

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**VERIFICACION PRELIMINAR DE LA CALIDAD FISICOQUIMICA Y  
MICROBIOLOGICA DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO UBICADA EN LA CIUDAD DE SUCHITOTO**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR  
WILSON SALOMON HERNANDEZ HERNANDEZ  
JULIA MARGARITA RIVAS AGREDA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUIMICA FARMACIA**

OCTUBRE, 2013

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**

### **COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **ASESORA DE AREA DE ANALISIS MICROBIOLOGICO**

MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez

### **ASESOR DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS**

MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía

### **DOCENTES DIRECTORES**

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Licda. María Elsa Romero de Zelaya

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios Todopoderoso, por haberme guiado en este camino el cual ahora es un triunfo. Gracias que siempre estuviste a mi lado, dándome lo necesario para afrontar todas las dificultades que se presentaban en el camino. Sin ti nada de esto sería posible.

A mi padre, aunque no estas a mi lado, mi agradecimiento será eterno, porque por ti, ahora soy lo que soy. Gracias papi por todo tu amor brindado siempre, por todas las palabras de aliento para seguir adelante, este triunfo es tuyo. A mi madre que con su ternura y su amor hizo más fácil el recorrido de mi carrera. Gracias mami por siempre estar conmigo y apoyarme en todas mis decisiones. A mi familia en general, gracias por haberme apoyado siempre de manera incondicional, en especial a mi abuelita, mil gracias por todo.

A Wilson, quien en todos estos años me ha llenado de mucha felicidad y que sin ti a mi lado no hubiera logrado nada de esto.

A mis asesores de Tesis Lic. Ceci y Lic. María Elsa, gracias por la guía en este camino por la paciencia y porque confiaron y creyeron en nosotros. A Lic. Odette Rauda, y nuestros asesores de este proyecto, Lic. Amy y Lic. Eliseo, se les agradece toda la ayuda brindada.

A mis amigos Jessica, Krissia, Jorge, Beatriz, July, Gil, Anita y Brenda por siempre creer en mí, y toda la ayuda y el cariño brindado. Y especialmente a la familia de Tecnología Farmacéutica: Licda. Ceci, Lic. Moisés, Lic. Kike, Lic. Roberto, Lic. Salvador Castillo y Licda. Galdámez, quienes aparte de ser mis líderes también son mis amigos, gracias por siempre celebrar mis triunfos y también estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

**Julia Margarita Rivas Agreda**

## **Agradecimientos**

- Mis agradecimientos primeramente al creador, sin Él este triunfo no habría sido posible.
- A mi compañera de Trabajo de graduación, que este triunfo se encargue de fortalecer más nuestra relación.
- A mi familia, que siempre ha constituido un pilar muy importante en mi vida, en especial mi madre que ha sido el motor que me impulsado siempre para cumplir mis sueños, gracias Mamá por el gran esfuerzo que has hecho para sacarnos adelante, siempre has sido una madre ejemplar en tu rol de madre y padre. A mi hermano, que siempre me ha apoyado, este logro les pertenece, gracias por todo.
- Un agradecimiento muy especial para mi tutor Don Frank Cummings, el cual me ha apoyado estos últimos 8 años de mi vida, sin su valiosa ayuda económica este triunfo no habría sido posible, gracias al grupo de becados ATLANTA FRIENDS MEETING que ha cumplido el sueño de mucho jóvenes de crecer profesionalmente.
- A mis asesores de Trabajo de graduación, Lic. Cecy y Lic. María Elsa, mis más sinceros agradecimientos, gracias por el apoyo y su paciencia.
- Un cordial agradecimiento a la Lic. Odette, a mis asesores de área, Lic. Amy y Lic. Eliseo, gracias por todo el apoyo brindado en todo este proceso.
- Un agradecimiento muy especial al Grupo de Docentes de la Cátedra de Tecnología Farmacéutica, su apoyo fue vital en este triunfo alcanzado.

**Wilson Salomón Hernández Hernández**

## **Dedicatoria**

*Porque Jehová da la sabiduría,  
Y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.  
El provee de sana sabiduría a los rectos;  
Es escudo a los que caminan rectamente.*

*Proverbios 2:6-7*

A Dios, quien es el Autor de mi vida, por haberme dado la perseverancia para seguir adelante y la sabiduría necesaria para poder alcanzar una de las mayores metas de mi vida.

A mis padres, porque ellos me impulsaron a siempre seguir adelante, porque nunca me mostraron el lado negativo de la vida, siempre dándome fuerzas para seguir adelante y poniendo toda su confianza en mí.

A Wilson, que siempre estuvo a mi lado, para compartir mis alegrías y mis tristezas, por haberme apoyado en los momentos más duros de mi vida.

A mis amigos que han sido el mejor regalo que Dios me dio.

