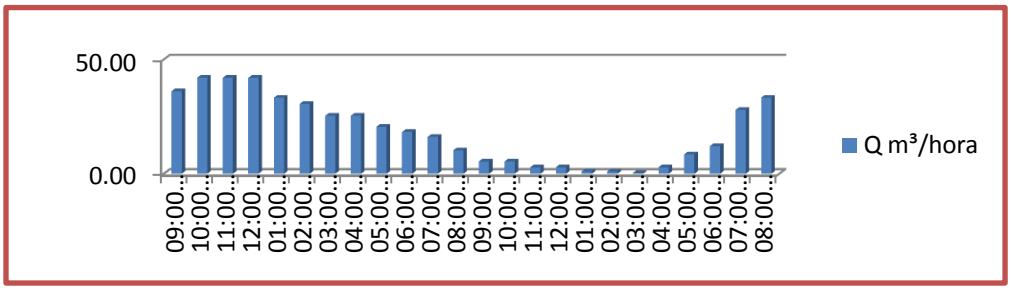
En el segundo monitoreo el caudal máximo se registró a las 9 am con un valor de 38.99 m^3/hora, mientras tanto el caudal mínimo se registró a las 4 y 5 am con un valor de 1.80 m^3/hora.

Grafica 3. Tercer monitoreo

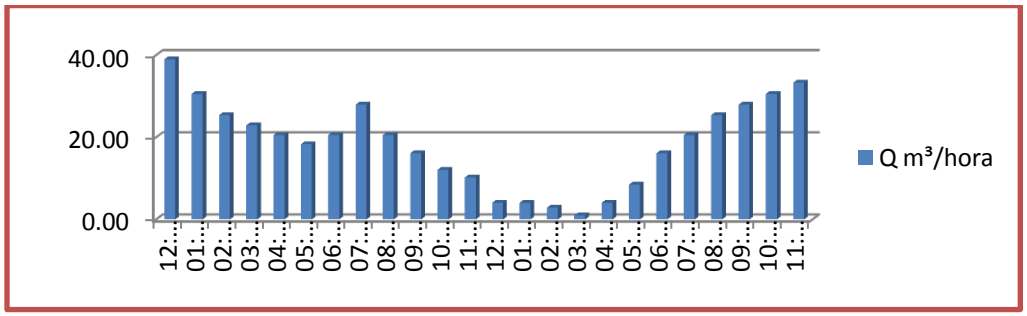


En el tercer monitoreo el caudal máximo se registró a las 12 pm con un valor de 38.99 m^3/hora, mientras tanto el caudal mínimo se registró a las 2 am con un valor de 2.84 m^3/hora.

Grafica 4. Cuarto monitoreo



En el cuarto monitoreo el caudal máximo se registró a las 11 am con un valor de 36.10 m^3/hora, mientras tanto el caudal mínimo se registró a las 2 am con un valor de 2.84 m^3/hora.



En el quinto monitoreo el caudal máximo se registró a las 12 pm con un valor de 38.99 m^3/hora, mientras tanto el caudal mínimo se registró a las 3 am con un valor de 0.95 m^3/hora.

Los valores promedios de los caudales totales determinados en cada monitoreo son los siguientes. (Ver tabla 8)

Tabla 8. Caudales promedios en la entrada general de la PTAR

Caudales Registrados	
Monitoreos	**Q m³/día**
1er	462.41
2do	427.06
3er	453.99
4to	445.01
5to	442.26
Promedio en m³/día	**446.14**

Fuente: Datos obtenidos en campo

En la Tabla 8 se observa el comportamiento de los caudales de cada monitoreo realizado, siendo el caudal máximo el que se registró en el primer monitoreo con un valor de 462.41m³/día, el caudal mínimo registrado fue de 427.06 m³/día y el caudal promedio que se calculó fue de 446.14 m³/día.

5.1.1 Comparación del caudal de diseño vs caudal de operación

La empresa ENACAL estableció la población y el caudal promedio para el dimensionamiento del pretratamiento y tratamiento primario. La población utilizada fue de 9,358 personas, y el caudal promedio utilizado fue de 898 m³/día. (Ver apéndice B Tablas de diseño para pretratamiento, tratamiento primario y secundario)

$$\mathbf{898}\,\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{día}} > \mathbf{446.14}\,\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{día}}$$

Los resultados de los monitoreos demuestran, que la caudal de diseño es mucho mayor que caudal de operación, por consiguiente el pretratamiento y tratamiento primario todavía no presenta ningún problema de dimensionamiento, con respecto a la carga hidráulica entrante. El caudal de operación es equivalente al 49. 68% del caudal de diseño.

5.1.2 Cálculo del consumo percápita

Según información suministrada por ENACAL el consumo anual de agua potable para el año 2016 fue de 1, 087,898.00 m³/año con una población atendida 19,417 personas. Esta información se utilizó para calcular el consumo percápita. (Ver Apéndice A.2.1 Dotación de Diriá y Diriomo para el año 2017)

$$\textbf{Consumo AP} = \frac{\mathbf{1,087,898.00}\,\frac{\mathbf{m^3}}{\text{año}}}{\mathbf{365\ dia}} = \mathbf{2,980.54}\,(\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{dia}})$$

$$\textbf{Consumo AP} = \mathbf{2,980.54}\left(\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{dia}}\right) * \mathbf{1000} = \mathbf{2,980,542.47}\,(\frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{dia}})$$

$$\textbf{Dotacion} = \frac{\mathbf{2,980,542.47}\,(\frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{dia}})}{\mathbf{19,417}} = \mathbf{153.50}\left(\frac{\frac{\mathbf{lts}}{\mathbf{per}}}{\mathbf{dia}}\right)$$

El consumo percápita sobrepasa a lo establecido por la norma de INAA ya que para poblaciones de 15,000 a 20,000 habitantes la dotación de agua potable es de 120 l/hab/día.

Es importante mencionar que el caudal promedio que se calculó en base a los cincos monitoreos realizados fue de 446.14 m³/día y el caudal de consumo que se obtuvo fue 2,980.54 m³/día, lo que representa que solo el 14.96% del agua potable suministrada a los municipios de Diriá y Diriomo es retornada hacia la planta. Esto es debido a que la cobertura del alcantarillado sanitario según ENACAL equivale al 21% para estos dos municipios, sin obviar existen pérdidas a través del riego, de jardines, abrevado de animales etc.

5.1.3 Cálculo de factor de retorno

Según registro de ENACAL actualmente están conectados a la PTAR Diriomo 756 hogares, con un índice poblacional de 6 habitantes por vivienda lo que equivale a 4,536 personas haciendo uso de sistema de alcantarillado.

La guía técnica para para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales describe que, para poblaciones de 0 a 5000 habitantes la dotación es de 100 lt/personas/día, sin embargo, se utilizó el consumo percápita calculado anteriormente para determinar el factor de retorno. El siguiente cálculo se realizó utilizando el caudal promedio registrado de todos los monitoreos. El caudal promedio fue de 446.14 m³/día.

$$\textbf{Factor de Ret} = \frac{\textbf{Qdiseño} * \textbf{1000}}{\textbf{Población} * \textbf{Consumo percapita}}$$

$$\textbf{Factor de Ret} = \frac{\textbf{446.14 m}^3\textbf{/día } \left(\frac{\textbf{m}^3}{\textbf{dia}}\right) * \textbf{1000}}{\textbf{4536 pers} * \textbf{153.50 } \left(\frac{\frac{\textbf{Lts}}{\textbf{Per}}}{\textbf{dia}}\right)} = \textbf{0.64}$$

El factor de retorno que se calculó fue de 0.64 el cual es menor que lo establecido en las normas de INAA, lo que significa que probablemente la población no está haciendo un buen uso de la red de alcantarillado vertiendo el agua en sumideros existentes en los hogares.

Sin embargo, hay que mencionar que el factor de retorno, depende de diversos elementos, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua, y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas. (Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado OPS, pág. 20)

5.2 Cálculo de la carga hidráulica en el desarenador

Los datos utilizados para calcular la carga hidráulica en el desarenador, se obtuvieron a partir de la información proporcionada por la empresa ENACAL. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Datos utilizados para calcular la carga hidráulica en el desarenador

Calculo de carga hidráulica en el desarenador	
Caudal Total de diseño Q (m^3/d)	**3369.000**
Caudal promedio de operación (m^3/d)	**446.140**
Peso específico arena(rs)	**2.65**
Peso específico agua(rw)	**0.993**
Temperatura promedio registrada en monitoreos	26.99 °C
Viscosidad cinemática m (cm^2/s)	**0.00858**
Diámetro de partículas (mm)	**0.05**
Numero de Hazen (Vs/Vo)	**3.00**
Altura libre H utilizada (m)	**1**

Fuente: Datos proporcionado por ENACAL y recolectados en campo.

La carga hidráulica superficial calculada con el caudal de diseño fue de 75.78 m^3/m^2*día y con la carga hidráulica calculada con el caudal de operación fue de 10.04 m^3/m^2*día. El caudal de operación es menor que el caudal de diseño por ende la eficiencia del desarenador con respecto a la carga hidráulica es óptima. (Ver apéndice C.2 Calculo de carga hidráulica superficial del desarenador)

5.3 Cálculo de la carga hidráulica en el tanque Imhoff

Para calcular la carga hidráulica en el tanque Imhoff se utilizaron los siguientes Datos (Ver tabla 10)

Tabla 10. Datos utilizados para el cálculo de carga hidráulica tanque Imhoff

Carga hidráulica superficial en el tanque Imhoff	
Caudal de diseño	898 m^3/día
Caudal de operación	446.14 m^3/día
Área superficial	36. 82 m^3/día

Fuente: Datos recolectado en campo.

$$\mathbf{Ch} = \frac{\mathbf{Qd}}{\mathbf{As}} = \frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{m^2}} * \mathbf{hora}$$

La carga hidráulica para el caudal de diseño fue de 1.02 m³/m²*día y la carga hidráulica de operación fue de 0.50 m³/m²*día lo que representa que el tanque imhoff no está operando a su máxima capacidad. (Ver apéndice C.4 Calculo de la carga hidráulica en tanque Imhoff)

5.3.1 Caculo de tiempo de retención hidráulica en el tanque Imhoff

El tiempo de retención hidráulica para el cual fue diseñado el tanque Imhoff está entre el rango de 2 a 4 horas.

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{Volumen\ de\ sedimentador\ m^3}}{\mathbf{Caudal\ \ de\ operacion\ m^3/dia}} * \mathbf{24} \quad \mathbf{R} = \frac{\mathbf{74.86\ m^3}}{\mathbf{446.14\ m^3/dia}} * \mathbf{24} = \mathbf{4.03\ horas}$$

A través de los cálculos realizados, el tiempo de retención en el tanque imhoff fue de 4.03 horas, por ende esta en los rangos establecidos para el diseño de estos sistemas. (Ver apéndice C.4.1 Calculo de tiempo de retención en tanque Imhoff)

5.4 Caudales en la entrada y salida en los biofiltros 1.1 y 1.2

A continuación se muestra el comportamiento de caudales en la entrada y salida de los biofiltros 1.1 y 1.2 (Ver tabla 11)

Tabla 11. Resultado de caudales de entrada y salida para B1.1 y B1.2

Caudales De Entrada Y Salida De Biofiltros 1.1 Y 1.2				
Monitoreos	Entrada en B 1.1 en m³/día	Salida de B 1.1 en m³/día	Entrada en B 1.2 en m³/día	Salida de B 1.2 en m³/día
1	110.50	115.26	50.92	41.17
2	90.07	92.69	44.64	36.29
3	101.72	103.21	47.03	37.37
4	97.05	98.68	47.60	39.34
5	108.57	110.19	55.35	45.40
Promedio en m³/día	**101.58**	**104.01**	**49.11**	**39.91**

Fuente: Elaboración propia

Según cálculos realizados el caudal promedio de entrada en el biofiltro 1.1 fue de 101.58 m³/día y el caudal promedio de salida fue de 104.01 m³/día, teniendo una

diferencia 2.43 m³/día siendo mayor el Q de salida. Teóricamente el caudal de salida tiene que ser menor o igual al caudal de entrada, sin embargo hay que mencionar que durante los monitoreos se observó que en ciertas partes del biofiltro 1.1 el agua se quedaba estancada, probablemente por obstrucción de materia orgánica en el lecho filtrante o que se esté presentando el fenómeno de capilaridad dentro del biofiltro 1.1.

Mientras tanto en el biofiltro 1.2 el caudal promedio de entrada que se registro fue de 49.11 m³/día y en la salida se registró un caudal promedio de 39.91 m³/día, teniendo una diferencia de 9.2 m³/día lo que significa que probablemente se esté filtrando el agua. (Ver graficas de caudal en Anexo C. Graficas de caudales de entrada y salida en biofiltros)

5.4.1 Porcentaje de distribución de caudal para el biofiltro 1.1 Y 1.2

$$\%\ \mathbf{Q\ De\ distribucion} = \left(\frac{\mathbf{Q\ Entrada\ Bn}\ \frac{\mathbf{m^3}}{dia}}{\mathbf{Q\ Entrada\ Principal}\ \frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{dia}}} \right) * \mathbf{100} = \%$$

Se calculó el porcentaje de distribución en los biofiltros 1.1 y 1.2 para compararlos con los datos suministrados por la empresa ENACAL. (Ver tabla 12)

Tabla 12. Distribución de caudales para B1.1 y B1.2

Monitoreo	Q de E.G m³/día	Entrada de B 1.1 en m³/día	Entrada de B 1.2 en m³/día	% de Distribución en B 1.1	% de Distribución en B 1.2
1	462.41	110.5	50.92	23.90	11.01
2	427.06	90.07	44.64	21.09	10.45
3	453.99	101.72	47.03	22.41	10.36
4	445.01	97.05	47.6	21.81	10.70
5	442.26	108.57	55.35	24.55	12.51
Q Prom en m³/día	446.146	101.582	49.108		
% Distribución promedio para los Biofiltros 1.1 y 1.2				**22.75%**	**11.01%**

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de caudales teóricos y reales proporcionados por la empresa ENACAL. (Ver tabla 13)

Tabla 13. Caudales teóricos y caudales reales proporcionados por ENACAL

% de Caudal teóricos y caudales reales		
Biofiltros	% de Q Teórico	% de Q Real
1.1	22%	**25 %**
1.2	9%	**13%**

Fuente: Operaciones del Acueducto y Construcción del Alcantarillado Sanitario en Diriomo y Diriá ENACAL**.**

Los resultados de los monitoreos demuestran que la distribución de caudal se aproxima bastante con respecto a la distribución que se consideró para el diseño de los biofiltros. (Ver apéndice B.6 Descripción del diseño de Biofiltros o humedales)

5.4.2 Cálculo de áreas para biofiltro 1.1 y 1.2

Se calculó el área de los biofiltros 1.1 y 1.2 utilizando el caudal promedio obtenido a través de monitoreos realizados, para determinar si el dimensionamiento de estos sistemas está acorde al caudal que se suministra. (Ver tabla 14 y tabla 15)

Tabla 14. Valores utilizados para el cálculo de dimensiones de B1.1 y B1.2

Valores utilizados para el diseño		
Caudal promedio para biofiltro 1.1	101.582m³/día	0.00117572m³/s
Caudal promedio para biofiltro 1.2	49.108 m³/día	0.00056838 m³/s
Permeabilidad neta del lecho filtrante (Kf)	0.00676m/s	
Pendiente hidráulica (i)	0.01 m/m	
Altura efectiva (h efectiva)	0.7 m	
Carga hidráulica (Ch)	30m/año	

Ver apéndice B.6 Descripción del diseño de Biofiltros o humedales

Para calcular el área de los biofiltros se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{B\ min} = \frac{\mathbf{Qprom}\left(\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{s}}\right)}{(\mathbf{Kf} * \mathbf{i} * \mathbf{h\ efectiva})} \qquad \mathbf{Longitud} = \frac{\mathbf{Qprom}\left(\frac{\mathbf{m^3}}{\mathbf{dia}}\right) * \mathbf{365\ dias}}{(\mathbf{B\ min} * \mathbf{Ch})}$$

$$\textbf{Area superficial} = \textbf{B min} * \textbf{Longitud}$$

Tabla 15. Cálculo de dimensiones de biofiltros 1.1 y 1.2

Calculo para dimensiones de los biofiltros				
Biofiltros	B mínimo en m	Longitud en m	Área en m²	Área superficial de B1.1 y B1.2 en m²
1.1	24.85	49.74	1235.91	2460
1.2	12.01	49.74	597.48	1000

Fuente: ENACAL

Los cálculos demuestran que actualmente las dimensiones reales de los biofiltros 1.1 y 1.2 están sobredimensionados con respecto al caudal que están operando. (Ver apéndice B.6 Descripción del diseño de Biofiltros o humedales)

5.4.3 Cálculo de tiempo de retención en los biofiltros 1.1 y 1.2

$$\textbf{TDR} = \frac{\textbf{B} * \textbf{L} * \textbf{h} * \textbf{n}}{\textbf{Qpromedio}}$$

Los resultados demuestran que el periodo de retención de los biofiltros 1.1 y 1.2 es más grande que lo recomendado para el diseño. (Ver tabla 16)

Tabla 16. Tiempo de retención en biofiltros 1.1 y 1.2

Tiempo de retención en biofiltros 1.1 y 1.2						
Biofiltros	B	Longitud en m	h	N	Caudal promedio m³/d	TDR (Día)
1.1	60	41	0.70	0.45	101.582 m³/d	7.63
1.2	50	20	0.70	0.45	49.108 m³/d	6.41

Fuente: Elaboración propia

A través de estudios se ha demostrado que el periodo de retención en los biofiltros dura de 3 a 5 días lo que garantiza una remoción de contaminantes en un 80% (Evaluación de un humedal artificial como tratamiento de agua residual en un asentamiento irregular, Gonzales y Hernández, pág. 23)

5.4.4 Cálculo de carga hidráulica en biofiltros 1.1 y 1.2

$$\mathbf{Ch} = \frac{\mathbf{Q\ promedio} * \mathbf{365}}{\mathbf{B} * \mathbf{L}}$$

Los resultados del cálculo de carga hidráulica en los biofiltros demuestran que actualmente estos sistemas son eficientes, debido a que no han llegado a la carga hidráulica de diseño. (Ver tabla 17)

Tabla 17. Carga hidráulica en biofiltros 1.1 y 1.2

Carga hidráulica en los biofiltros 1.1 y 1.2				
Biofiltros	B	Longitud en m	Caudal Prom m³/d	Ch m³/m²*día
1.1	60	41	101.582	15.07
1.2	50	20	49.108	17.92

Fuente: Elaboración propia

En Nicaragua se han obtenido buenos resultados de remoción de materia orgánica con cargas hidráulicas de hasta 37 m/año, con requerimientos de área de 1.0 a 1.2 m²/pe. (Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente, CIEMA, UNI)

5.4.5 Pérdida de caudales en biofiltro 1.1 y 1.2

La pérdida de caudal en el biofiltro 1 no fue considerable porque según resultados se observó que el caudal de salida fue mayor que el caudal de entrada, sin embargo, en el biofiltro 2 se descubrió que la diferencia de caudal es más relevante, por motivo que los caudales de salida son menores con respecto a los caudales de entrada. (Ver tabla 18)

Tabla 18. Pérdidas de caudales en los biofiltros 1.1 y 1.2

Perdidas de caudales en Biofiltros						
Monitoreos	Q de Ent B1	Q de sal B1	Q de Ent B2	Q de sal B2	Diferencia de Q B1 en m³	Diferencia de Q B2 en m³
1ro	110.5	115.26	50.92	41.17	-4.76	9.75
2do	90.07	92.69	44.64	36.29	-2.62	8.35
3er	101.72	103.21	47.03	37.37	-1.49	9.66
4to	97.05	98.68	47.6	39.34	-1.63	8.26
5to	108.57	110.19	55.35	45.4	-1.62	9.95

Fuente: Elaboración propia

5.4.5.1 Cálculo teórico de filtración en biofiltro 1.1 y 1.2

Para calcular la filtración se utilizó la conductividad hidráulica de la arcilla (Ver apéndice C.5 Datos de los biofiltros 1.1 y 1.2) se consideró determinar un aproximado del flujo que se pierde con base a un coeficiente de permeabilidad de 0.000864 m/d para un suelo tipo arcilloso debido a que, para permeabilizar los biofiltros se utilizó una combinación de 8% de cemento portland y arcilla que se encontró en el lugar. (Ver tabla 19)

Tabla 19. Filtración básica en los suelos

Tipo de suelo	Infiltración básica (cm/s)
Arena	10^{-2} a 10^{-1}
Limo	10^{-6} a 10^{-2}
Arcilla	10^{-10} a 10^{-6}

Fuente: CIRA-UNAN.

Teóricamente la filtración del biofiltro 1.1 fue de 2.13 m³/d y para el biofiltro 1.2 la filtración fue de 0.86 m³/d.

5.4.5.2 Cálculo teórico de evaporación en biofiltro 1.1 y 1.2

Para el cálculo de la evaporación, se utilizó los datos suministrados por INETER (Ver apéndice C.5.2 Evaporación), tomando en cuenta el área de las unidades de los biofiltros, se encontró que el volumen promedio de agua convertida en vapor para el biofiltro 1.1 fue de 0.72 m³/d y para el biofiltro 1.2 fue 0.29 m³/d.

5.5 Caracterización física del afluente y efluente en cada tecnología

En cada uno de los puntos de muestreo establecidos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Diriá-Diriomo, se realizó el levantamiento de parámetros físicos tales como pH, temperatura y sedimentación. En la tabla siguiente se presentan las concentraciones promedios de los parámetros seleccionados. (Ver tabla 20)

Tabla 20. Caracterización física promedio del afluente y efluente

Parámetros			
Punto	**pH**	**Temperatura °C**	**Solidos sedimentables (ml/l)**
Entrada General	7.54	26.99	2.86
salida de tanque Imhoff	7.43	27.38	0.83
Salida de Biofiltro 1.1	7.30	27.89	-
Salida de Biofiltro 1.2	7.27	27.06	-

Fuente: Elaboración propia

El pH promedio que se registró en la entrada general de la planta fue de 7.54, en el la salida del tanque imhoff fue de 7.43, en la salida del biofiltro 1.1 fue de 7.30 y en la salida del biofiltro 1.2 fue 7.27. Por consiguiente, los datos de pH en el afluente y efluente se mantienen en el rango de 6 a 9 lo que significa que es apto para el desarrollo de la actividad biológica.

En los últimos tres monitoreo realizados la temperatura promedio registrada en la entrada general fue de 26.99 °C, en la salida del tanque imhoff fue de 27.38, en la salida del biofiltro 1.1 fue de 27.87 y en la salida del biofiltro 1.2 fue de 27.06.

Para el parámetro de sólidos sedimentables se hizo uso del cono de sedimentación, el cual se obtuvo los siguientes registros, para la entrada general de la PTAR se registró un sedimentación promedio de 2.86 ml/l y para la salida del tanque imhoff se registró una sedimentación promedio de 0.83 ml/l. (Ver Anexos D Graficas de pH, temperatura, y solidos sedimentables).

5.6 Eficiencias en la remoción en las unidades del sistema de tratamiento

- **Parámetro DBO_5**

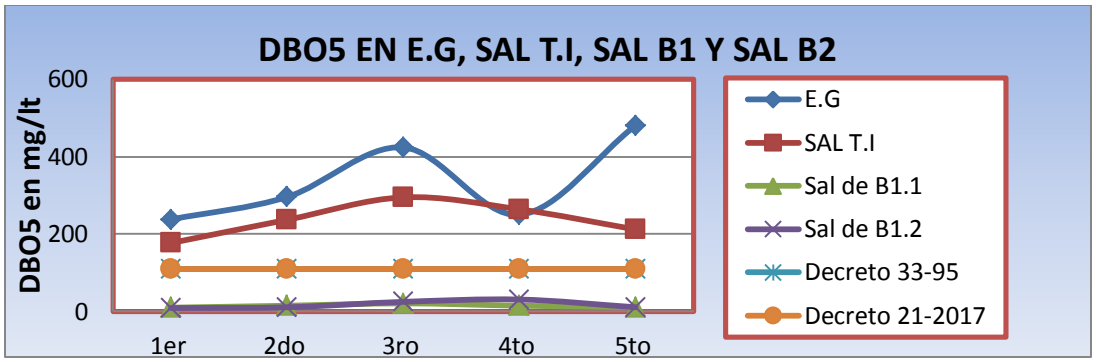
Para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento se calculó en porcentajes de remoción de contaminantes, expresados como DBO_5, DQO, Solidos suspendido Totales (SST), Coliformes Fecales (CF), Sustancia Activa al Azul de Metileno (SAAM), Nitrógeno y Fosforo. Para estos dos últimos solo se evaluaron en la tecnología biofiltro. (Ver Anexos E. Resultados de laboratorios)

El valor promedio de DBO_5 del agua cruda fue de 337.8 mg/L, valor que se redujo a la salida del Tanque Imhoff en 237 mg/L equivalente a un 29.84% en promedio, A pesar que la eficiencia de remoción del tanque Imhoff no fue muy alta, los valores en el efluente de las dos unidades se mantuvieron en el mismo rango, mostrando que los biofiltros tienen una capacidad de amortiguación para aumentos en la carga contaminante de entrada.

Los valores promedio de remoción en el tratamiento secundario fueron de 14.4 mg/l equivalente a un 93.92% para el biofiltro 1.1 y 17.4 mg/l equivalente a un 92.66% para el biofiltro 1.2 respectivamente. Los valores de obtenidos son menores a lo establecido en el decreto 33-95 y el decreto en vigencia 21-2017, garantizando con ello un cumplimiento efectivo de la norma. (Ver tabla 21)

Tabla 21. Resultados del parámetro DBO5

PARAMETRO PARA LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5 en mg/l)											Dcreto 33-95	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	238	177	10	9	110	110	25.63	94.35	94.92	CUMPLE	CUMPLE
2do	427.06	296	237	15	11	110	110	19.93	93.67	95.36	CUMPLE	CUMPLE
3ro	453.99	424	295	21	25	110	110	30.42	92.88	91.53	CUMPLE	CUMPLE
4to	445.01	250	264	15	31	110	110	-5.60	94.32	88.26	CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	481	212	11	11	110	110	55.93	94.81	94.81	CUMPLE	CUMPLE
TOTAL		1689	1185	72	87							
DBO5 PROMEDIO		337.80	237	14.4	17.4							
% EFICIENCIA DE CADA SISTEMA			29.84	93.92	92.66							
% EFICIENCIA EN REMOCION DE DBO5				95.74	94.85							
				95.29								

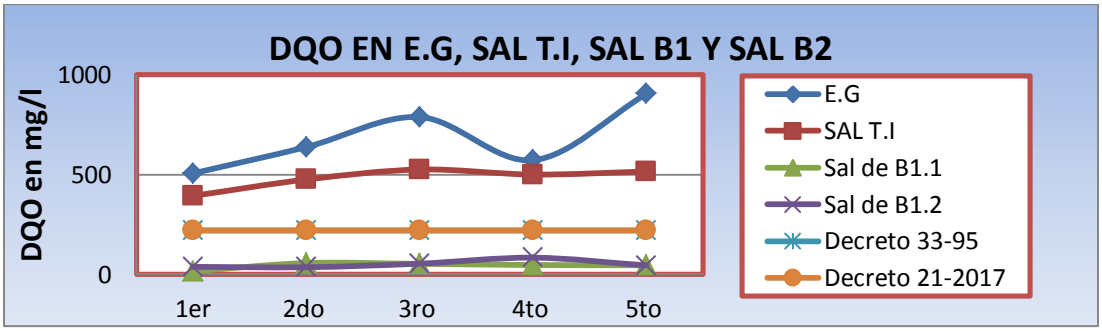


- **Parámetro DQO**

El valor promedio de este parámetro para el agua cruda fue de 681.8 mg/L, la reducción promedio después del tanque Imhoff fue de 481.6 mg/l equivalente a un 29.36% y los valores promedio de remoción en las dos unidades fueron de 42.8 mg/l equivalente a un 91.11% para el biofiltro 1.1 y 50.4 mg/l equivalente a un 89.53% para el biofiltro 1.2 respectivamente. Los valores de ambos parámetros fueron mucho menores que los establecidos por el decreto 33-95 y el decreto en vigencia 21-2017, garantizando con ello un cumplimiento efectivo de la norma. (Ver tabla 22)

Tabla 22. Resultados del parámetro DQO

PARAMETRO PARA LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO en mg/l)											Dcreto 33-95	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	506	393	15	37	220	220	22.33	96.18	90.59	CUMPLE	CUMPLE
2do	427.06	638	475	56	35	220	220	25.55	88.21	92.63	CUMPLE	CUMPLE
3ro	453.99	788	525	52	53	220	220	33.38	90.10	89.90	CUMPLE	CUMPLE
4to	445.01	572	500	46	83	220	220	12.59	90.80	83.40	CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	905	515	45	44	220	220	43.09	91.26	91.46	CUMPLE	CUMPLE
TOTAL		3409	2408	214	252							
DQO PROMEDIO		681.80	481.6	42.8	50.4							
% EFICIENCIA DE CADA SISTEMA			29.36	91.11	89.53							
% EFICIENCIA EN REMOCION DE DQO				93.72	92.61							
				93.17								



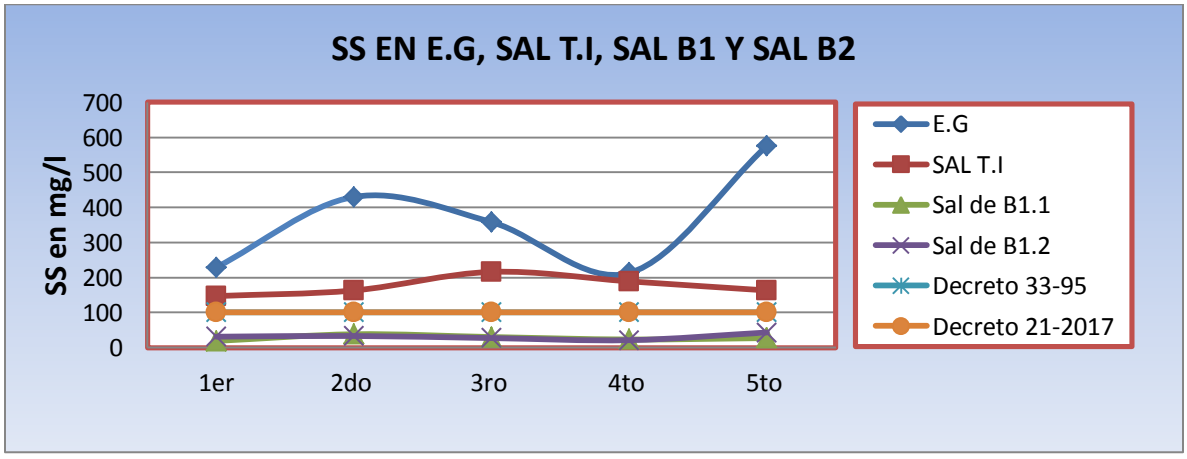
- **Parámetro Solidos suspendidos totales**

El valor promedio de este parámetro para el agua cruda fue de 361.2 mg/L, la reducción promedio después del tanque Imhoff fue de 175.6 mg/l equivalente a un 51.38% y los valores promedio de remoción en las dos unidades fueron de 27.4 mg/l equivalente a un 84.40% para el biofiltro 1.1 y 31 mg/l equivalente a un 82.35% para biofiltro 1.2 respectivamente.

Los valores de ambos parámetros fueron mucho menores que los establecidos por el decreto 33-95 y el decreto en vigencia 21-2017, garantizando con ello un cumplimiento efectivo de la norma. (Ver tabla 23)

Tabla 23. Resultados del parámetro SST

PARAMETRO PARA SOLIDOS SUSPENDIDOS (SS en mg/l)											Decreto 33-95	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	229	147	19	31	100	100	0.00	0.00	0.00		
2do	427.06	430	163	38	33	100	100	62.09	76.69	79.75	CUMPLE	CUMPLE
3ro	453.99	358	216	30	27	100	100	39.66	86.11	87.50	CUMPLE	CUMPLE
4to	445.01	213	189	23	21	100	100	11.27	87.83	88.89	CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	576	163	27	43	100	100	71.70	83.44	73.62	CUMPLE	CUMPLE
TOTAL		1806	878	137	155							
SS PROMEDIO		361.20	175.6	27.4	31							
% EFICIENCIA DE CADA SISTEMA			51.38	84.40	82.35							
% EFICIENCIA EN REMOCION DE SS				92.41	91.42							
				91.92								



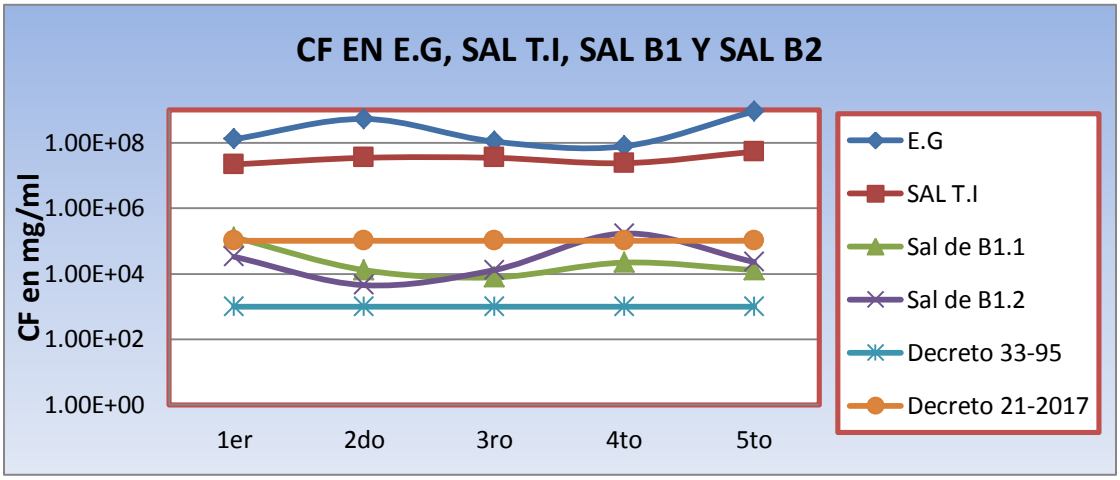
- **Parámetro coliformes fecales**

La remoción de CF en el tratamiento primario, tanque Imhoff, es principalmente por acción física (sedimentación), este proceso es influenciado por el periodo de retención del agua en dicha unidad. En el caso de la PTAR Diriomo el tanque Imhoff removió un 90.44 % de CF, mientras que el biofiltro 1.1 removió un 99.89% y el biofiltro 1.2 removió 99.86%, porcentajes altos que no cumplieron según lo establecido en el decreto (33-95).

Sin embargo en el decreto vigente (21-2017) el valor permisible con respecto a los coliformes fecales es mayor, por ende cumplen con lo establecido en dicho decreto. (Ver tabla 24)

Tabla 24. Resultados de parámetro coliformes fecales

PARAMETRO PARA COLIFORMES FECALES (CF en NMP/100ml)											Decreto 33-95	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	1.30E+08	2.20E+07	1.30E+05	3.30E+04	1000	100,000	83.08	99.41	99.85	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2do	427.06	5.40E+08	3.50E+07	1.30E+04	4.50E+03	1000	100,000	93.52	99.96	99.99	NO CUMPLE	NO CUMPLE
3ro	453.99	1.10E+08	3.50E+07	7.80E+03	1.30E+04	1000	100,000	68.18	99.98	99.96	NO CUMPLE	NO CUMPLE
4to	445.01	7.90E+07	2.40E+07	2.20E+04	1.70E+05	1000	100,000	69.62	99.91	99.29	NO CUMPLE	NO CUMPLE
5to	442.26	9.20E+08	5.40E+07	1.30E+04	2.30E+04	1000	100,000	94.13	99.98	99.96	NO CUMPLE	NO CUMPLE
CF PROMEDIO		2.24E+08	3.23E+07	2.07E+04	2.37E+04							
% EFICIENCIA DE CADA SISTEMA			85.59	99.94	99.93							
% EFICIENCIA EN REMOCION DE CF				85.59	99.94							
				92.76								



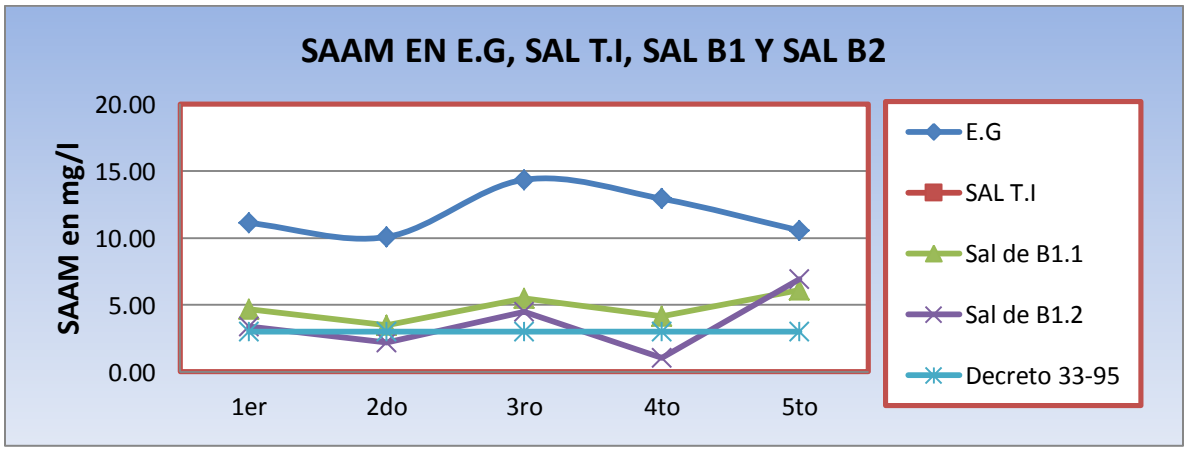
- **Parámetro SAAM**

El valor promedio de este parámetro para el agua cruda fue de 11.8 mg/L, la reducción promedio en las dos unidades de biofiltro fueron de 4.79 mg/l equivalente a un 59.47 % para el biofiltro 1.1 y 3.61 mg/l equivalente a un 69.41% para el biofiltro 1.2, mientras que los valores del biofiltro 1.1 como se muestra en la tabla anterior no cumplen con el rango permisible por el decreto (33-95), mientras que el biofiltro 1.2, si cumplió con lo establecido en los monitoreos 2 y 4.