**Julia Margarita Rivas Agreda**

## ÍNDICE

	Pág.
Resumen	11
Capítulo I	
1.0. Introducción	xiv
Capítulo II	
2.0. Objetivos	17
2.1. Objetivo General	17
2.2. Objetivos Específicos	17
Capítulo III	
3.0. Marco teórico	19
3.1. Importancia del agua	19
3.1.1. Definición, composición y propiedades del agua	19
3.1.2. Funciones biológicas del agua	20
3.1.3. Uso humano del agua	21
3.2. Contaminación del agua	22
3.2.1. Enfermedades producidas por la contaminación del agua	23
3.3. Tipos de agua	23
3.4. Gestión de las aguas residuales	24
3.5. Tratamiento de las aguas residuales	26
3.5.1. Tratamiento primario	27
3.5.2. Tratamiento secundario	31
3.5.3. Tratamiento terciario	33
3.6. Pruebas para aguas residuales	34
3.7. Plantas de tratamiento de aguas residuales	36

3.8. Esquema general de la planta de tratamiento ubicada en la ciudad de Suchitoto	37
3.9. Descripción del tipo de tratamiento	38
3.10. Descripción de las unidades de tratamiento	39
3.10.1. Pozo N° 1	39
3.10.2. Trampa de grasas y aceites	40
3.10.3. Canal de entrada, rejilla y desarenadores	41
3.10.4. Sedimentador primario	42
3.10.5. Filtro biológico	44
3.10.6. Sedimentador secundario	45
3.10.7. Fosa séptica	46
3.10.8. Sistema de cloración	47
3.10.9. Pozo N° 2	47
3.11. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	48
3.11.1. pH	48
3.11.2. Temperatura	49
3.11.3. Sólidos sedimentables	50
3.11.4. Sólidos totales suspendidos	53
3.11.5. Demanda bioquímica de oxígeno	52
3.11.6. Demanda química de oxígeno	53
3.11.7. Grasas y aceites	54
3.11.8. Coliformes totales y fecales	55
Capítulo IV	
4.0. Diseño metodológico	58
4.1. Tipo de estudio	58
4.2. Investigación bibliográfica	58
4.3. Investigación de campo	59
4.3.1. Universo	59

4.3.2. Muestra dirigida puntual	59
4.3.3. Recorrido por la planta de tratamiento y recolección de datos	59
4.3.4. Recolección de muestras	59
4.3.5. Manipulación y transporte de las muestras	60
4.4. Parámetros fisicoquímicos	61
4.4.1. Medida de pH	61
4.4.2. Medida de la temperatura	61
4.4.3. Sólidos sedimentables	62
4.4.4. Sólidos totales en suspensión	62
4.4.5. Demanda química de oxígeno	64
4.4.6. Demanda bioquímica de oxígeno	65
4.4.7. Grasas y aceites	68
4.5. Parámetros microbiológicos	70
4.5.1. Coliformes totales y fecales	70
Capítulo V	
5.0. Resultados	73
5.1. Resultados de análisis fisicoquímicos	73
5.2. Resultados de análisis microbiológicos	74
Capítulo VI	
6.0. Discusión de resultados	76
6.1. Discusión de resultados obtenidos en lo parámetros fisicoquímicos	76
6.2. Discusión de resultados obtenidos en lo parámetros microbiológicos	83
6.3. Caudal	84
6.4. Informe entregado a las autoridades encargadas de la planta	85
Capítulo VII	
7.0. Conclusiones	87

Capítulo VIII	
8.0. Recomendaciones	91
Bibliografía	93
Glosario	96
Anexos	99

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal verificar preliminarmente la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua cruda y tratada de la planta de tratamiento ubicada en la ciudad de Suchitoto. Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron muestras de agua residual domésticas, las cuales fueron obtenidas en la planta de tratamiento de aguas residuales de esta Ciudad, además se realizó una visita a ella, en la cual se nos dio a conocer el funcionamiento de esta y el mantenimiento que se le da a cada una de las unidades de las que consta.

En la parte experimental, la toma de las muestras se realizó en época seca y en época lluviosa, en las que se tomó una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada en época seca y dos muestras de agua cruda y dos muestras de agua tratada en época lluviosa. Los puntos de toma de muestras fue en el pozo N° 1 (agua cruda) y en el pozo N° 2 (agua tratada) de la planta de tratamiento.

Los parámetros fisicoquímicos que se realizaron fueron: pH, temperatura, sólidos sedimentables, sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y grasas y aceites. Estos parámetros fueron analizados en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Los parámetros microbiológicos realizados fueron los coliformes totales y coliformes fecales, los cuales fueron analizados en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Posteriormente se compararon los valores obtenidos de las muestras con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), en donde se concluye que la planta de tratamiento no está funcionando de forma correcta ya que los resultados obtenidos sobrepasan los valores permisibles por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, esto debido a que el mantenimiento de la planta no ha sido el adecuado y muchos factores como la corrosión, han deteriorado ciertas unidades de la planta, por lo que se recomienda la reparación de las unidades más afectadas de la planta, también realizar un adecuado mantenimiento de todas las unidades y que se monitoreen las aguas por lo menos dos veces al año, para garantizar que la planta está depurando el agua de forma correcta.

Posteriormente se elaboró un informe dirigido a las autoridades competentes encargadas de la planta de tratamiento donde se dan a conocer los resultados obtenidos de la investigación y se dan las recomendaciones para mejorar el proceso de depuración de las aguas crudas producidas por esta ciudad.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la supervivencia, pero pocos han tenido conciencia sobre la contaminación que presenta. Las aguas residuales conocidas como aguas crudas, son arrojadas a ríos y lagos directamente sin ningún tipo de tratamiento, incluyendo las aguas residuales de tipo especial y las aguas residuales de tipo ordinario y de ahí que muchos estudios científicos se plantean soluciones, como la construcción de plantas depuradoras y de los diferentes tratamientos que se pueden realizar, ya sea biológico, químico y físico. Debido a esta problemática que aqueja a todo el mundo y en especial a El Salvador, por la densidad demográfica existente, las aguas residuales son vertidas a ríos y lagos sin un tratamiento previo. Entre estos uno de los afectados es el lago Suchitlán, que presenta niveles altos de contaminación.