Sin embargo en el decreto vigente (21-2017) el parámetro SAAM no está presente, debido a que se están realizando estudios más exhaustivos en este tipo de sistemas de tratamiento, con el fin de mejorar la eficiencia de remoción de este parámetro. (Ver tabla 25)

Tabla 25. Resultados del parámetro SAAM

PARAMETRO PARA SUSTANCIA ACTIVA AL AZUL DE METILENO (SAAM en mg/l)											Decreto 33-95	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	11.12		4.69	3.39	3	-		57.82	69.51	NO CUMPLE	NO CUMPLE
2do	427.06	10.08		3.50	2.20	3	-		65.28	78.17	NO CUMPLE	CUMPLE
3ro	453.99	14.35		5.48	4.49	3	-		61.81	68.71	NO CUMPLE	NO CUMPLE
4to	445.01	12.93		4.16	1.07	3	-		67.83	91.72	NO CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	10.56		6.10	6.91	3	-		42.23	34.56	NO CUMPLE	NO CUMPLE
TOTAL		59.04		23.93	18.06							
SAAM PROMEDIO		11.81		4.79	3.61							
% EFICIENCIA DE CADA SISTEMA				59.47	69.41							
% EFICIENCIA EN REMOCION DE SAAM				59.47	69.41							
				64.44								

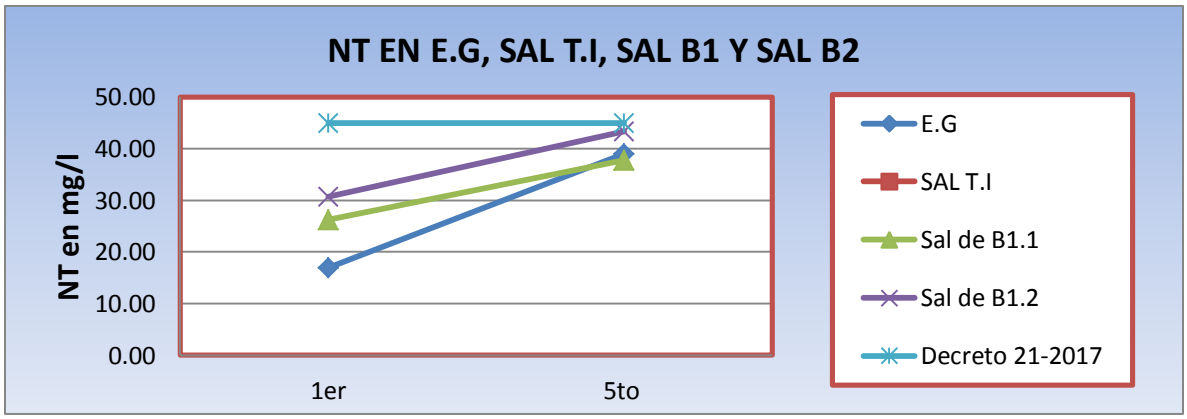


- **Parámetro nitrógeno**

Según datos de laboratorio el valor promedio de este parámetro en el agua cruda fue de 27.98 mg/L, mientras que en el biofiltro 1.1 para el quinto monitoreo el promedio fue de 37.78 mg/l equivalente a un 3.15%, porcentaje bajo para la remoción de este parámetro. (Ver tabla 26)

Tabla 26. Resultados del parámetro nitrógeno

PARAMETRO PARA NITROGENO (NT en mg/l)											Decreto 21-2017	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	16.95		26.22	30.74	-	45.00		0.00	0.00	CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	39.01		37.78	43.34	-	45.00		3.15	0.00	CUMPLE	CUMPLE
							% DE REM PROM		3.15	0.00		



En el primer y quinto monitoreo se observó que los valores de nitrógeno aumentaron, lo cual se estima que es debido a la mineralización del nitrógeno orgánico en el biofiltro, combinado con una insuficiencia de oxigeno e inadecuadas condiciones aeróbicas requeridas para la nitrificación con el tiempo de retención hidráulica de dichos sistemas. (Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales)

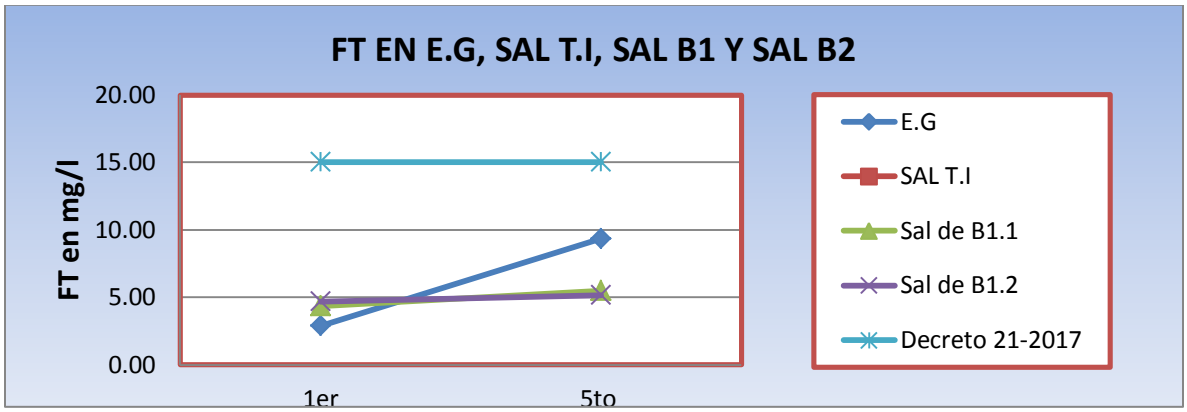
En vista de que la remoción de nutrientes mejora principalmente en función del tiempo de retención dentro del Biofiltro, es recomendable para este propósito diseñar los biofiltros con bajas cargas hidráulicas. Para eliminar nutrientes en estos sistemas, es recomendable utilizar la combinación de un Biofiltro de flujo vertical en serie con un Biofiltro de flujo horizontal.

- **Parámetro fósforo**

La remoción de fósforo en los dos biofiltros no es muy eficiente, debido al poco contacto entre el agua residual y el terreno. En el primer monitoreo, el biofiltro 1.1 no removió nada, pero en el quinto monitoreo removió un 41.58%, según resultado del biofiltro 1.2, tampoco removió fósforo en el primer monitoreo pero no obstante en el quinto monitoreo removió un 45.04%. (Ver tabla 27)

Tabla 27. Resultados del parámetro Fósforo

PARAMETRO PARA FOSFORO (FT en mg/l)											Decreto 21-2017	
Monitoreo	QT m³/d	E.G	SAL T.I	Sal de B1.1	Sal de B1.2	Decreto 33-95	Decreto 21-2017	% De Rem T.I	% De Rem B1.1	% De Rem B1.2	Obs B1.1	OBS B1.2
1er	462.41	2.87		4.33	4.65	-	15.00		0.00	0.00	CUMPLE	CUMPLE
5to	442.26	9.35		5.46	5.14	-	15.00		41.58	45.04	CUMPLE	CUMPLE
							% De Remoción PROM		43.31			



Los mecanismos principales para la remoción de fósforo en los biofiltros, es la captación por parte de las plantas y la retención en contacto con el terreno, por esta razón en el primer monitoreo no se obtuvo remoción, por parte de ambos biofiltros, ya que se observó que las plantas macrófitas estaban recién sembradas y se le había proporcionado mantenimiento a los biofiltros una semana antes. (Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales)

5.7 Constantes de degradación en los biofiltros

Para el diseño de los biofiltros se hizo uso de las constantes de degradación, obtenidas en la investigación que se realizó en la planta piloto de Masaya. (Ver apéndice B.6 Descripción del diseño de Biofiltros o humedales) La ecuación que se utilizó para calcula la constante de degradación es la siguiente.

$$\mathbf{K} = -(\mathbf{Ch} * \mathbf{LN}\left(\frac{\mathbf{Ce}}{\mathbf{Ca}}\right))$$

Ce es la carga del efluente, Ca es la carga del afluente y Ch es la carga hidráulica.

Es importante mencionar que las constantes de degradación calculadas no son determinantes debido a que para obtener datos más precisos es necesario realizar investigaciones más exhaustivas. Resultados de cálculos de constantes de degradación para los parámetros de DBO, DQO, NT, PT y E. COLI. (Ver tabla 28)

Tabla 28. Cálculo de constantes de degradación

Constantes de degradación	Ca Tanque Imhoff	Ce del B 1.1	Ce del B 1.2	Ch B1.1	Ch B1.2	KT. B1.1	KT. B1.2
KDBO	237	14.4	17.4	15.11	17.92	**42.33**	**46.81**
KDQO	481.6	42.8	50.4	15.11	17.92	**36.58**	**40.46**
KNT	27.98	37.78	43.34	15.11	17.92	**-4.54**	**-7.84**
KPT	6.11	5.463	5.139	15.11	17.92	**1.69**	**3.10**
KE. COLI	3.23E+07	20666.621	23744.844	15.11	17.92	**111.12**	**129.31**

Investigaciones realizadas con Biofiltros en Nicaragua han permitido la estimación de los valores de la constante de degradación K para la reducción de diferentes parámetros contaminantes. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

KDBO = 81.8 ± 13 m/año
KDQO = 60.8 ± 12 m/año
KNT = 11.8 ± 6 m/año
KPT = 6.9 ± 4 m/año
KE.COLI = 125.9 ± 50 m/año
Fuente: Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente, CIEMA, UNI pág. 18

5.8 Carga total aplicada teórica vs carga total aplicada real

Para calcular las cargas totales aplicadas se hizo uso de datos proporcionados por la empresa ENACAL y datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación. (Ver apéndice B.5 Descripción del diseño del tanque Imhoff)

Datos para calcular cargas total aplicada y cargas superficial aplicadas	
Caudal de diseño	898 m³/día
Caudal real	446.14 m³/día
Concentración de diseño	228 mg/L
Concentración de entrada real	337.8 mg/L
Concentración teórica de salida en T.I	91.2 mg/L
Concentración real de salida en T.I	237 mg/L
Área de biofiltro 1.1	2460 m²
Área del biofiltro 1.2	1000 m²

$$\text{C. T. A} = \text{Caudal}\ \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \text{Concentración}\frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1000\ \text{L}}{1\text{m}^3} * \frac{1\ \text{kg}}{1{,}000{,}000\ \text{mg}} = \frac{kg}{día}$$

	carga total aplicada teórica kg/día	Carga total aplicada real kg/día
C.T.A.T.I	204.74	150.71
C.T.A.B 1.1	20.47	24.05
C.T.A.B 1.2	10.65	11.64

La carga total aplicada real, es mayor que la carga total aplicada teórica debido a que la concentración promedio obtenida atraves de estudios de laboratorios, es mayor que la concentración utilizada para el diseño de esta PTAR, sin obviar que el caudal de operación es menor que caudal utilizado para el diseño.

$$\text{C de entrada teorica} = 228\frac{\text{mg}}{\text{L}} < \text{C de entrada real} = 337.8\ \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{C de salida T. I teorica} = 91.2\frac{\text{mg}}{\text{L}} < \text{C de salida T. I real} = 237\ \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

5.9 Aporte percápita para la DBO

Caudales Registrados		
Monitoreos	**Q m³/día**	**Q l/s**
13 Junio del 2017	462.41	5.4
09 Julio del 2017	427.06	4.9
08 Agosto del 2017	453.99	5.3
19 Septiembre del 2017	445.01	5.2
14 Noviembre del 2017	442.26	5.1
Promedio	**446.14**	**5.2**

Fuente: Datos obtenidos en campo. (Elaboración propia).

Para el cálculo del consumo percápita se utilizaron datos proporcionados por la empresa ENACAL y por datos recopilados en campo. (Ver tabla 29)

Tabla 29. Calculo de aporte percápita

Parámetro	Dimensión	Valor
índice de hacinamiento (ENACAL)	Adimensional	6
Concentración de DBO	mg/l	337.8
Población	hab	4536
Conexiones	U	756
Caudal de entrada	m^3/día	446.14
	L/s	5.2
	L/día	446,140

Fuente: Datos obtenidos en campo. (Elaboración propia).

$$\textbf{Aporte percapita para la DBO} = \frac{\textbf{Concentracion de la DBO} * \textbf{Caudal en } \frac{\textbf{Lt}}{\textbf{dia}}}{\textbf{1000} * \textbf{habitantes}}$$

$$\textbf{Aporte percapita para la DBO} = \frac{\textbf{337.8} * \textbf{446,140}}{\textbf{1000} * \textbf{4536}} = \textbf{33.22} \frac{\frac{\textbf{gr}}{\textbf{hab}}}{\textbf{día}}$$

El bajo aporte per cápita de DBO es de 33.22 gr/hab*día (Según literaturas investigadas el agua residual doméstica tiene un aporte per cápita de DBO de 48 a 52 gr/hab*día), este rango podría estar relacionado a la alimentación de la población conectada, o bien, a que cierta parte de la población no esté descargando todas sus aguas residuales al sistema.

5.10 Biodegradación

La biodegradabilidad es una característica de los compuestos orgánicos que tiene relación con el nivel de susceptibilidad de que éstos sean degradados por microorganismos y por lo tanto condiciona en gran medida la viabilidad de tratar biológicamente un efluente que contenga un determinado compuesto.

A continuación se presentan los datos de la DB05 y DQO, obtenidos de los resultados de laboratorios. (Ver tabla 30)

Tabla 30. Biodegradabilidad

Biodegradabilidad			
Monitoreos	DBO_5 E.G	DQO E.G	DQO/DBO_5
1	238	506	2.13
2	296	638	2.16
3	424	788	1.86
4	250	572	2.29
5	481	905	1.88
Promedio de la relación entre DQO/DBO_5			2.06

Fuente: Laboratorio ENACAL

Los resultados demuestran que la carga orgánica que entra a la PTAR Diriá-Diriomo es biodegradable debido a que el factor DQO/DBO_5 es menor de 2.5 (Ver Marco teórico 4.4 Biodegradación)

El agua residual que se descarga a la PTAR Diriá-Diriomo contiene bastante materia orgánica, debido a que la degradación es relativamente fácil, sin embargo, hay que mencionar que también llegan materias tales como las grasas y aceites, en los cual los microorganismos se llevan más en tiempo en degradar.

5.11 Impacto ambiental

5.11.1 Cálculo de emisión de gas

Según el Segundo Inventario Nacional de efecto Invernadero realizado en Nicaragua, la emisión de metano por el tratamiento de aguas residuales doméstica fue de 2.32 Gg de metano. (Nicaragua, Segundo Inventario Nacional de Gases de Efecto Inventario)

Para calcular las emisiones de metano de la PTAR Diriomo se usó el dato de población que fue suministrado por ENACAL y el aporte percápita fue calculado en el capítulo 6.5:

$$\mathbf{WM = 4536\ pers * 33.22 \frac{g}{pers} * 0.5 * 0.6 * 0.8 * 365 * 10^{-12}}$$

$$\mathbf{WM = 0.0000238412\ Tg\ de\ Metano\ Anual}$$

$$\mathbf{WM = 0.0000132001\ Tg * 1000 = 0.0132\ Gg\ de\ Metano\ Anual}$$

La cantidad de gases emitidos por la planta de tratamiento de Diriomo fue de 0.0132 Gg de CH_4 anual. A pesar de no ser un dato considerable, es importante tomar medidas para resguardar la salud del personal que está en contacto directo con el metano, ya que demasiada exposición podría traer consecuencias serias a la salud, sin obviar el impacto ambiental que genera la emisión de este gas hacia la atmosfera, por consiguiente se recomienda quemar el metano emitido por la planta de tratamiento.

5.11.2 Infiltración del efluente en cuerpo receptor

En la PTAR Diriomo, a pocos metros de los biofiltros existe un cauce natural que funciona como cuerpo receptor, este se conecta con una serie de ramificaciones existentes en la zona de Diriomo. El suelo de estas áreas, según datos de INETER, está compuesto por piedra pómez con un porcentaje de arcilla lo que agiliza el proceso de filtración. Durante los monitoreos se realizó un recorrido de aproximada mente 800 metros aguas abajo y se pudo comprobar que el efluente se queda estacionado en ciertas partes y luego se infiltra.

Según información recolectada, no existe ningún rio ni comunidad cercana que pueda ser afectada por dicho efluente, por lo que podemos decir, que no causa un impacto significativo al medio ambiente. En algunos monitoreos durante el día y la noche, se observó la presencia de animales silvestres que habitan ciertas áreas de la planta, principalmente en la salida de los biofiltros, lo que representa que el efluente no genera un daño potencial a las especies de la zona. (Ver ilustración 20)

Ilustración 20. Cuerpo receptor



Fuente: Foto tomada en sitio

6.1 CONCLUSIONES

Este presente estudio de la PTAR Diriá-Diriomo, permitió conocer la carga orgánica e hidráulica de todas las unidades que componen el sistema de tratamiento, determinar la eficiencia de las mismas, identificar el estado operacional de las unidades y en general los resultados de los análisis fisicoquímicos de las muestras que se tomaron para cada unidad de la planta.