La población de Suchitoto es de aproximadamente 11,000 habitantes, los cuales producen unos 650 m<sup>3</sup>/día de agua residual de tipo doméstico, los cuales antes de la construcción eran arrojados directamente al lago Suchitlán. Fue así que surgió la idea por parte del pueblo de Suchitoto de construir una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual depuraría sus aguas residuales para que éstas puedan ser vertidas al lago Suchitlán con los valores permitidos por Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinaria (NSO.13.49.01:09).

En la presente investigación se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al agua residual, para establecer si la planta de tratamiento aún está depurando el agua y comparar los resultados con las especificaciones de la norma para aguas residuales de tipo ordinario (NSO.13.49.01:09).

La toma de muestra se realizó en la planta de tratamiento en época seca y en época lluviosa del año 2013, tomando una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada en época seca y dos muestras de agua cruda y dos muestras de agua tratada en época lluviosa, obteniendo así un total de 6 muestras (3 muestras de agua cruda y 3 muestras de agua tratada).

Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron fueron: pH, temperatura, demanda bioquímica oxígeno, demanda química oxígeno, grasas y aceites, sólidos totales en suspensión, y sólidos sedimentables; y los microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales.

Estos análisis se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, laboratorio acreditado por el OSA con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO ISO/IEC 17025:2005. Los parámetros microbiológicos fueron analizados en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Una vez realizados estos análisis pudimos corroborar que la planta de tratamiento de aguas de la Ciudad de Suchitoto, no está funcionando de manera correcta, esto debido a que el mantenimiento de las unidades no ha sido el adecuado, provocando un deterioro elevado. Los resultados obtenidos se dieron a conocer por medio de un informe al Consejo Municipal, en donde detallamos el problema y así que puedan realizar gestiones necesarias y mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento.

**CAPÍTULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Verificar preliminarmente la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua cruda y tratada de la planta de tratamiento ubicada en la ciudad de Suchitoto.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.2.1 Determinar en el agua cruda y agua tratada los parámetros fisicoquímicos siguientes: demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasas y aceites, temperatura y pH.

2.2.2 Determinar en el agua cruda y agua tratada los parámetros microbiológicos siguientes: coliformes fecales y coliformes totales.

2.2.3 Comparar los resultados obtenidos con la norma oficial salvadoreña (NSO.13.49.01:09) para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor.

2.2.4 Dar a conocer a las autoridades competentes del municipio de Suchitoto los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la planta de tratamiento.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. IMPORTANCIA DEL AGUA <sup>(14)</sup>.

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente.

##### 3.1.1. Definición, composición y propiedades del agua <sup>(14)</sup>.

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). A la presión atmosférica normal (760 mm de Hg), el punto de congelación del agua es a los 0 °C y su punto de ebullición, a los 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse.

Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura. El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos.

Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes.

### 3.1.2. Funciones biológicas del agua <sup>(14)</sup>.

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. Es esencial para todos los tipos de vida, incluso para aquellos organismos que la evolución condujo a tierra firme, resulta indispensable, de modo que una buena parte de sus estrategias de adaptación tienden al mantenimiento de un cierto grado de humedad en su interior.

Puede resumirse en cinco las principales funciones biológicas del agua:

- Es un excelente disolvente, especialmente de las sustancias iónicas y de los compuestos polares. Incluso muchas moléculas orgánicas no solubles como los lípidos o un buen número de proteínas forman, en el agua, dispersiones coloidales, con importantes propiedades biológicas.
- Participa por sí misma, como agente químico reactivo, en la hidratación, hidrólisis y oxidación-reducción, facilitando otras muchas reacciones.
- Permite el movimiento en su seno de las partículas disueltas (difusión) y constituye el principal agente de transporte de muchas sustancias nutritivas reguladoras o de excreción.
- Gracias a sus notables características térmicas (elevados calor específico y calor de evaporación) constituye un excelente termorregulador, una propiedad que permite el mantenimiento de la vida de los organismos, en una amplia gama de ambientes térmicos.
- Interviene, en especial en las plantas, en el mantenimiento de la estructura y la forma de las células y de los organismos.

### **3.1.3. Uso humano del agua <sup>(14)</sup>.**

Las formas más comunes de medir el uso humano del agua lo constituyen la extracción y el consumo de la misma. Desde 1950, la extracción de agua mundial ha aumentado tres veces y medio, y su uso se ha triplicado, debido fundamentalmente al incremento de la población, la agricultura y la industria.

Los usos del agua varían considerablemente de un país a otro. En un promedio mundial, puede establecerse que:

- El 63% del agua que se extrae anualmente se utiliza para riego.
- El 23% se destina a la generación de energía eléctrica, extracción y refinamiento de hidrocarburos y enfriamiento de plantas industriales.
- El restante 7% se utiliza para uso doméstico o consumo humano.

### **3.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA <sup>(14)</sup>.**

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsibles de tiempo. Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En pocas palabras, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al

año y 20% de todas las especies acuáticas de agua fresca están extintas o en peligro de desaparecer.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están:

- Agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuática.
- Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo) que envenenan el agua.
- Los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).
- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes que amenazan la vida.
- Sedimentos o materia suspendida: partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- Sustancias radioactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- Calor: ingresos de agua caliente disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los microorganismos acuáticos muy vulnerables.

### **3.2.1. Enfermedades producidas por la contaminación del agua <sup>(14)</sup>.**

De las 37 enfermedades más comunes entre la población de América Latina, 21 están relacionada con la falta de agua y con agua contaminada. En todo el mundo estas enfermedades representan 25 millones de muertes anuales.

Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criaderos de insectos, contacto directo con el del agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. Las enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias son: cólera, tifoidea y paratifoidea, disentería basilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras. La enfermedad transmitida, los síntomas y su tratamiento dependen del tipo de microorganismo presente en el agua y de su concentración.

### **3.3. TIPOS DE AGUA <sup>(14)</sup>.**

Existen diferentes tipos de agua, de acuerdo a su procedencia y uso: de manantial, potable y residual. El agua de manantial es el flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área restringida. Puede aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, laguna o lagos. Su localización está en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de estratos permeables e impermeables y el perfil del relieve, ya que un manantial tiene lugar donde un nivel freático se corta con la superficie.

Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener origen atmosférico (agua de lluvia que se filtra en la tierra y surge en otro lugar a

menor altitud) o ígneo, dando lugar a manantiales de agua caliente o aguas termales, calentadas por contacto con rocas ígneas.

La naturaleza a través del ciclo del agua, trabaja para limpiarla, sin embargo no tiene la capacidad suficiente para eliminar todas las sustancias y contaminantes que se vierten al agua. Por ello el agua captada de los ríos es llevada por una línea de conducción, a una planta de tratamiento para purificarla y hacerla potable y apta para el consumo humano. Ya potable el agua es conducida a tanques de distribución que a través de redes de distribución surten a los diferentes sectores de la ciudad. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Las aguas residuales pueden tener origen doméstico, industrial, subterráneo o meteorológico y reciben los siguientes nombres respectivamente: domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

#### **3.4. GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES <sup>(16)</sup>.**

Toda actividad realizada por un ser vivo genera residuos. Como parte de un extenso sistema, las comunidades humanas en función de diversos factores económicos, sociales, culturales, producen también desechos, tanto líquidos como sólidos. La fracción líquida, o agua residual está constituida esencialmente por el agua de abastecimiento, después de haber sido contaminada por los diversos usos a que ha sido sometida. Desde el punto de vista de su origen, las aguas residuales pueden definirse como una combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan agregarse a las anteriores.

Si se dejan estancar las aguas residuales crudas, la descomposición de la materia orgánica que contienen puede dar lugar a la producción de grandes cantidades y tipos de gases pestilentes. Además, de contener usualmente numerosos organismos patógenos, o causantes de enfermedades. Se sabe que el 80% de las enfermedades infecciosas tienen su origen en las aguas residuales y que en el mundo, cada año 5 a 7 millones de personas mueren, producto de estas enfermedades, de las cuales 4 millones son niños.

Las aguas residuales también contienen nutrientes que estimulan el crecimiento de plantas acuáticas e incluso pueden contener compuestos tóxicos. Por estas razones, es que en una sociedad industrializada no es sólo deseable, sino también necesaria la eliminación inmediata de las aguas residuales de los lugares de generación, seguida de su tratamiento y evacuación segura.

Aunque la captación y drenaje de las aguas pluviales datan de tiempos antiguos, la recogida de aguas residuales no comienza sino hasta fines del siglo XIX y el tratamiento sistemático de éstas, hasta principios del siglo XX. Esto debido a que los daños causados por el vertido de las aguas no tratadas en las relativamente grandes masas de agua receptoras no eran graves aún y porque se disponía de grandes extensiones de terreno para su evacuación. Sin embargo, a principios de este siglo, los daños causados y las condiciones sanitarias impulsaron una creciente demanda de mayor eficiencia en el tratamiento y gestión de las aguas residuales.

Es así como, a lo largo de los años, se han ido produciendo diversos y notables cambios en el campo de la ingeniería de las aguas residuales, en relación a los métodos de tratamiento y evacuación de éstas y como resultado del mejor entendimiento de los efectos ambientales de los vertidos líquidos, tanto industriales, como domésticos. Sumado a esto, los cambios en las normativas y

la creciente importancia del agua residual regenerada como recurso hídrico, ha impulsado la aplicación de los principios básicos de la ciencia y de la ingeniería a los problemas de control de las aguas contaminadas.

El objetivo de la Gestión de las Aguas Residuales es entonces la protección del medio ambiente, empleando medidas conforme a las posibilidades e inquietudes económicas, sociales y políticas de cada sector o región.

### **3.5. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES <sup>(16)</sup>.**

Dentro de las aguas residuales comunitarias se tienen básicamente dos clasificaciones:

**Aguas residuales de tipo ordinario:** agua residual generada por actividades domésticas de los seres humanos; tal como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregadores, lava de ropa y otras similares.

**Aguas residuales de tipo especial:** agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.

El tratamiento de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas consta de diferentes procesos y operaciones que dependen de la naturaleza y características del vertido. Se conoce como operaciones unitarias a aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, mientras que aquéllos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos o biológicos se denominan procesos unitarios.

Las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario o avanzado.