1) La conclusión principal de este trabajo es que el sistema tanque Imhoff más biofiltro son tecnologías viables y eficientes para la depuración de aguas residuales, especialmente si son de origen urbano.

2) A través de los resultados obtenidos se concluyó, que la planta de tratamiento de aguas residuales de Diria-Diriomo, actualmente está operando eficientemente en la remoción de algunos parámetros establecidos por la norma de vertido, los parámetros mencionados son DBO5, DQO, SST y CF, sin embargo, hay que mencionar que la eficiencia de remoción para los parámetros SAAM, Nitrógeno y Fósforo son muy bajas, debido a que la planta no fue diseñada específicamente para remover estos parámetros.

3) El caudal de diseño que se utilizó para el dimensionamiento del pretratamiento, y tratamiento primario es mayor que el caudal de operación de la planta, por consiguiente el diseño de la planta cumple con respecto a la capacidad hidráulica, el caudal de operación es equivalente al 49.68% del caudal de diseño por consiguientes actualmente no se necesita una ampliación.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Reparar las cercas que aíslan la PTAR para evitar la intromisión de semovientes que afectan a los biofiltros.

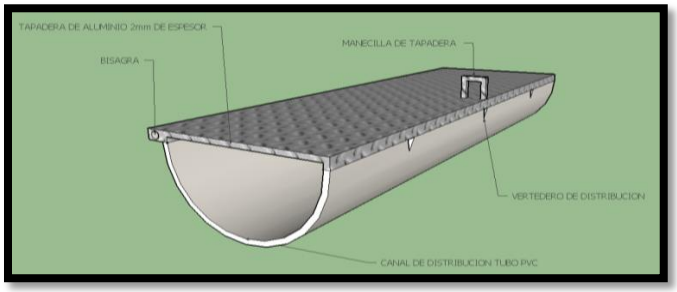
2. Reparar o cambiar las rejillas del pretratamiento debido a que se encuentran en mal estado ocasionando que pase todo tipo de desechos al desarenador y posteriormente al tanque imhoff. (Ver Descripción de la Planta de tratamiento de Diriá-Diriomo, pág.11)

3. Cumplir en tiempo y forma, con las actividades indicadas en el manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR.(Ver apéndice D Manual de operación y mantenimiento)

4. Para el biofiltro 1.2 es necesario realizar una medición de caudal más exhaustiva ya que según datos obtenidos, muestran que existe una infiltración por lo tanto pueda que sea necesario quitar el lecho filtrante y permeabilizarlo el fondo del biofiltro con algún polímero.

5. En los biofiltros, se recomienda instalar tapaderas de aluminio o madera en los canales de distribución, para evitar que se llenen de basura proveniente de las plantas macrófitas y otras malezas que crecen alrededor, ya que esta basura tapa los vertederos del canal ocasionando una mala distribución y estancamiento del agua.(Ver Ilustración 21)

Ilustración 21. Propuesta para los canales de distribución



Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFIA

1) AGUA, M. D. (2007). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN POBLACIONES RURALES.* BOLIVIA: ABBASE LTDA.

2) ALCANTARILLADOS, I. N. (1976). *GUIAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ALCATANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.* NICARAGUA.

3) ANA CRISTIANA VELÁSQUEZ BRAVO, M. E. (2015). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA COMUNIDAD LA MORA LA DALIA EN EL MES DE DICIEMBRE.* MANAGUA.

4) ANDRADE, O. D. (2010). *DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE HUMEDALES ARTIFICIALES.* BOLIVIA: EDICIÓN: NELSON ANTEQUERA DURÁN.

5) APLICACIÓN E INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS APROPIADAS DE NICARAGUA, S. (ABRIL DEL 2015). *URBANIZACION ALTAGRACIA, MUNICIPIO DE ALTAGRACIA, ISLA DE OPETEPE, RIVAS.* RIVAS.

6) CLIMATICO, G. I. (S.F.). *ORIENTACIÓN DEL IPCC SOBRE LAS BUENAS PRÁCTICAS Y LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.* E.E.U.U.

7) DESARROLLO, I. I. (MARZO DEL 2008). *DIRIOMO EN CIFRAS.* MANAGUA.

8) ENACAL. (2010). *OPTIMIZACION DE OPERACIONES DEL ACUEDUCTO Y CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN DIRIOMO Y DIRIA.* MANAGUA.

9) MARENA, I. M. (1979). *DISPOSICIONES PARA EL CONTROL CONTAMINACION, PROVENIENTES DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES, DOMESTICAS, INDUSTRIALES Y AGROPECUARIAS, DECRETO NO. 33-95.* MANAGUA.

10) FORT, R. P. (ENERO 2012). *EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES CONSTRUIDOS.* BARSELONA.

11) MARTIN GAUSS, I. V. (ABRIL DEL 2004). *INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS CON BIOFILTROS EN NICARAGUA Y EN CENTROAMERICA.* MANAGUA NICARAGUA.

12) LÓPEZ, M. E. (1985). *AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN.* UNIVERSIDAD DE GRANADA: PUBLICACIONES.

13) MARÍA EUGENIA HARO GONZALES, N. O. (JUNIO DEL 2010). *EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN UN ASENTAMIENTO IRREGULAR.* MEXICO D.F: TESINA.

14) MARINO, M. D. (2010). *MANUAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN EN PEQUEÑAS POBLACIONES.* ESPAÑA.

15) MENA CABRERA, P. A. (2014). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, IMPLEMENTANDO UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL (HAFSSH) EN EL COLEGIO COMFAMILIAR SIGLO XXI, SEDE CAMPESTRE CORREGIMIENTO DE SAN FERNANDO.* PASTO, COLOMBIA.

16) MORERA, K. D. (2009). *EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL MATECAÑA.* PEREIRA: TESIS.

17) OCHOA, A. L. (2010). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.* MEXICO.

18) PAGOAGA, I. C. (2010). *EVALUACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE LA PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS PROGRESO.* GUATEMALA.

19) PNUD-NIC10-00036532-ONDL-MARENA., P. (2010). *NICARAGUA, SEGUNDO INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.* NICARAGUA.

20) RODRIGUEZ, A. P. (2011). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE* AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES DE *ALTA TASA EN LA LOCACIÓN PETROLERA DE CAÑO GANDÚL.* BOGOTA COLOMBIA.

21) SALUD, O. P. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.* LIMA PERU.

22) TECNOLOGÍA. ASTEC, A. C. (AGOSTO DEL 2005). *BIOFILTRO:* MANAGUA NICARAGUA.

ANEXOS

Anexo A. Fotos obtenidas en los monitoreos realizados

A.1 Entrada de la PTAR



A.2 Salida de tanque



A.3 Caja de distribución



A.5 Canal de distribución de Biofiltro 1

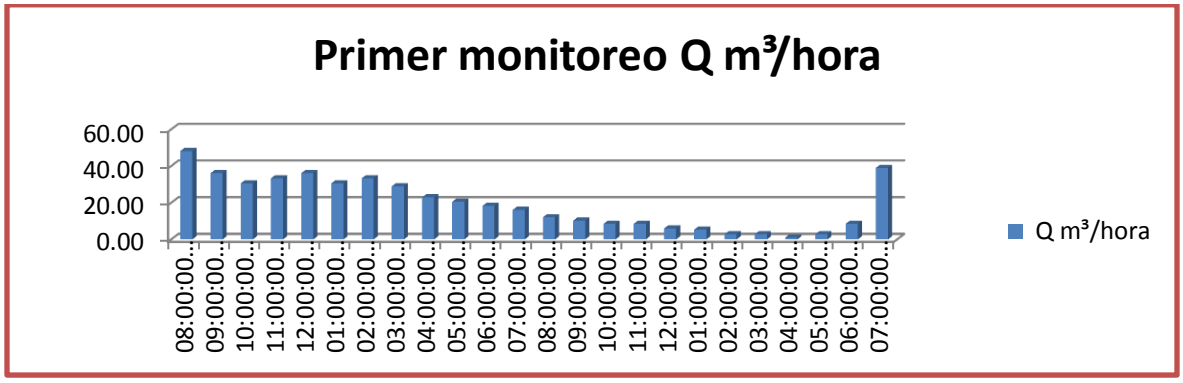


A.6 Cono de sedimentación



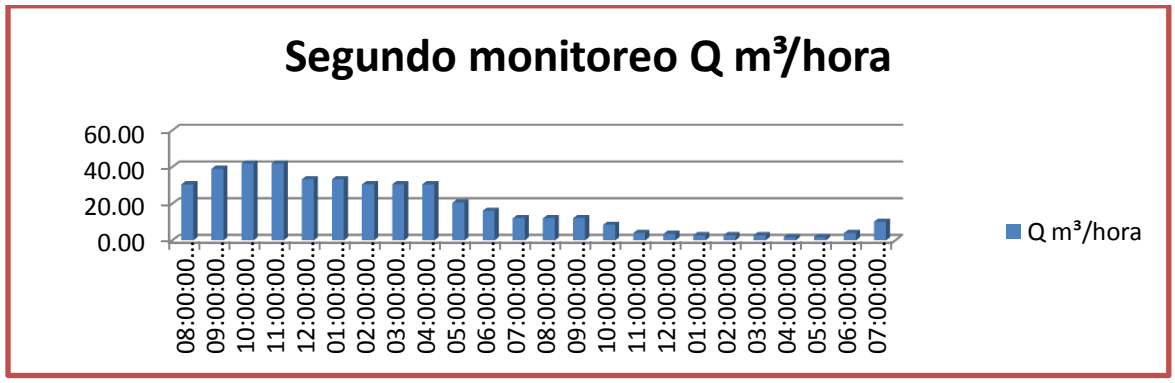
Anexo B. Datos de caudales obtenidos de los monitoreos realizados

B.1 Graficas de caudales en la entrada general de la PTAR



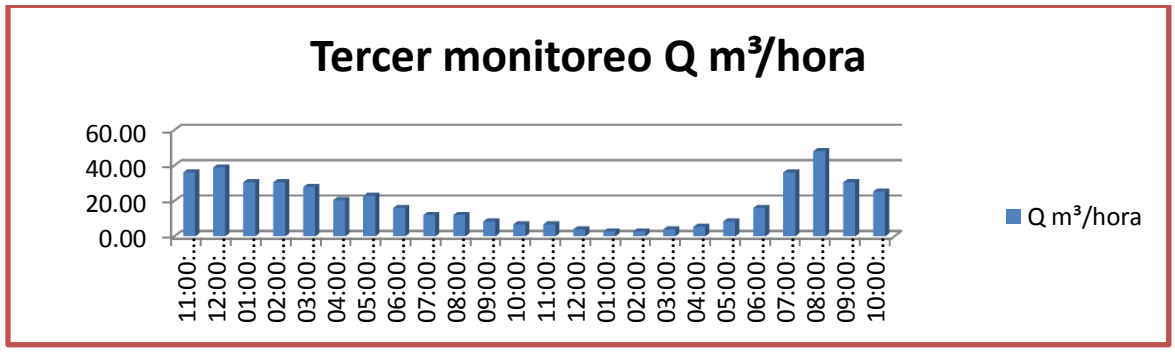
El caudal total del primer monitoreo fue de: 462.41 metros cúbicos/día

B.2 Graficas de caudales en la entrada general de la PTAR



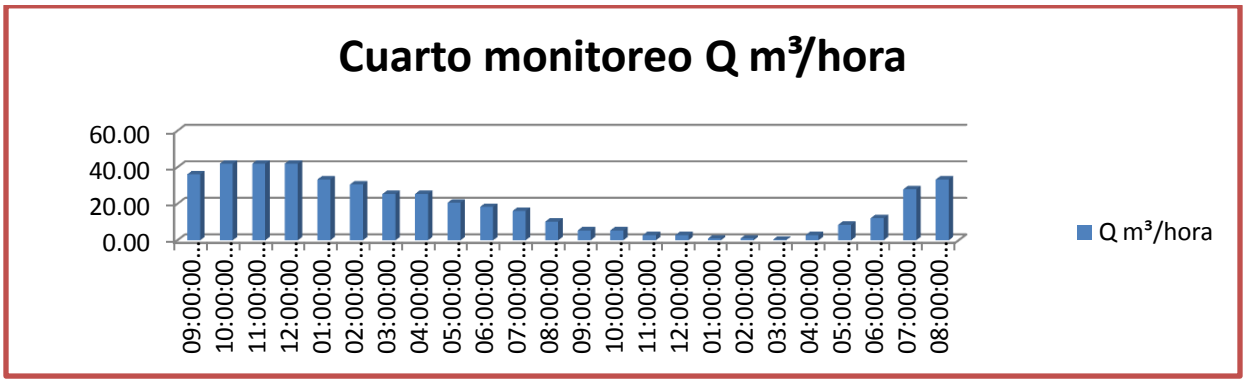
El caudal total del segundo monitoreo fue de: 427.06 metros cúbicos/día

B.3 Graficas de caudales en la entrada general de la PTAR



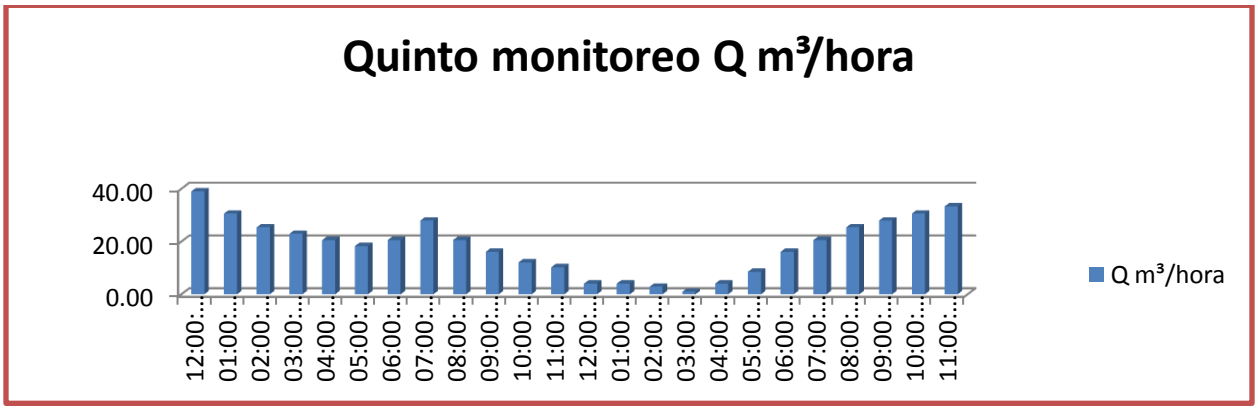
El caudal total del tercer monitoreo fue de: 453.99 metros cúbicos/día

B.4 Graficas de caudales en la entrada general de la PTAR



El caudal total del cuarto monitoreo fue de: 445.01 metros cúbicos/día

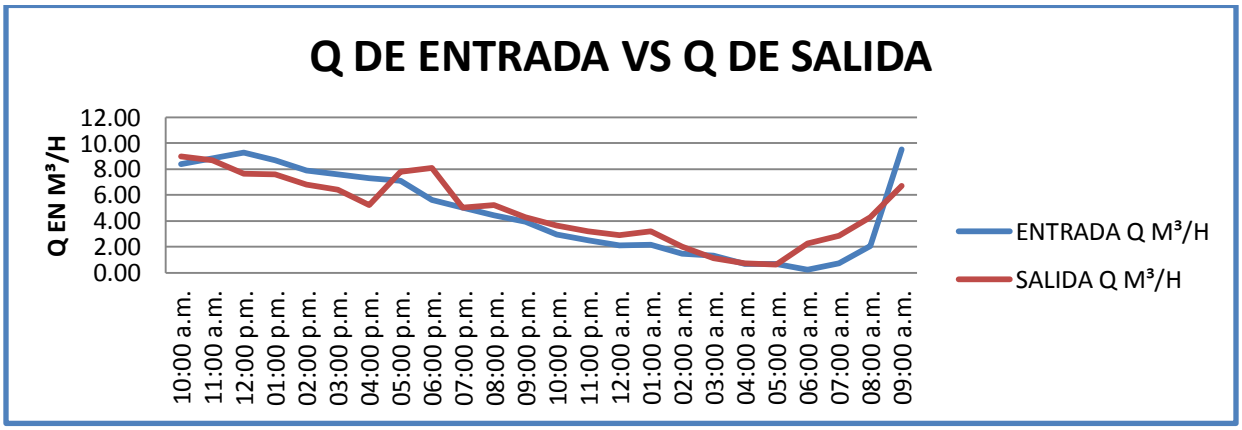
B.5 Graficas de caudales en la entrada general de la PTAR



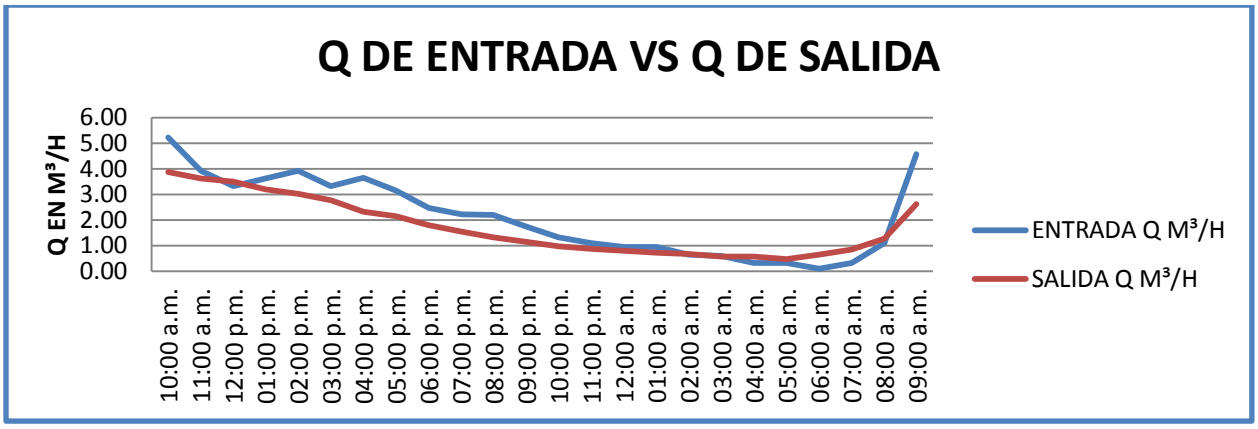
El caudal total de quinto monitoreo fue de: 442.26 metros cúbicos/día