### 3.5.1. Tratamiento primario <sup>(16)</sup>.

El tratamiento primario contempla el uso de operaciones físicas y químicas, que cambiarán las características y propiedades del agua residual. Entre las operaciones físicas, aplicadas se encuentran desbaste, dilaceración, homogeneización, mezclado, floculación, sedimentación, flotación y filtración

- **Desbaste**

Es la primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento y consiste en la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción, que es una retención en la superficie.

- **Dilaceración**

Corresponde a la trituración de sólidos gruesos para conseguir un tamaño adecuado. Éstos se incorporan luego al flujo para su eliminación en las operaciones y procesos posteriores.

- **Homogenización del caudal**

Se efectúa con el fin de homogeneizar las cargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos en suspensión para mejorar la efectividad de los procesos de tratamiento aguas residuales.

- **Mezclado**

A través del mezclado se busca uniformizar la mezcla de químicos y gases presentes en el agua y lograr el mantenimiento de los sólidos en suspensión. Esta operación es de gran importancia en muchas fases del

tratamiento de aguas residuales, como la mezcla de suspensiones líquidas, mezcla completa de una sustancia con otra y mezcla de líquidos miscibles.

- **Floculación**

Este fenómeno provoca la agregación de pequeñas partículas en flóculos, cuya eliminación por sedimentación por gravedad se ve facilitada por el aumento de volumen y masa.

- **Sedimentación**

La sedimentación consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad. La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor. Haciendo el agua más transparente. El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua. La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua.

- **Flotación**

Se emplea para la separación de partículas mediante la introducción de finas burbujas de gas (normalmente aire), en la fase líquida.

- **Filtración**

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que se está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente. Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación.

En los procesos químicos empleados en el tratamiento de las aguas residuales, las transformaciones se producen mediante reacciones químicas, que se llevan a cabo en combinación con las operaciones físicas unitarias y los procesos biológicos unitarios.

Los principales procesos químicos unitarios son precipitación química, adsorción, desinfección, desinfección con cloro, decloración, desinfección con ozono, desinfección con luz ultravioleta.

- **Precipitación química**

Esta lleva consigo la adición de productos químicos con la finalidad de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y facilitar su eliminación mediante sedimentación.

- **Adsorción**

Eliminación de materia orgánica no eliminada por métodos convencionales de tratamiento químico y biológico. También se emplea para declorar el agua residual antes de su vertido final.

- **Desinfección**

Se refiere a la destrucción de los microorganismos patógenos del agua

ya que su desarrollo es perjudicial para la salud. Se puede realizar por medio de ebullición que consiste en hervir el agua durante 1 minuto y para mejorarle el sabor se pasa de un envase a otro varias veces, proceso conocido como aireación, después se deja reposar por varias horas y se le agrega una pizca de sal por cada litro de agua. Cuando no se puede hervir el agua se puede hacer por medio de un tratamiento químico comúnmente con cloro o yodo.

- **Desinfección con cloro**

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

- **Decloración**

Eliminación del cloro remanente después de la cloración

- **Purificación de agua por ozono**

Es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). No transfiere ni sabor ni olor al agua; la inversión inicial de una instalación para tratamiento por ozono es superior a la de cloración pero posee la ventaja que no deja ningún residuo.

### 3.5.2. Tratamientos secundarios <sup>(16)</sup>.

Los tratamientos secundarios contemplan procesos biológicos y se emplean para eliminar la mayor parte de la materia orgánica carbonosa, a través de su conversión en gases y tejido celular. En los tratamientos biológicos el verdadero reactor del sistema es el microorganismo. Son ellos, quienes en función de las condiciones que le sean dadas, degradarán la materia orgánica, que constituye la contaminación.

#### - **Crecimiento microbiano vs eliminación de sustrato**

La carga orgánica de un agua residual se debe eliminar, ya que ésta disminuye la disponibilidad de oxígeno para los seres que habitan en los cuerpos de agua, debido a que compiten con ellos por el oxígeno que se necesita para su degradación. Esta materia orgánica es también el alimento de los microorganismos presentes en los tratamientos biológicos y será degradada por ellos con mayor o menor eficiencia, dependiendo de las condiciones que les sean dadas producto del diseño del sistema. Un sistema biológico de tratamiento debe considerar fundamentalmente: el equilibrio entre la concentración de sustrato y la población microbiana, el balance de masas (asegurar la presencia de nutrientes en el sistema) y las variables de diseño (tiempos de residencia, dimensiones del tanque, necesidades de aireación).

Dentro de los sistemas de tratamiento biológicos, éstos se pueden clasificar según el estado de los microorganismos en cultivos en suspensión, cultivos fijos y procesos combinados y según el metabolismo microbiano en sistemas aeróbicos, sistemas anóxicos (microorganismos anaerobios), sistemas facultativos.

- **Procesos aerobios**

En los procesos aerobios, los microorganismos requieren de la presencia de oxígeno para sus actividades metabólicas y por lo tanto para la degradación de la contaminación orgánica. Existen procesos aerobios fijos y en suspensión.

**Cultivos en suspensión**

Entre los procesos aeróbicos en suspensión el sistema más usado es el de fangos activados. Este consiste en una suspensión de microorganismos, vivos y muertos, activados por oxígeno y capaces de estabilizar la materia orgánica presente en el agua residual.

El proceso de lodo o fango activado se divide en 2 operaciones unitarias, aireación y clarificación. Durante la primera etapa, la materia orgánica del agua residual es convertida en tejido celular, al proporcionar oxígeno y agitación al sistema. En la clarificación, el sistema, ya en reposo propicia la formación de flóculos y la sedimentación de éstos, formados por los microorganismos y algunos sólidos.