Anexo C. Graficas de caudales de entrada y salida en biofiltros

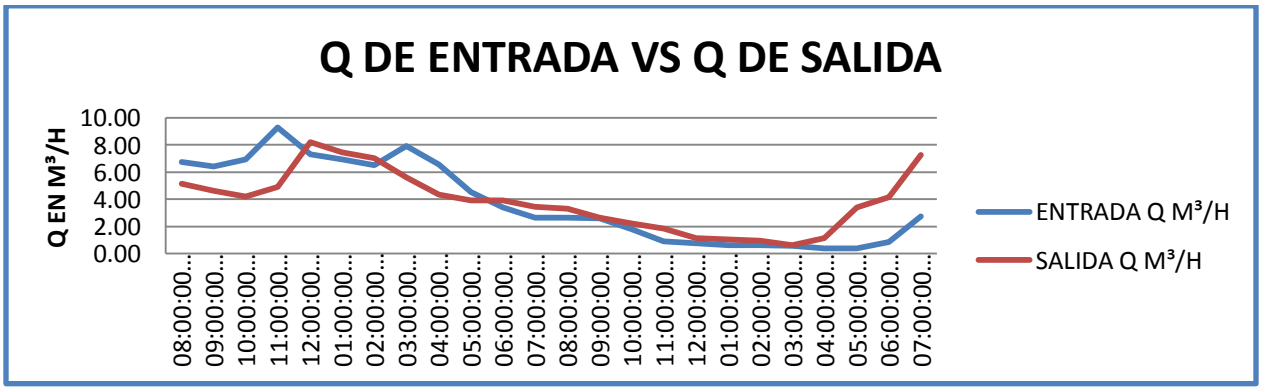
C.1 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 1 (Primer monitoreo)



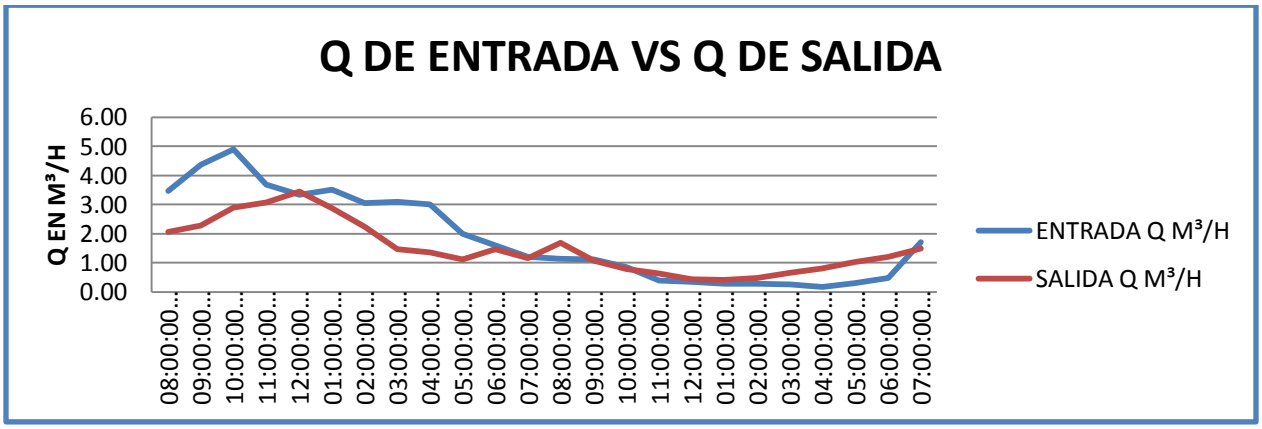
C.2 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 2 (Primer monitoreo)



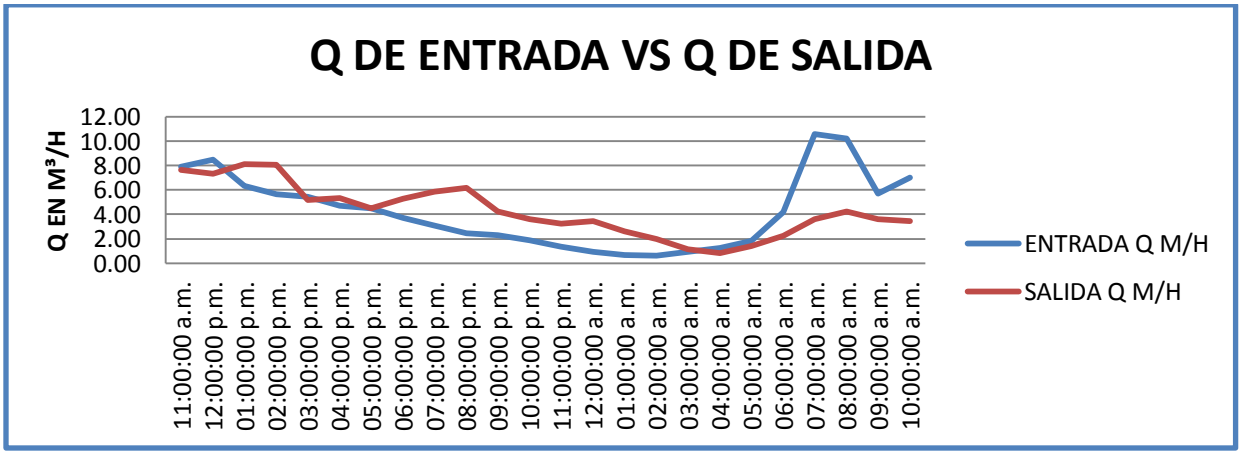
C.3 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 1 (Segundo monitoreo)



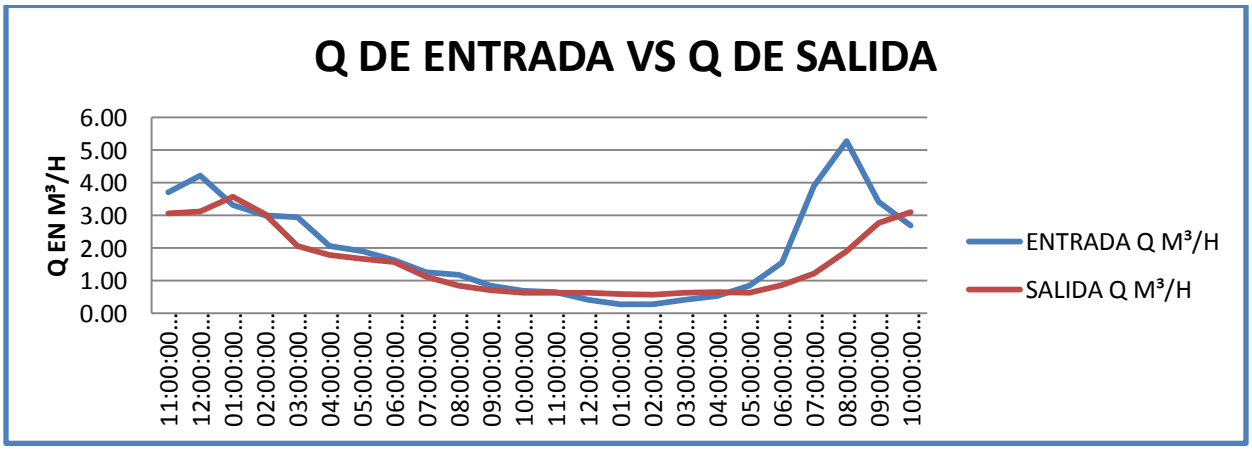
C.4 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 2 (Segundo monitoreo)



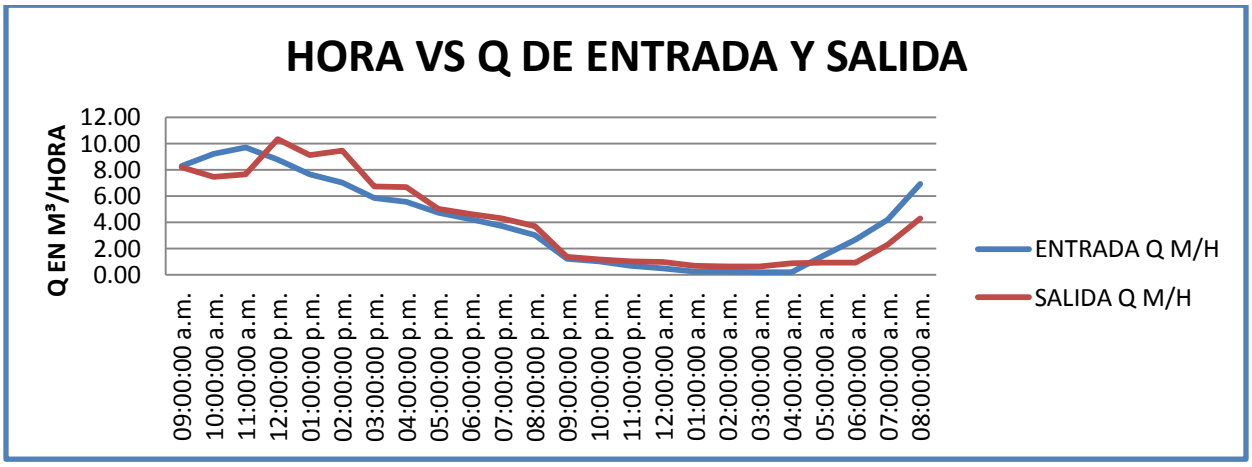
C.5 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 1 (Tercer monitoreo)



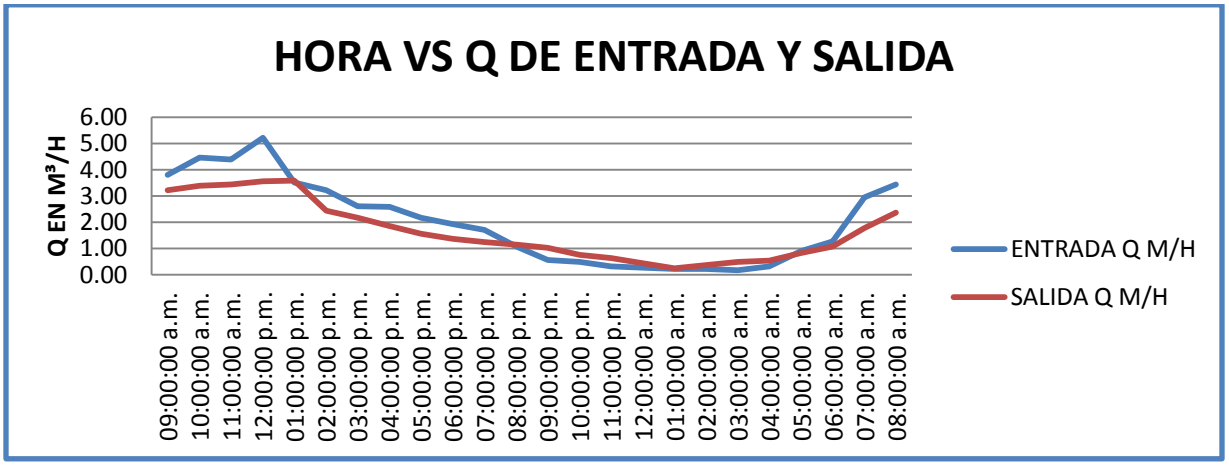
C.6 Caudales de entrada y salida en el biofiltro 2 (Tercer monitoreo)



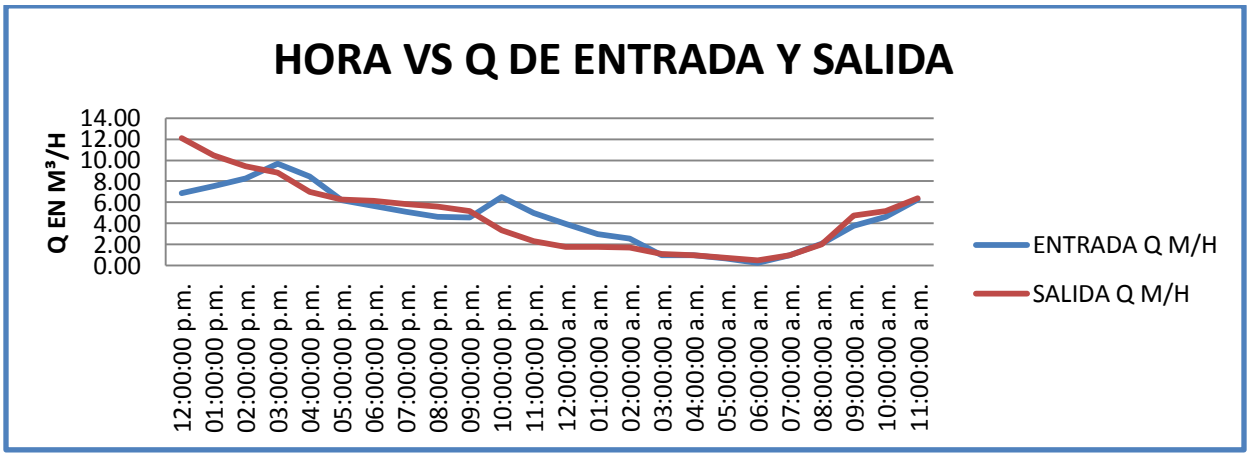
C.7 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 1 (Cuarto monitoreo)



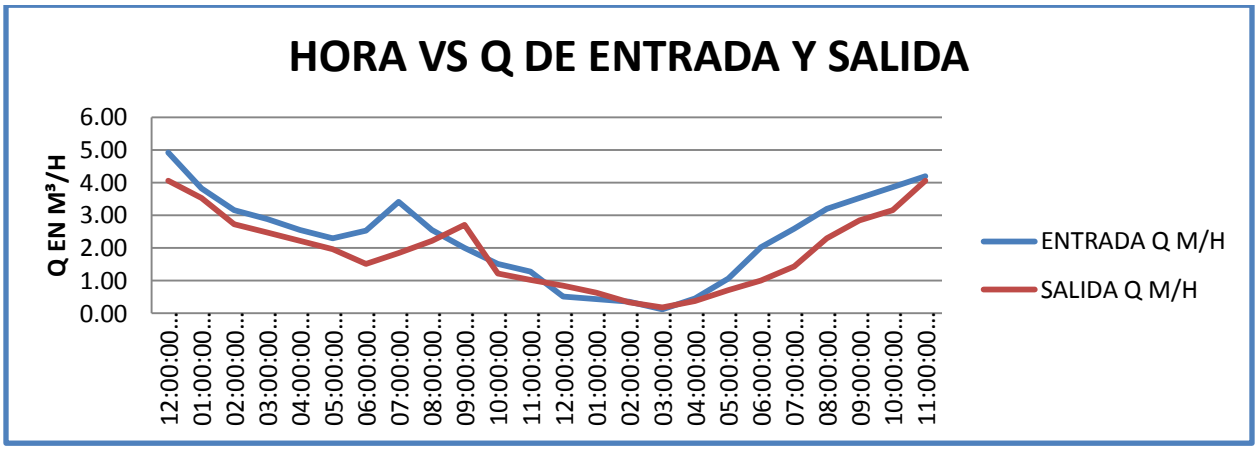
C.8 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 2 (Cuarto monitoreo)



C.9 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 1 (Quinto monitoreo)

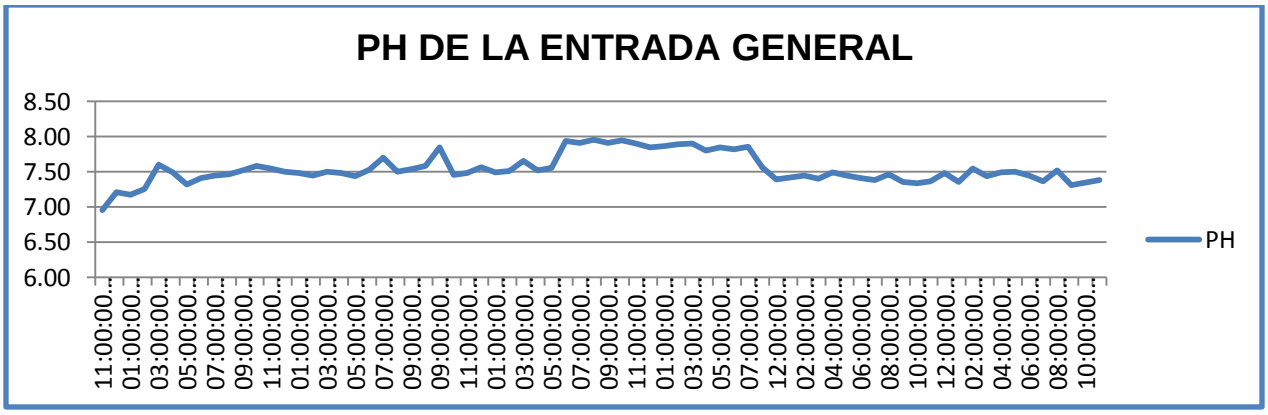


C.10 Caudales de entrada y salida en el Biofiltro 2 (Quinto monitoreo)

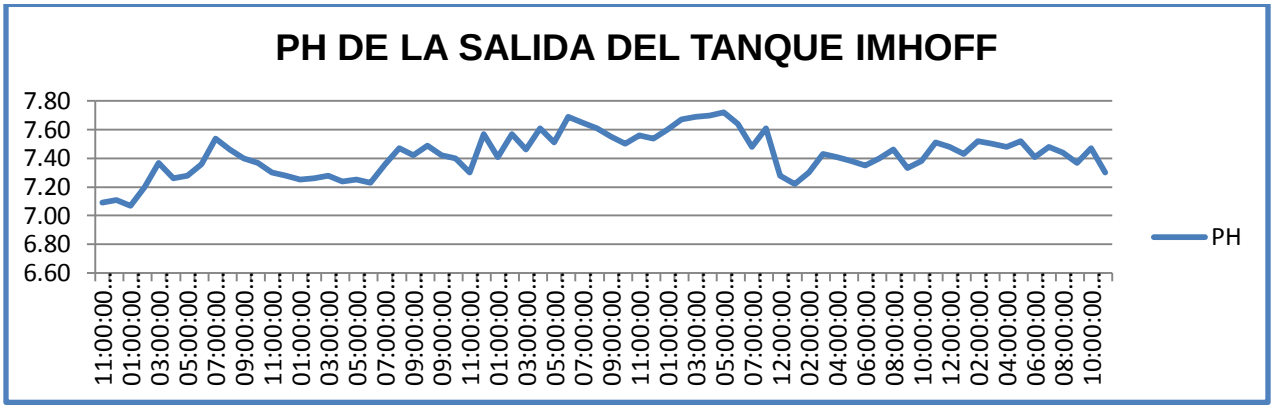


Anexo D. Graficas de pH, temperatura, y solidos sedimentables

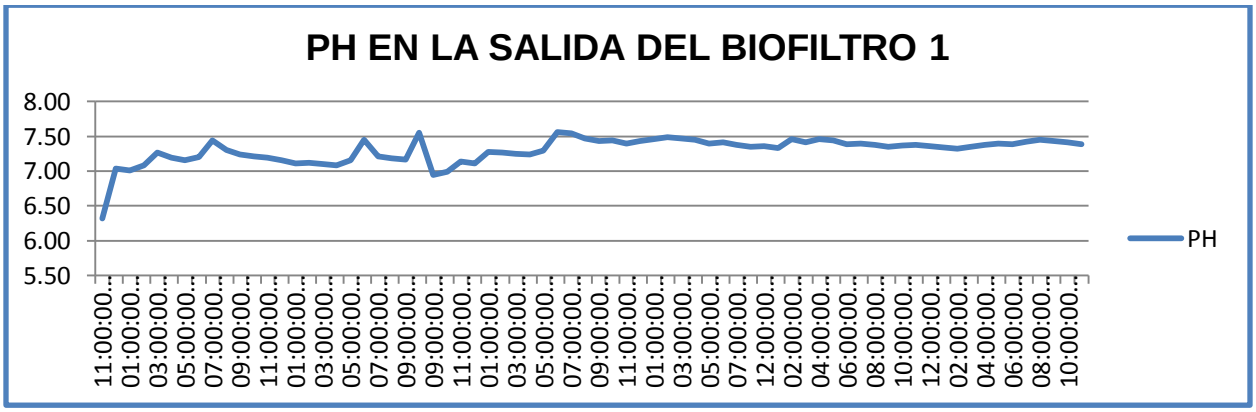
D.1 Entrada General (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