El líquido sobrenadante ya puede ser eliminado sin ocasionar problemas al medio ambiente, pues sus parámetros se encuentran dentro de las normas. Una fracción de los sólidos sedimentados son recirculados al tanque de aireación. La otra parte, puede ser sometida a tratamientos independientes, como digestión aerobia o anaerobia, o dispuestos como desechos sólidos. El proceso de fangos activados, en ocasiones ha sido modificado para mejorar eficiencias o disminuir costos, pero básicamente el principio es el mismo.

### **Cultivos fijos**

En los cultivos fijos, la masa microbiana no se encuentra libre dentro de un reactor agitado, sino adherida a una superficie, por donde va escurriendo el agua residual. El oxígeno lo toman del ambiente y los nutrientes del agua. Entre los cultivos fijos, los más conocidos son los filtros percoladores y los biodiscos o filtros rotatorios de contacto.

#### **- Procesos Anaerobios**

Entre los procesos anaerobios el más común es la digestión anaerobia, que se utiliza para la estabilización de los lodos provenientes de la planta de tratamiento biológico.

### **3.5.3. Tratamientos terciarios <sup>(16)</sup>.**

En el tratamiento terciario se emplean combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias, con el fin de eliminar otros componentes, tales como el nitrógeno y el fósforo (nitrificación, desnitrificación y eliminación de fósforo), cuya reducción con un tratamiento secundario no es significativa.

Durante los últimos 40 años, en los países desarrollados se ha triplicado el número de plantas de tratamiento al servicio de los municipios y comunidades y en las instalaciones industriales. En nuestro país aún tenemos un alto nivel de contaminación ocasionado por los vertidos industriales y domésticos a nuestros cursos de agua, producto de la escasa aplicación de tecnologías limpias a los procesos y a que sólo un 13% de las industrias descargan sus vertidos con un tratamiento previo.

Debemos implementar las soluciones antes de que la pérdida económica del país producto de la contaminación sea mayor, considerando en nuestros

procesos productivos, alternativas más "limpias" para minimizar los desechos generados, pero también dándole tratamiento a aquéllos que no pudieron ser evitados y deben ir a parar a nuestros ríos.

### **3.6. PRUEBAS PARA AGUAS RESIDUALES <sup>(3)</sup>.**

En general, las pruebas incluidas en el análisis de aguas negras o crudas, efluentes de planta de tratamiento y aguas contaminadas, están dentro de alguna de las siguientes categorías que se superponen en mayor o menor grado:

Pruebas que miden o reflejan la concentración de las aguas negras:

- a) Pruebas para determinar la materia sólida en sus varios estados; de aquí la ofensividad de las aguas negras al sentido de la vista (sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, grasa, y en el caso de los efluentes de plantas, turbidez).
- b) Pruebas para materia orgánica y, en vista de la putrescibilidad de la materia orgánica, para la ofensividad potencial de las aguas residuales al sentido del olfato (componentes volátiles de los sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), sulfuros, nitrógeno orgánico, olor, surfactantes y grasas). En conjunto, estas pruebas miden o reflejan la concentración de las aguas negras en relación con los sólidos y materia orgánica.

Pruebas que miden la composición de las aguas negras con respecto a las sustancias o tipo de sustancias específicas, además de las incluidas en el párrafo precedente:

- a) Pruebas para las diversas formas de nitrógeno-amoniaco, orgánico (Kjeldahl), nitritos y nitratos.
- b) Pruebas para fosfatos y otras sustancias fertilizantes.
- c) Pruebas para oxígeno disuelto, cloruros, sulfuros, acidez y alcalinidad.
- d) Pruebas para radioactividad y sustancias radioactivas.
- e) Bioensayos para residuos tóxicos agudos.

Pruebas que miden la condición de las aguas negras y que explican el progreso de la descomposición de las sustancias orgánicas en las aguas residuales, efluentes y aguas receptoras:

- a) Pruebas físicas, químicas, bioquímicas oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) (incluyendo estabilidad relativa), demanda química de oxígeno (DQO), sulfuros, olor, nitrógeno en sus diversas formas, valor de pH, y temperatura.
- b) Pruebas biológicas: crecimiento de indicadores microscópicos y macroscópicos de contaminación y bacterias (incluyendo organismos coliformes).

Pruebas referentes a los procesos de tratamiento:

- a) Más comúnmente pruebas para la remoción de sólidos en suspensión y sedimentables, y para demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y demanda química de oxígeno (DQO), y otras pruebas como las de nitrógeno en sus diversas formas.
- b) En conexión con la desinfección, y más significativamente, pruebas para demanda de cloro, valor de pH, y cloro activo, así como pruebas bacteriológicas.
- c) Para los efluentes, y de mayor utilidad, pruebas para sólidos en suspensión, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno

(DBO<sub>5</sub>), y demanda química de oxígeno (DQO) y, posiblemente, en lugar de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) la estabilidad relativa.

Pruebas funcionales, entre ellas, por ejemplo.