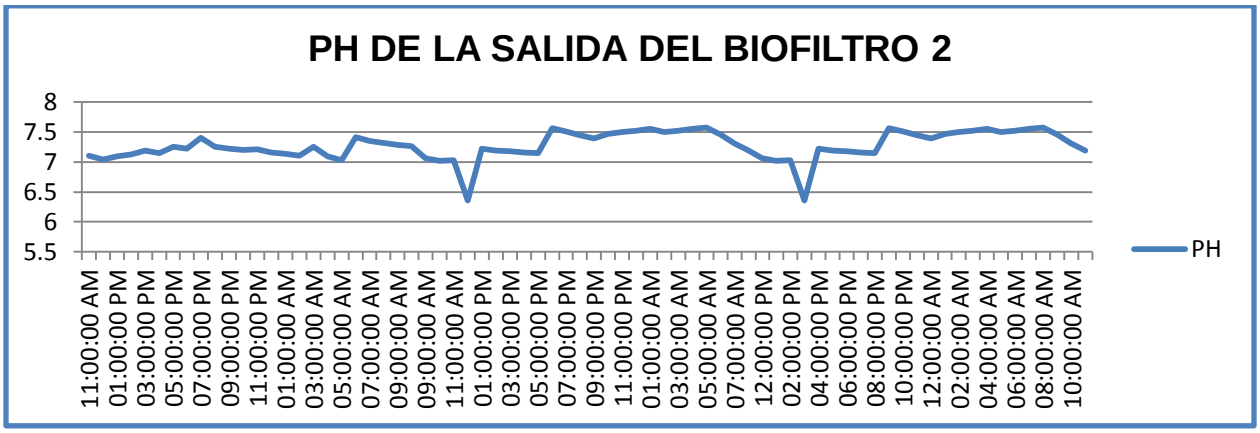
D.2 Salida del Tanque Imhoff (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



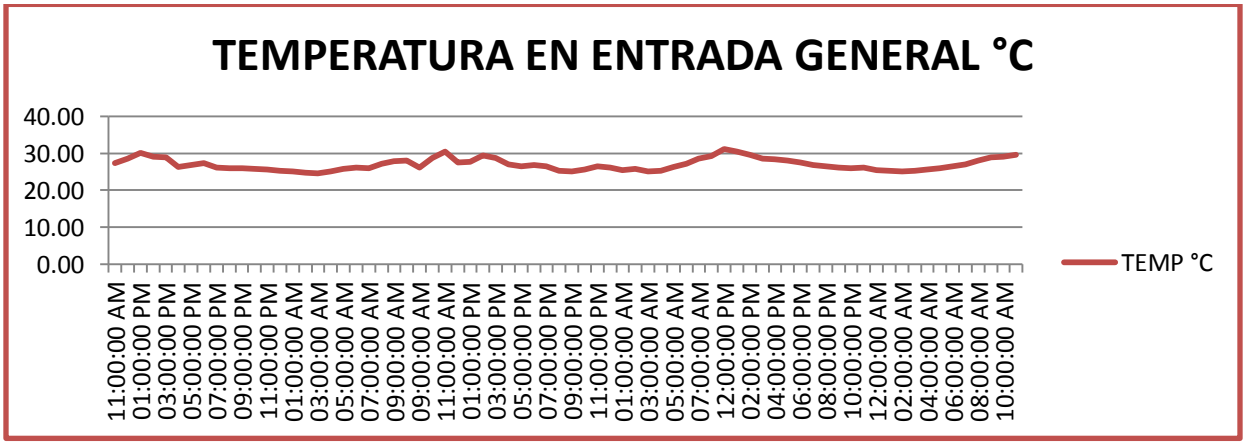
D.3 Salida del biofiltro 1 (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



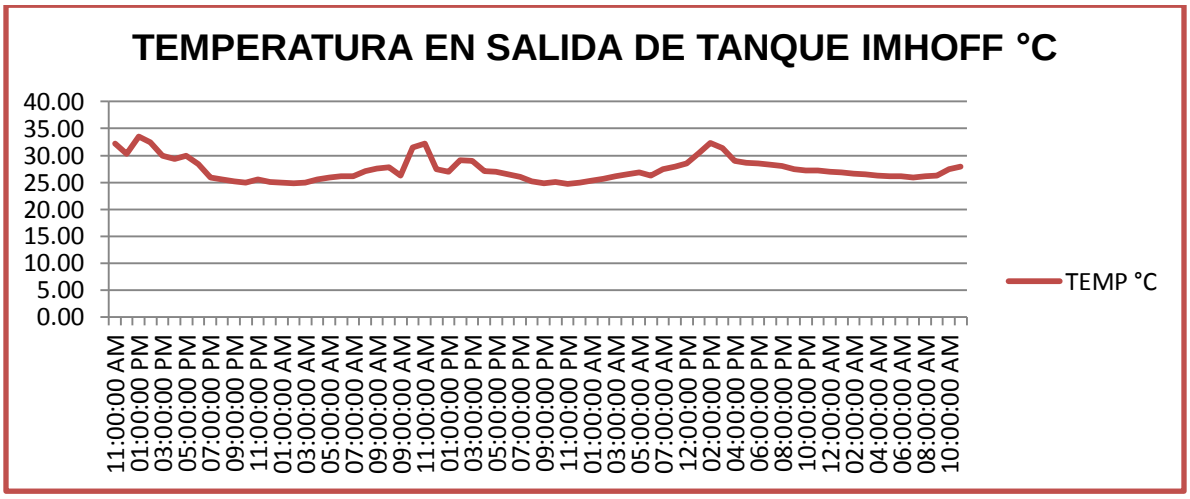
D.4 Salida del biofiltro 2 (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



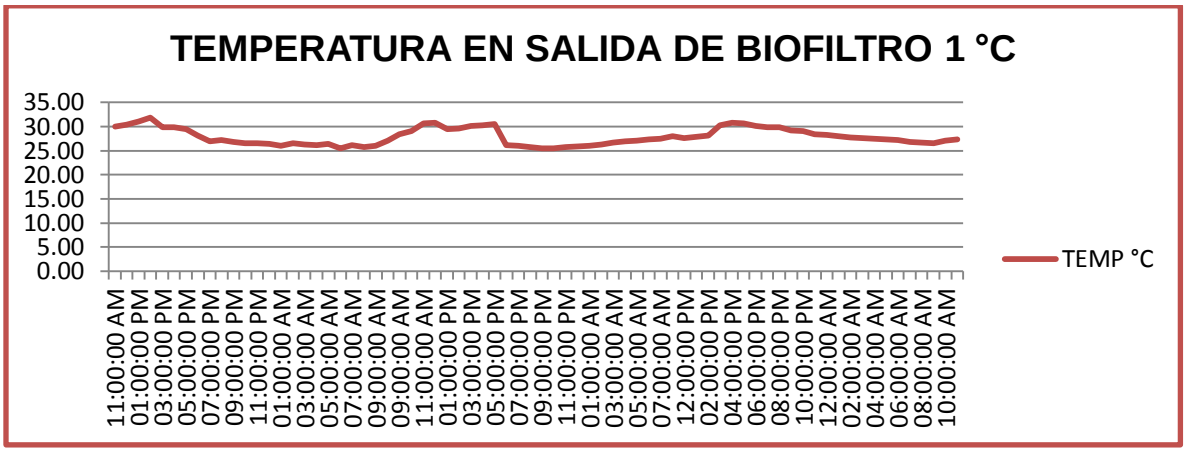
D.5 Temperatura de Entrada General (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



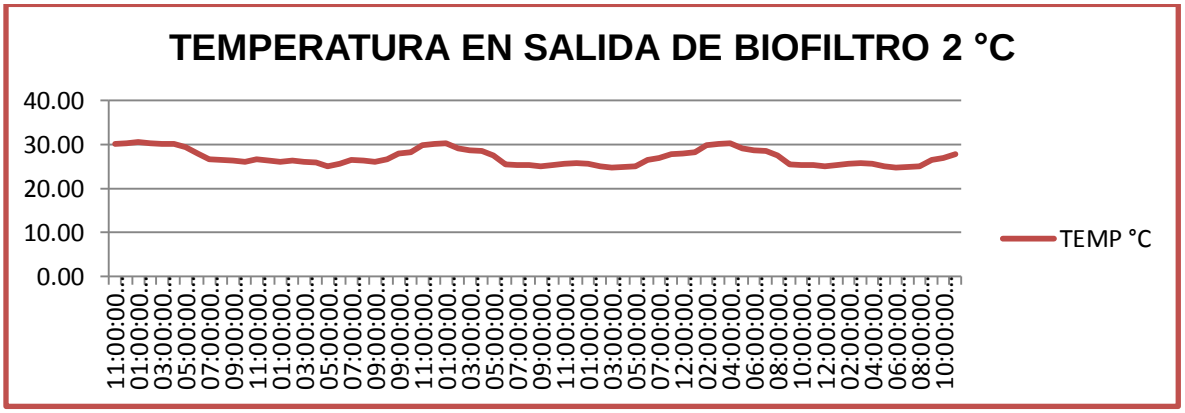
D.6 Temperatura de salida del Tanque Imhoff (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



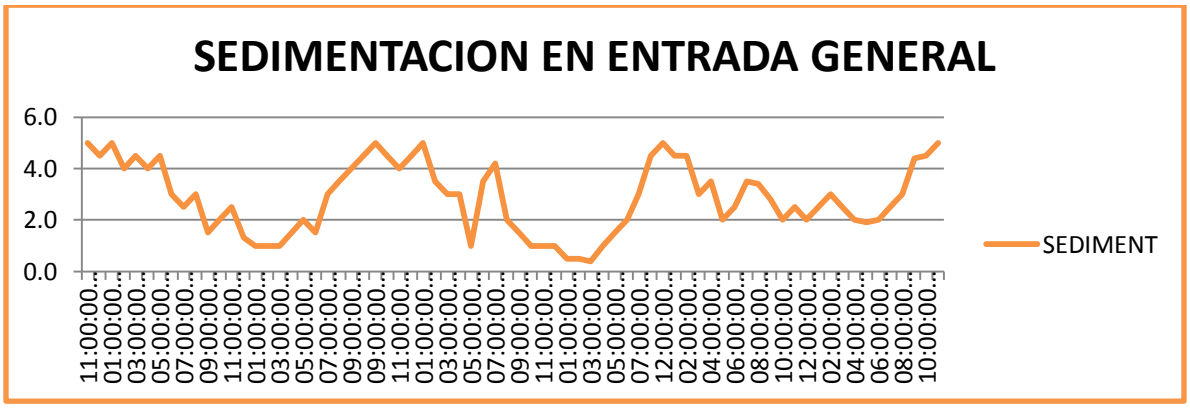
D.7 Temperatura de salida del biofiltro 1.1 (Tercer, Cuarto y Quinto Monitoreo)



D.8Temperatura de salida del biofiltro 1.2 (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)

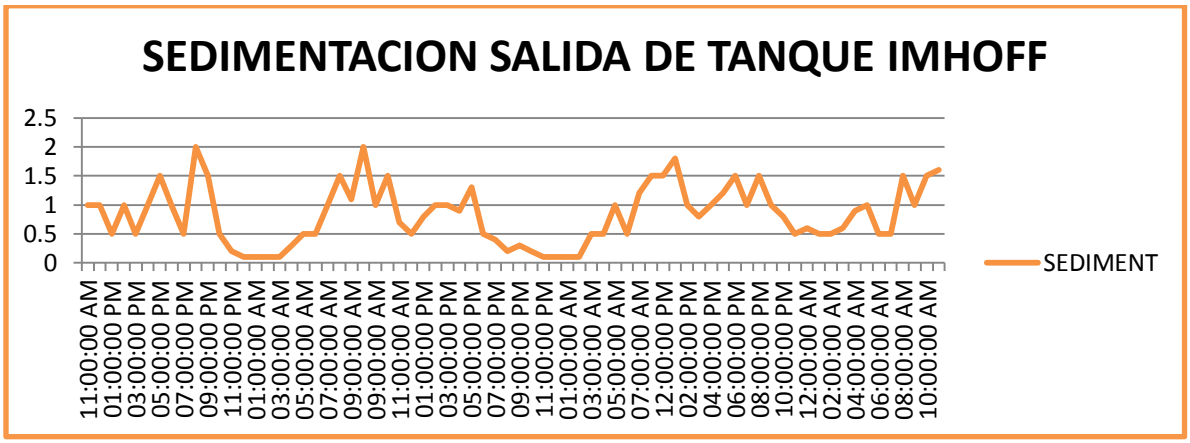


D.9 Sedimentación en la Entrada General (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



La sedimentación promedio que se registró en la entrada general fue de 2.9 ml/lt.

D.10 Sedimentación salida del Tanque Imhoff (Tercer, Cuarto y Quinto monitoreo)



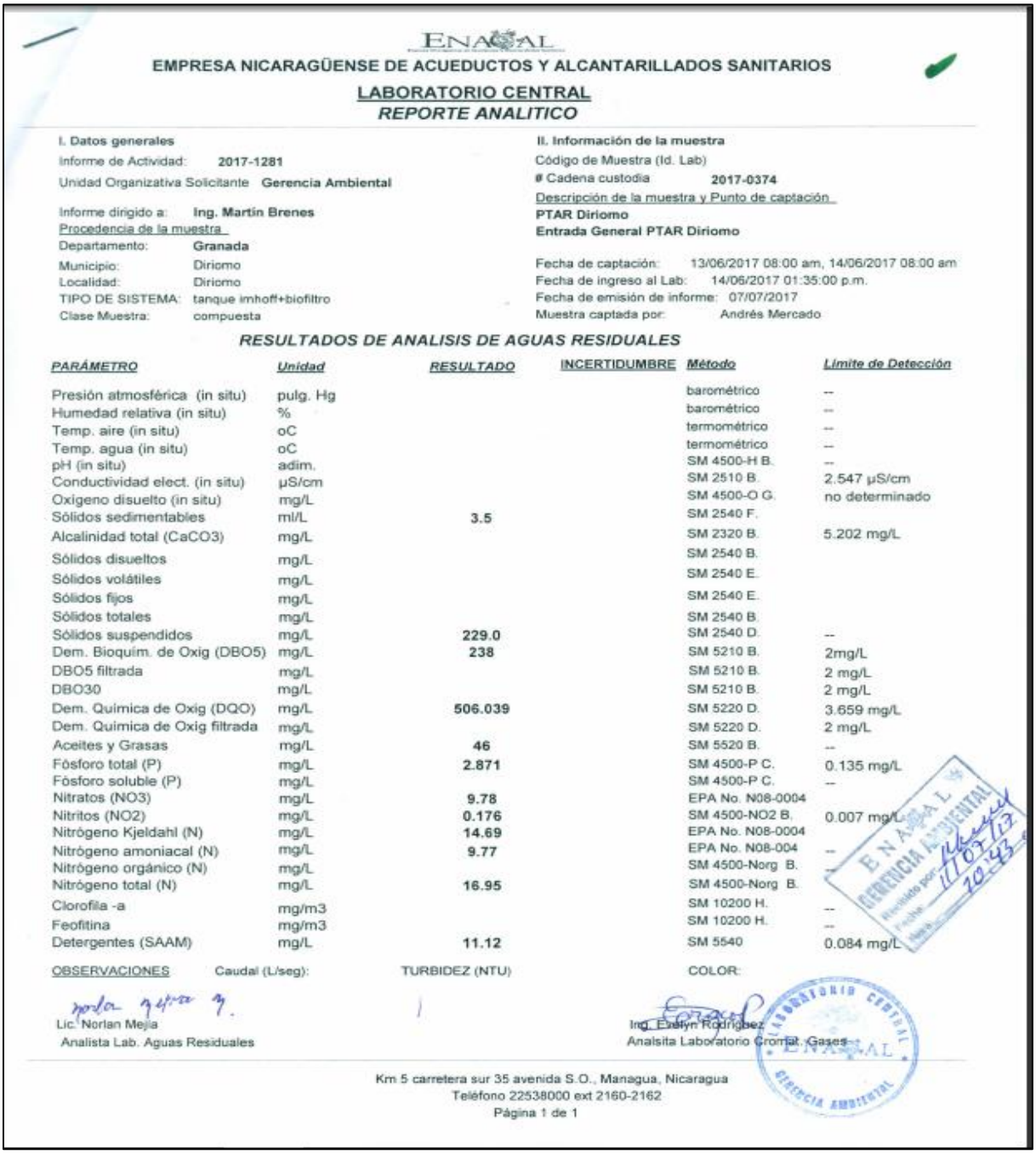
La sedimentación promedio que se registró en la salida del tanque Imhoff fue de 0.8 ml/l.

D.11 Tabla de solidos Sedimentable.

Tabla de solidos sedimentables			
Monitoreos	DBO5 E.G mg/l	Solidos Sed en E.G ml/l	Solidos Sed en S.T.I ml/l
8-9 De Agosto de 2017	424	70.3	19.5
19-20 De Septiembre de 2017	250	61.1	15.9
14-15 De Noviembre de 2017	481	74.5	24.3

Anexo E. Resultado de laboratorios

E.1 Primer Monitoreo, Datos de Entrada General.



ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1281**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martín Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: tanque imhoff+biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0374**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Entrada General PTAR Diriomo

Fecha de captación: 13/06/2017 08:00 am, 14/06/2017 08:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 14/06/2017 01:35:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 07/07/2017

Muestra captada por: Andrés Mercado

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	3.5		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	229.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	238		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	506.039		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	46		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	2.871		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	9.78		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.176		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	14.69		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	9.77		EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Nitrógeno total (N)	mg/L	16.95		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	11.12		SM 5540	0.084 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

ENACAL GERENCIA AMBIENTAL Recibido por 11/07/17 Fecha 10:43

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.2 Primer Monitoreo, Datos de Salida Tanque Imhoff.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1282**

Unidad Organizativa Solicitante: **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: tanque imhoff+biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0374**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Tanque Imhoff

Fecha de captación: 13/06/2017 08:00 am, 14/06/2017 08:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 14/06/2017 01:35:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 07/07/2017

Muestra captada por: Andrés Mercado

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L			SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	147.00		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	177		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	393.058		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L			SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L			SM 5540	0.084 mg/L

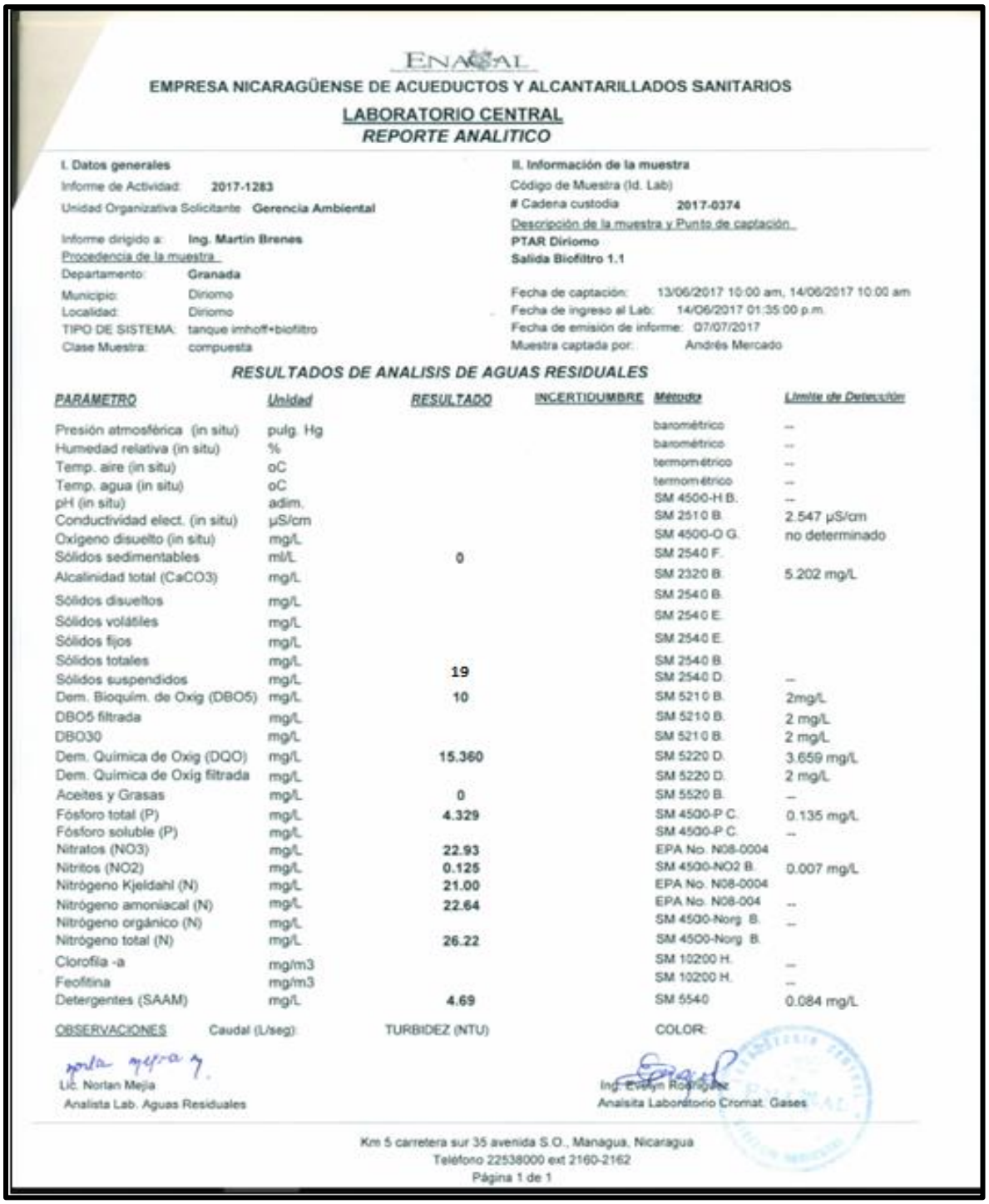
OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejia
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodriguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.3 Primer Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.1



ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1283**

Unidad Organizativa Solicitante: **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: tanque imhoff+biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0374**

Descripción de la muestra y Punto de captación:

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.1

Fecha de captación: 13/06/2017 10:00 am, 14/06/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 14/06/2017 01:35:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 07/07/2017

Muestra captada por: Andrés Mercado

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARAMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	19		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	10		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	15.360		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	4.329		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	22.93		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.125		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	21.00		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	22.64		EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L	26.22		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	4.69		SM 5540	0.084 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU): COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.4 Primer Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.2

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1284**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: tanque imhoff+biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0374**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.2

Fecha de captación: 13/06/2017 10:00 am, 14/06/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 14/06/2017 01:35:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 07/07/2017

Muestra captada por: Andrés Mercado

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	31.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	9		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	37.361		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	4.653		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	20.39		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.152		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	26.09		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	20.48		EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L	30.74		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	3.39		SM 5540	0.084 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.5 Primer Monitoreo, Datos de CF.

ENACAL

EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS
LABORATORIO CENTRAL - GERENCIA AMBIENTAL
REPORTE ANALITICO

Datos generales

Número de Cadena de Custodia: **0374-2017**

Unidad Organizativa Solicitante

Gerencia Ambiental

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

Tipo de Sistema: Agua Residual

Clase Muestra: Puntual

II. Información de la muestra

Descripción de la muestra

PTAR Diriomo

Fecha captación: 14/06/2017

Fecha ingreso al Lab: 14/06/2017 01:31 pm

Fecha emisión de informe: 29/06/2017

Muestra captada por: Andrés Mercado

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUAL BACTERIOLOGICAS

Número de Informe	Punto de muestreo	HORA CAPT	T°C	OD mg/L	pH	cond/ elect µs/cm	color	Turb NTU	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1281-2017	Entrada General PTAR Diriomo	06:57 a.m							1.3E+8	1.3E+8
1282-2017	Salida Tanque Imhoff	07:59 a.m							2.8E+7	2.2E+7
1283-2017	Salida Biofiltro 1.1	08:08 a.m							1.3E+5	1.3E+5
1284-2017	Salida Biofiltro 1.2	08:15 a.m							3.3E+4	3.3E+4
1285-2017	Salida Biofiltro 1.3	08:23 a.m							7.9E+5	4.9E+5
1286-2017	Salida Biofiltro 1.4	08:28 a.m							7.9E+4	2.3E+4
1287-2017	Salida Biofiltro 2.1	08:35 a.m							4.5E+3	4.5E+3
1288-2017	Salida Biofiltro 2.2	08:52 a.m							7.9E+4	4.9E4
1289-2017	Salida Biofiltro 2.3	08:44 a.m							1.3E+5	1.3E+5
								LIMITE DE DETECCION	< 1.8	< 1.8

El **Método** utilizado es Técnica por Tubos Múltiples SM 9221

Lic. Yorde Cunningham Rojas
Analista Laboratorio de Bacteriologia

Ing. Evelyn Rodríguez Orozco
Analista Laboratorio Cromatografía de Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 2253-8000 ext 2162
Página 1 de 1

E.6 Segundo Monitoreo, Datos de Entrada General.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1395**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: TI+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0413**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Entrada General PTAR Diriomo

Fecha de captación: 09/07/2017 08:00 am, 10/07/2017 07:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 10/07/2017 01:31:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/07/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	4.1		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	430.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	296		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	637.850		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	55		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	10.08		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

ENACAL GERENCIA AMBIENTAL Recibido por: 28/07/17 2:38

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.7 Segundo Monitoreo, Datos de Salida Tanque Imhoff.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1396**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: TI+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0413**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Tanque Imhoff

Fecha de captación: 09/07/2017 08:00 am, 10/07/2017 07:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 10/07/2017 01:31:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/07/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L			SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	**163.0**		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	**237**		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	**474.655**		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L			SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L			SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162

E.8 Segundo Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.1

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1397**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: TI+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0413**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.1

Fecha de captación: 09/07/2017 08:00 am, 10/07/2017 07:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 10/07/2017 01:31:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/07/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	38.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	15		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	55.617		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	6		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	3.50		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162

E.9 Segundo Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.2

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1398**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martín Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: TI+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0413**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.2

Fecha de captación: 09/07/2017 08:00 am, 10/07/2017 07:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 10/07/2017 01:31:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/07/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	**0**		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	**33.0**		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	**11**		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	**34.552**		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	**8**		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	**2.20**		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.10 Segundo Monitoreo, Datos de CF.

ENACAL

EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS
LABORATORIO CENTRAL - GERENCIA AMBIENTAL
REPORTE ANALITICO

Datos generales

Número de Cadena de Custodia: **0413-2017**

Unidad Organizativa Solicitante

Gerencia Ambiental

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

Tipo de Sistema: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: Puntual

II. Información de la muestra

Descripción de la muestra

PTAR Diriomo

Fecha captación: 10/07/2017

Fecha ingreso al Lab: 10/07/2017 01:32 pm

Fecha emisión de informe: 17/07/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUAL BACTERIOLOGICAS

Número de Informe	Punto de muestreo	HORA CAPT	T°C	OD mg/L	pH	cond/ elect µs/cm	color	Turb NTU	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1395-2017	Entrada General PTAR Diriomo	07:00 a.m							5.4E+8	5.4E+8
1396-2017	Salida Tanque Imhoff	07:00 a.m							9.2E+7	3.5E+7
1397-2017	Salida Biofiltro 1.1	07:00 a.m							1.7E+4	1.3E+4
1398-2017	Salida Biofiltro 1.2	07:00 a.m							1.1E+4	4.5E+3
1399-2017	Salida Biofiltro 1.3	08:30 a.m							3.5E+5	1.3E+4
1400-2017	Salida Biofiltro 1.4	08:13 a.m							5.4E+5	1.7E+5
1401-2017	Salida Biofiltro 2.1	09:25 a.m							7.8E+3	4.5E+3
1402-2017	Salida Biofiltro 2.2	09:18 a.m							2.3E+4	4.5E3
1403-2017	Salida Biofiltro 2.3	08:57 a.m							4.9E+5	3.5E+5
						LIMITE DE DETECCION			< 1.8	< 1.8

El **Método** utilizado es Técnica por Tubos Múltiples SM 9221

Lic. Yorda Cunningham Rojas
Analista Laboratorio de Bacteriologia

Ing. Evelyn Rodriguez Orozco
Analista de Laboratorio Cromatografia de Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 2253-8000 ext 2162
Página 1 de 1

E.11 Tercer Monitoreo, Datos de Entrada General.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1488**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0452**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Entrada General PTAR Diriomo

Fecha de captación: 08/08/2017 11:00 am, 09/08/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 09/08/2017 01:29:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/08/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	4.1		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	358.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	424		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	788.492		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	75		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	14.35		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR

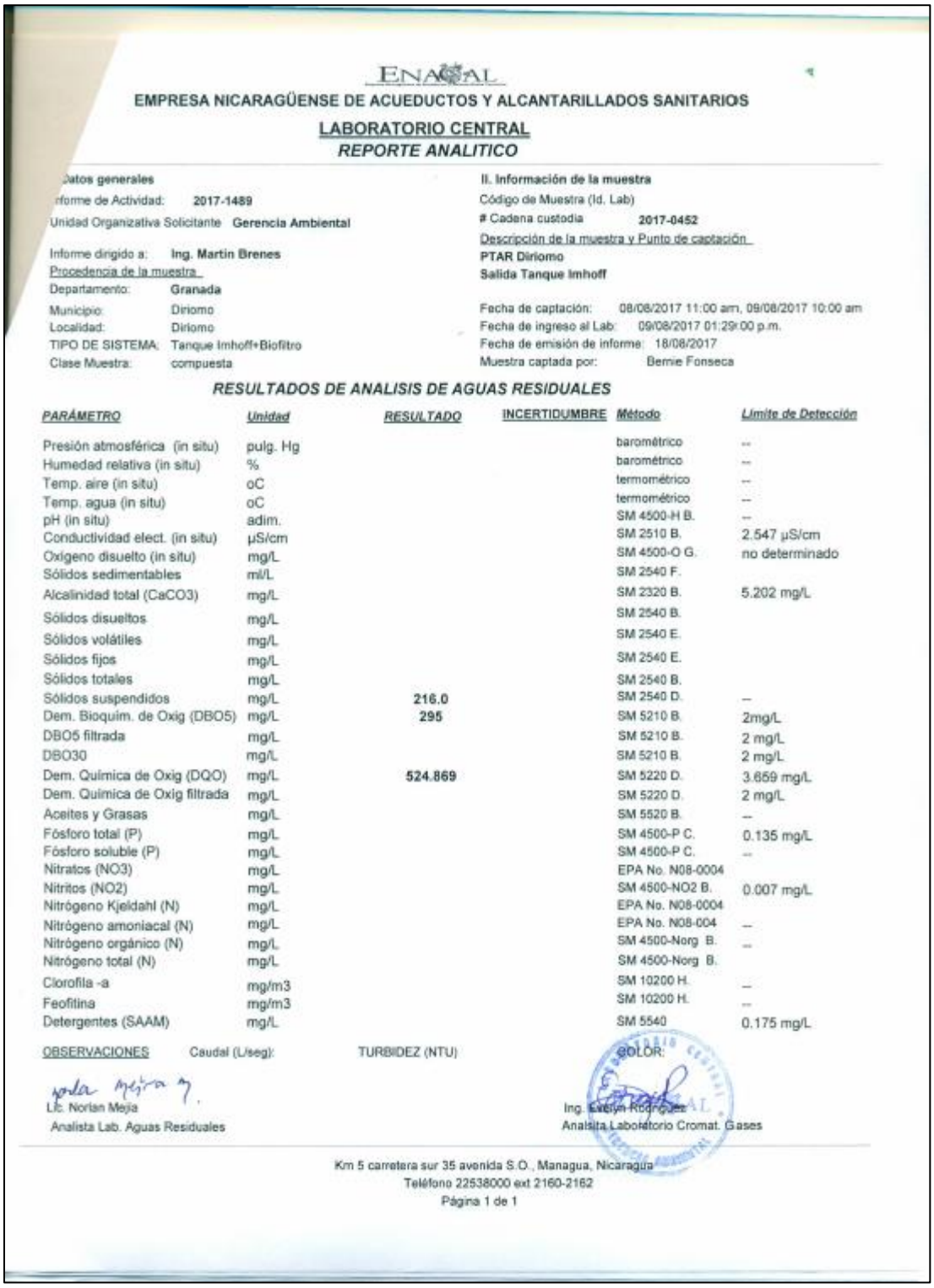
Lic. Norlan Mejia
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodriguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

ENACAL GERENCIA AMBIENTAL Recibido por: Fecha: 21/08/17 Hora: 3:24pm

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.12 Tercer Monitoreo, Datos de Salida Tanque Imhoff.



ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1489**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0452**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Tanque Imhoff

Fecha de captación: 08/08/2017 11:00 am, 09/08/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 09/08/2017 01:29:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/08/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L			SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	216.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	295		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	524.869		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L			SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L			SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejia
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analsita Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.13 Tercer Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.1

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1490**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martín Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0452**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.1

Fecha de captación: 08/08/2017 11:00 am, 09/08/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 09/08/2017 01:29:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/08/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Limite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	30.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	21		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	52.341		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	5.48		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Eustin Rodriguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.14 Tercer Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.2

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1491**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0452**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.2

Fecha de captación: 08/08/2017 11:00 am, 09/08/2017 10:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 09/08/2017 01:29:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 18/08/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	27.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	25		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	53.277		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	4.49		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejia
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodriguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.15 Tercer Monitoreo, Datos de CF.

ENACAL

EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS
LABORATORIO CENTRAL - GERENCIA AMBIENTAL
REPORTE ANALITICO

Datos generales

Número de Cadena de Custodia: **0452-2017**

Unidad Organizativa Solicitante

Gerencia Ambiental

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

Tipo de Sistema: Agua Residual

Clase Muestra: Puntual

II. Información de la muestra

Descripción de la muestra

PTAR Diriomo

Fecha captación: 09/08/2017

Fecha ingreso al Lab: 09/08/2017 01:35 pm

Fecha emisión de informe: 14/08/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUAL BACTERIOLOGICAS

Número de Informe	Punto de muestreo	HORA CAPT	T°C	OD mg/L	pH	cond/ elect µs/cm	color	Turb NTU	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1488-2017	Entrada General Ptar Diriomo	08:57 a.m							1.7E+8	1.1E+8
1489-2017	Salida Tanque Imhoff	08:59 a.m							9.2E+7	3.5E+7
1490-2017	Salida Biofiltro 1.1	09:13 a.m							3.3E+4	7.8E+3
1491-2017	Salida Biofiltro 1.2	09:17 a.m							1.3E+4	1.3E+4
1492-2017	Salida Biofiltro 1.3	09:17 a.m							3.3E+5	1.1E+4
1493-2017	Salida Biofiltro 1.4	09:30 a.m							< 1.8	< 1.8
1494-2017	Salida Biofiltro 2.1	10:02 a.m							7.9E+4	< 1.8
1495-2017	Salida Biofiltro 2.2	09:59 a.m							4.9E+4	4.9E4
1496-2017	Salida Biofiltro 2.3	09:55 a.m							2.4E+5	1.3E+5
								LIMITE DE DETECCION	< 1.8	< 1.8

El **Método** utilizado es Técnica por Tubos Múltiples SM 9221

Lic. Yorda Cunningham Rojas
Analista Laboratorio de Bacteriologia

Ing. Evelyn Rodriguez Orozco
Analista de Laboratorio Cromatografia de Gases

ENACAL
GERENCIA AMBIENTAL
Recibido por:
Fecha: 21/08/17
Hora: 3:21 pm

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 2253-8000 ext 2162
Página 1 de 1

E.16 Cuarto Monitoreo, Datos de Entrada General.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1630**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0498**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Entrada General PTAR Diriomo

Fecha de captación: 19/09/2017 09:00 am. 20/09/2017 08:00 am.