- a) Pruebas de demanda de cloro.
- b) Pruebas para demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que es, en sí misma, una prueba funcional que predice los requerimientos de oxígeno de los efluentes y la degradabilidad de sustancias específicas como detergentes sintéticos, especialmente cuando se emplean muestras del agua receptora para hacer las diluciones necesarias.
- c) Pruebas para la velocidad de la demanda de oxígeno de las aguas negras, crudas y clarificadas, es decir, a continuación del tratamiento primario.
- d) Pruebas para la coagulación óptima.
- e) Pruebas para la adsorción o desalinización por intercambio iónico en renovación de aguas (algunas veces llamado tratamiento terciario, es decir, subsecuente al tratamiento secundario biológico o de otro tipo.

### **3.7. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES** <sup>(15)</sup>.

Es el conjunto de reservorios y estructuras a donde fluyen las aguas residuales para su tratamiento. Cuando las aguas negras son conducidas hasta estas instalaciones especiales son tratadas mediante diferentes procesos químicos físicos y biológicos, consiguiendo así un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad tomando como base ciertos parámetros normalizados.

### **3.8. ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO UBICADA EN LA CIUDAD DE SUCHITOTO <sup>(8)</sup>.**

En el esquema de conjunto (ver anexo N° 1) se muestra el grupo de las unidades que forman la planta de tratamiento. Los componentes de la planta o unidades de tratamiento son las siguientes:

- a) Pozo N° 1.
- b) Trampa de grasa y aceites.
- c) Canal de entrada, rejilla y desarenadores.
- d) Sedimentador primario.
- e) Filtro biológico.
- f) Sedimentador secundario.
- g) Digestor de lodos.
- h) Patios de secado.
- i) Fosa séptica para líquidos de lodos.
- j) Sistema de cloración.
- k) Pozo N° 2.
- l) Paso aéreo de colector de descarga de barrio Concepción
- m) Invernadero para re-uso de subproductos.
- n) Barreras automáticas, by pass para evacuación de excedentes de aguas lluvias, cercado perimetral, caseta de control, cajas u tuberías de conexión.

El volumen promedio diario de tratamiento para los primeros 5 años de funcionamiento de la planta se estima en 600 m<sup>3</sup> al día, lo cual genera un caudal promedio diario de 6.5 – 7.0 litros/segundo, los cuales se generan por las diferentes actividades domésticas y comerciales que se desarrollan en los barrios: La Cruz, El Centro, El Calvario, Santa Lucía, San José, Concepción y

nuevas colonias que progresivamente han venido incorporándose al sistema de alcantarillado sanitario de Suchitoto.

Durante la época lluviosa incrementa un poco el volumen de aguas tratada, debido a ciertas descargas que en algunas viviendas se hace de las aguas lluvias hacia el sistema de alcantarillado sanitario, lo cual gradualmente está siendo controlado por Empresa Municipal Administradora Suchitotense de Agua potable y Alcantarillados (EMASA).

El porcentaje de eficiencia esperado, para la depuración de la calidad de las aguas residuales, se estima en un rango de 80-90%, para lo cual juega un papel primordial el tipo de tratamiento (biológico) y la efectividad en los diferentes procesos de operación y mantenimiento.

Es importante hacer mención de la iniciativa desarrollada en la planta de tratamiento a través de la implementación de un vivero de hortalizas, haciendo uso de los subproductos que el proceso de tratamiento genera: lodos y agua tratada.

### **3.9. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TIPO DE TRATAMIENTO <sup>(8)</sup>.**

El sistema de tratamiento implementado es conocido en el medio como de filtros percoladores, es decir que el proceso biológico que se desarrolla en el interior del filtro genera las condiciones de degradación de la materia orgánica, inevitablemente presente en las aguas residuales de tipo doméstico, además de otros procesos físicos como separación de grasas y arenas, sedimentación, digestión, estabilización y deshidratación de lodos, entre otros, los cuales son complementarios y ayudan a la separación de las aguas residuales en dos fases o sub productos, por un lado la fase líquida o agua tratada y por otro la

fase sólida o lodo mejorador de suelo con alto contenido de nutrientes para el desarrollo de actividades agrícolas.

El flujo del agua dentro de la planta es constante y específico para cada época del año, debido a que se trata de aguas residuales de tipo ordinario (aguas de uso doméstico, que son constantes en todo el año) el caudal en promedio varía entre 186 m<sup>3</sup> a 736 m<sup>3</sup> por día en época seca.

Una de las principales ventajas del proceso de tratamiento es que se desarrolla por gravedad, es decir, que el flujo de unidad a unidad no requiere de equipos electromecánicos ni de otro tipo, sino que la naturaleza nos ayuda en todo sentido, pudiendo mencionar entre otras bondades: procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica contenida en las aguas residuales, se genera alimento para diferentes variedades de aves nativas y migratorias, devolvemos a la naturaleza diversos subproductos que pueden tener un reuso, como por ejemplo lodo deshidratado (mejorador de suelo) y aguas tratadas que pueden reusarse para fines de riego agrícola.

Como tecnología apropiada en la depuración de aguas residuales, este tipo de planta aplica y puede ser retomada para implementar en otras zonas que necesiten tomar acciones concretas en beneficio de la salud de la población y medio ambiente.

### **3.10. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO <sup>(8)</sup>.**

#### **3.10.1. Pozo N° 1 (ver anexo N° 1).**

Este pozo recibe los afluentes de los dos sectores del pueblo. A este pozo llegan dos descargas de agua cruda; una que colecta todas las aguas de los

barrios La Cruz, Santa Lucía, El Calvario, El Centro y San José, y la otra parte que trae las aguas del sector de Barrio Concepción, teniendo que pasar la quebrada Acupa o San Juan a través de un paso aéreo o puente colgante. Este pozo tiene una profundidad promedio de 5 metros.