Fecha de ingreso al Lab: 20/09/2017 10:34:00 a.m.

Fecha de emisión de informe: 28/09/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	3.5		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	213.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	250		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	571.944		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	56		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	12.93		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Central Aguas

ENACAL GERENCIA AMBIENTAL Recibido por: Fecha: 28/9/17 Hora: 2:26pm

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.17 Cuarto Monitoreo, Datos de Salida Tanque Imhoff.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1631**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0498**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Tanque Imhoff

Fecha de captación: 19/09/2017 09:00 am, 20/09/2017 08:00 am.

Fecha de ingreso al Lab: 20/09/2017 10:34:00 a.m.

Fecha de emisión de informe: 28/09/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L			SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	**189.0**		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	**264**		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	**499.762**		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L			SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L			SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.18 Cuarto Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.1

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1632**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0498**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.1

Fecha de captación: 19/09/2017 09:00 am, 20/09/2017 08:00 am.

Fecha de ingreso al Lab: 20/09/2017 10:34:00 a.m.

Fecha de emisión de informe: 28/09/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	23.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	15		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	46.255		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	1		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	4.16		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.19 Cuarto Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.2

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1633**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0498**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.2

Fecha de captación: 19/09/2017 09:00 am, 20/09/2017 08:00 am.

Fecha de ingreso al Lab: 20/09/2017 10:34:00 a.m.

Fecha de emisión de informe: 28/09/2017

Muestra captada por: Bernie Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	21.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	31		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	82.768		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	2		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	--
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	1.07		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22536000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.20 Cuarto Monitoreo, Datos de CF.

ENACAL

EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS
LABORATORIO CENTRAL - GERENCIA AMBIENTAL
REPORTE ANALITICO

Datos generales

Número de Cadena de Custodia: **0498-2017**

Unidad Organizativa Solicitante

Gerencia Ambiental

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

Tipo de Sistema: Tanque Imhoff + Biofiltro

Clase Muestra: Puntual

II. Información de la muestra

Descripción de la muestra

PTAR Diriomo

Fecha captación: 20/09/2017

Fecha ingreso al Lab: 20/09/2017 10:36 am

Fecha emisión de informe: 12/10/2017

Muestra captada por: Bernys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUAL BACTERIOLOGICAS

Número de Informe	Punto de muestreo	HORA CAPT	T°C	OD mg/L	pH	cond/ elect µs/cm	color	Turb NTU	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1630-2017	Entrada General PTAR Diriomo	08:57 a.m							7.9E+7	7.9E+7
1631-2017	Salida Tanque Imhoff	08:59 a.m							2.4E+7	2.4E+7
1632-2018	Salida Biofiltro 1.1	09:13 a.m							1.3E+5	2.2E+4
1633-2018	Salida Biofiltro 1.2	09:17 a.m							3.5E+5	1.7E+5
1634-2019	Salida Biofiltro 1.4	09:17 a.m							1.4E+5	9.4E+4
1635-2019	Salida Biofiltro 2.1	09:30 a.m							2.7E+4	1.3E+4
1636-2020	Salida Biofiltro 2.2	10:02 a.m							1.7E+4	1.3E+4
1637-2020	Salida Biofiltro 2.3	09:59 a.m							3.5E+5	2.4E+5
								LIMITE DE DETECCION	< 1.8	< 1.8

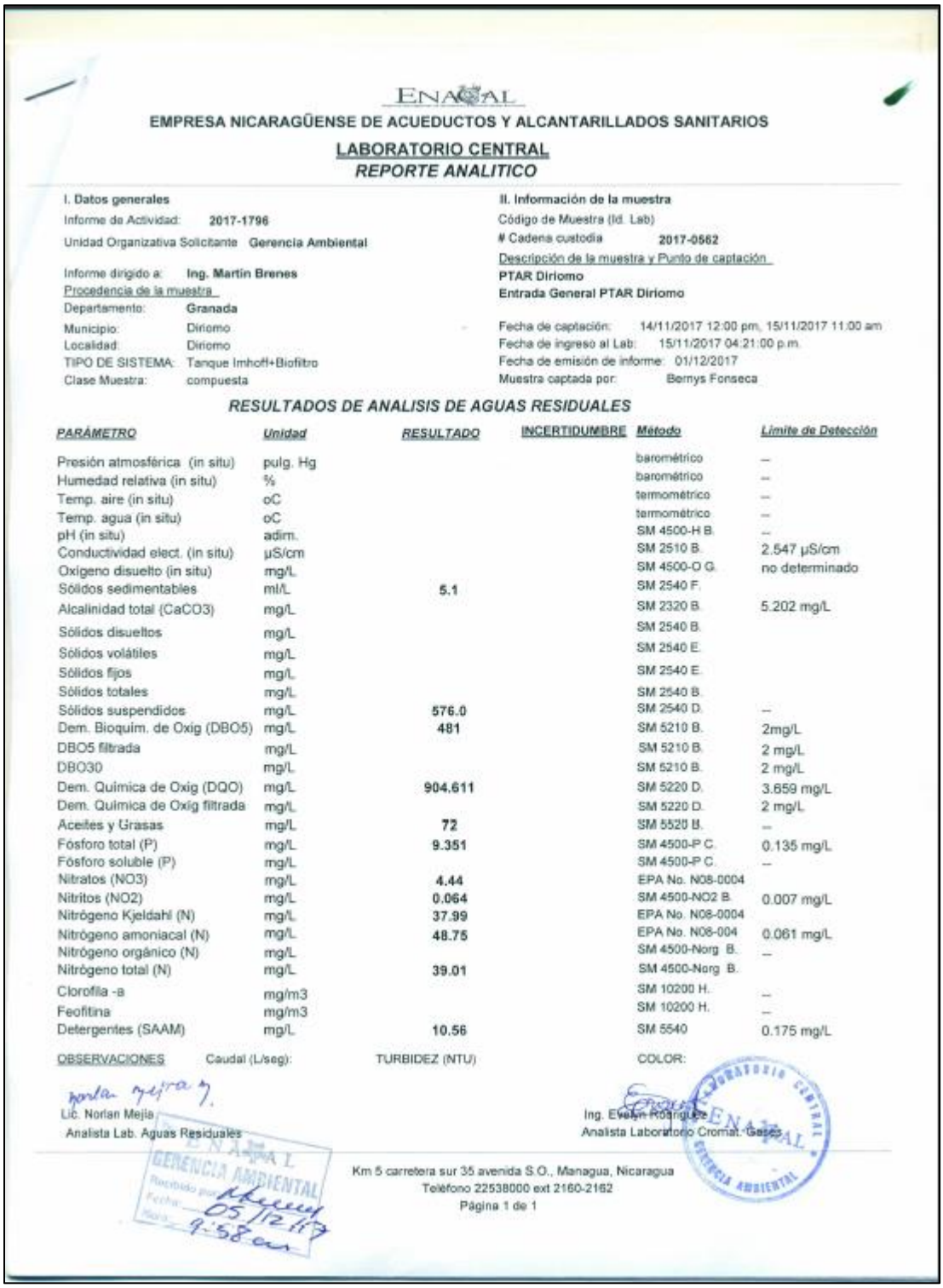
El **Método** utilizado es Técnica por Tubos Múltiples SM 9221

Lic. Yoles Cunningham Rojas
Analista Laboratorio de Bacteriología

Ing. Evelyn Rodríguez Orozco
Analista Laboratorio Cromatografía de Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 2253-8000 ext 2162
Página 1 de 1

E.21 Quinto Monitoreo, Datos de Entrada General.



ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1796**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0562**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Entrada General PTAR Diriomo

Fecha de captación: 14/11/2017 12:00 pm, 15/11/2017 11:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 15/11/2017 04:21:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 01/12/2017

Muestra captada por: Bernys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	5.1		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	576.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	481		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	904.611		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	72		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	9.351		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	4.44		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.064		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	37.99		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	48.75		EPA No. N08-004	0.061 mg/L
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L	39.01		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	10.56		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

ENACAL GERENCIA AMBIENTAL Recibido por: Fecha: 05/12/17 Hora: 9:58 am

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.22 Quinto Monitoreo, Datos de Salida Tanque Imhoff.

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1797**

Unidad Organizativa Solicitante: **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0662**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Tanque Imhoff

Fecha de captación: 14/11/2017 12:00 pm, 15/11/2017 11:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 15/11/2017 04:21:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 01/12/2017

Muestra captada por: Bernys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L			SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	163.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	212		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	515.454		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L			SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L			SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L			SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L			EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L			EPA No. N08-004	0.061 mg/L
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L			SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.23 Quinto Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.1

ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1798**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0562**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.1

Fecha de captación: 14/11/2017 12:00 pm, 15/11/2017 11:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 15/11/2017 04:21:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 01/12/2017

Muestra captada por: Bernys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	*Unidad*	*RESULTADO*	INCERTIDUMBRE	*Método*	*Límite de Detección*
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxigeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	27.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquím. de Oxig (DBO5)	mg/L	11		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Química de Oxig (DQO)	mg/L	45.319		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Química de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	5.463		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	3.62		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.136		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	36.92		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	46.99		EPA No. N08-004	0.061 mg/L
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L	37.78		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	6.10		SM 5540	0.175 mg/L

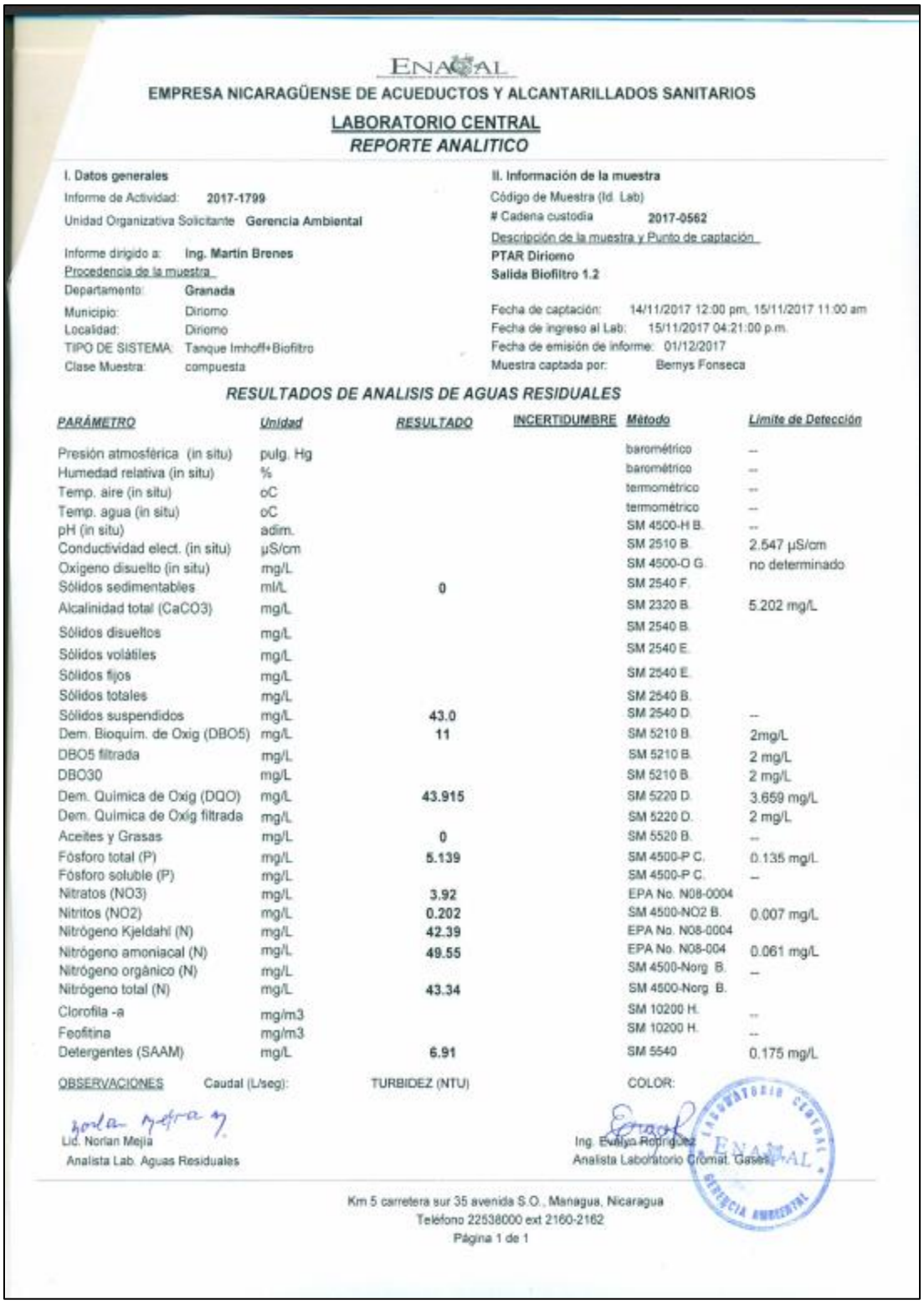
OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejía
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodríguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.24 Quinto Monitoreo, Datos de Salida Biofiltro 1.2



ENACAL

EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL

REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Informe de Actividad: **2017-1799**

Unidad Organizativa Solicitante **Gerencia Ambiental**

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: **Granada**

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

TIPO DE SISTEMA: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: compuesta

II. Información de la muestra

Código de Muestra (Id. Lab)

Cadena custodia **2017-0562**

Descripción de la muestra y Punto de captación

PTAR Diriomo

Salida Biofiltro 1.2

Fecha de captación: 14/11/2017 12:00 pm, 15/11/2017 11:00 am

Fecha de ingreso al Lab: 15/11/2017 04:21:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 01/12/2017

Muestra captada por: Bernys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	Método	Límite de Detección
Presión atmosférica (in situ)	pulg. Hg			barométrico	--
Humedad relativa (in situ)	%			barométrico	--
Temp. aire (in situ)	oC			termométrico	--
Temp. agua (in situ)	oC			termométrico	--
pH (in situ)	adim.			SM 4500-H B.	--
Conductividad elect. (in situ)	µS/cm			SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Oxígeno disuelto (in situ)	mg/L			SM 4500-O G.	no determinado
Sólidos sedimentables	ml/L	0		SM 2540 F.	
Alcalinidad total (CaCO3)	mg/L			SM 2320 B.	5.202 mg/L
Sólidos disueltos	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos volátiles	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos fijos	mg/L			SM 2540 E.	
Sólidos totales	mg/L			SM 2540 B.	
Sólidos suspendidos	mg/L	43.0		SM 2540 D.	--
Dem. Bioquim. de Oxig (DBO5)	mg/L	11		SM 5210 B.	2mg/L
DBO5 filtrada	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
DBO30	mg/L			SM 5210 B.	2 mg/L
Dem. Quimica de Oxig (DQO)	mg/L	43.915		SM 5220 D.	3.659 mg/L
Dem. Quimica de Oxig filtrada	mg/L			SM 5220 D.	2 mg/L
Aceites y Grasas	mg/L	0		SM 5520 B.	--
Fósforo total (P)	mg/L	5.139		SM 4500-P C.	0.135 mg/L
Fósforo soluble (P)	mg/L			SM 4500-P C.	--
Nitratos (NO3)	mg/L	3.92		EPA No. N08-0004	
Nitritos (NO2)	mg/L	0.202		SM 4500-NO2 B.	0.007 mg/L
Nitrógeno Kjeldahl (N)	mg/L	42.39		EPA No. N08-0004	
Nitrógeno amoniacal (N)	mg/L	49.55		EPA No. N08-004	0.061 mg/L
Nitrógeno orgánico (N)	mg/L			SM 4500-Norg B.	--
Nitrógeno total (N)	mg/L	43.34		SM 4500-Norg B.	
Clorofila -a	mg/m3			SM 10200 H.	--
Feofitina	mg/m3			SM 10200 H.	--
Detergentes (SAAM)	mg/L	6.91		SM 5540	0.175 mg/L

OBSERVACIONES Caudal (L/seg): TURBIDEZ (NTU) COLOR:

Lic. Norlan Mejia
Analista Lab. Aguas Residuales

Ing. Evelyn Rodriguez
Analista Laboratorio Cromat. Gases

LABORATORIO CENTRAL ENACAL GERENCIA AMBIENTAL

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160-2162
Página 1 de 1

E.25 Quinto Monitoreo, Datos de CF.

ENACAL

EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS
LABORATORIO CENTRAL - GERENCIA AMBIENTAL
REPORTE ANALITICO

Datos generales

Número de Cadena de Custodia: **0562-2017**

Unidad Organizativa Solicitante

Gerencia Ambiental

Informe dirigido a: **Ing. Martin Brenes**

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: Diriomo

Tipo de Sistema: Tanque Imhoff+Biofiltro

Clase Muestra: Puntual

II. Información de la muestra

Descripción de la muestra

PTAR Diriomo

Fecha captación: 15/11/2017

Fecha ingreso al Lab: 15/11/2017 04:25 pm

Fecha emisión de informe: 18/11/2017

Muestra captada por: Bemys Fonseca

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUAL BACTERIOLOGICAS

Número de Informe	Punto de muestreo	HORA CAPT	T°C	OD mg/L	pH	cond/ elect µs/cm	Turb NTU	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1796-2017	Entrada General PTAR Diriomo	09:18 a.m						1.6E+9	9.2E+8
1797-2017	Salida Tanque Imhoff	09:22 a.m						5.4E+7	5.4E+7
1798-2017	Salida Biofiltro 1.1	09:25 a.m						4.9E+4	1.3E+4
1799-2017	Salida Biofiltro 1.2	09:32 a.m						4.6E+4	2.3E+4
1800-2017	Salida Biofiltro 1.4	10:00 a.m						3.3E+5	1.3E+5
1801-2017	Salida Biofiltro 2.1	09:48 a.m						1.3E+4	1.3E+4
1802-2017	Salida Biofiltro 2.2	09:33 a.m						3.3E+4	2.7E+4
1803-2017	Salida Biofiltro 2.3	09:43 a.m						3.3E+6	2.4E+6
								< 1.8	< 1.8

El **Método** utilizado es Técnica por Tubos Múltiples SM 9221

Lic. Yorda Cunningham Rojas
Analista Laboratorio de Bacteriología

Ing. Evelyn Rodríguez Orozco
Analista Laboratorio Cromatografía de Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 2253-8000 ext 2162
Página 1 de 1