Las aguas que aquí llegan se conocen como crudas, es decir, sin tratamiento alguno, las cuales, antes de la construcción de la planta eran descargadas a la quebrada, generando elevados índices de contaminación y creando condiciones adversas a la salud de la población que se benefician de las aguas de la quebrada.

En el interior de dicho pozo hay una tubería de rebose, la cual cumple con la función de by pass para la evacuación de excedentes de aguas lluvias, la cual es la infraestructura que ayuda a evitar que grandes cantidades de agua ingresen a la planta de tratamiento. Este fenómeno puntual ocurre cuando hay grandes tormentas y de esta forma se protege la biología de la planta y la vida útil de las unidades. Consiste en una tubería plástica de 10 pulgadas que se conecta al pozo N° 1 y que descarga en una canaleta triangular de evacuación de aguas lluvias, pasando antes por un dissipador de energía de mampostería de piedra, para quitarle fuerza al agua.

### **3.10.2. Trampa de grasas y aceites (ver anexo N° 1).**

Es la unidad en la cual se desarrolla la separación, en gran porcentaje, de las grasas y aceites que inevitablemente están presentes en las aguas crudas debido a diversas actividades de lavado de utensilios de cocina y otras actividades relacionadas a la preparación de alimentos. Para el proceso de tratamiento que en la planta se desarrolla, las grasas inciden negativamente en

la actividad biológica de descomposición de la materia orgánica, por tal razón es necesario separarlas lo más que se pueda.

Es una estructura de concreto con dimensiones internas de 1.80 x 3.10 x 1.70 metros de altura promedio. No tiene ninguna pared intermedia ni otra estructura. Es para un horizonte de diseño de 20 años, lo cual está amarrado a que el crecimiento de la población se comporte de acuerdo a lo proyectado, por lo que dichas variables están estrechamente relacionadas.

Por ser una estructura cerrada y ubicada bajo los árboles se generan una temperatura baja dentro de ella (comparada con el ambiente) lo cual ayuda a que las grasas se consoliden con más facilidad. En la entrada y salida del caudal están colocados accesorios adecuados, para crear las condiciones favorables de flujo, evitar arrastre de partículas y mejor monitoreo periódico.

### **3.10.3. Canal de entrada, rejilla y desarenadores** (ver anexo N° 1).

Es el nombre que recibe la unidad de forma alargada y poco profunda que recibe el flujo de la trampa de grasas y aceites. Su función específica (de la rejilla) es retener sólidos de gran tamaño (plásticos, cabello acumulado, y todo tipo de desechos sólidos como toallas sanitarias, preservativos, pequeños juguetes, pajillas, etc.), es movable y hay que limpiarla de una a dos veces al día y los desechos que se extraen se ponen a secar en la plancha de concreto con agujeros, para luego enterrarlos.

Posteriormente están dos canales de 7 metros de longitud cada uno por 30 cm de ancho, con una profundidad de 12 cm en promedio y una pendiente muy baja (0.5%), en el fondo de ellos se sedimentan las partículas finas de arena, materia orgánica pesada y otras partículas gruesas capaces de sedimentar a

una velocidad de asentamiento de 0.3 m/s, es decir todas aquellas partículas para las cuales no se necesitan periodos de retención prolongados para que puedan sedimentar, tales como las arenas principalmente. Es necesaria su limpieza diaria y trabajan alternadamente, es decir, uno por día. Al final de recorrido por cada canal desarenador hay un estrangulamiento de concreto, para reducir la velocidad de las aguas y favorecer el asentamiento de partículas aguas en el canal.

En el tramo final de la unidad se tiene un vertedero metálico triangular movable para la lectura diaria del caudal que ingresa a la planta. En él se hacen lecturas de altura de tirante de agua para conocer de forma indirecta el caudal. La longitud total de esta estructura de concreto es de 17 metros. La finalidad del canal desarenador es separar principalmente aquellos componentes que tienen un efecto negativo en los procesos biológicos y que podrían representar una carga inútil o carga muerta en el filtro biológico y en el digester de lodos. El dimensionamiento de los separadores de sólidos son para un horizonte de 20 años.

#### **3.10.4. Sedimentador primario** (ver anexo N° 1).

Es una unidad cónica enterrada, la cual cumple con la función de retener y separar las partículas o sólidos de las aguas residuales crudas que se encuentran en suspensión y que son capaces de sedimentar por acción de su propio peso o por la biofloculación entre ellos durante un periodo de retención de 2 horas. Estas partículas son depositadas en el fondo cónico del sedimentador, en donde por acción de las bacterias presentes son descompuestos y transformadas en lodos putrescibles.

Durante este proceso de descomposición de los sólidos a lodos hay una liberación de gases producidas por bacterias anaerobias, que ascienden hacia la superficie arrastrando durante este trayecto parte de los sólidos suspendidos o en proceso de sedimentación, formando una capa de natas en la superficie de esta unidad, los que pueden ser transportados hacia el sistema de filtración, pudiendo ocasionar una pérdida de carga considerable en los filtros. Para evitar este fenómeno se ha instalado un cincho metálico perimetral.

Es una estructura de concreto (diseñada para un horizonte de 10 años) (ver anexo N° 2), la cual rápidamente se describe así: diámetro interno del cono de 9 metros, profundidad al centro de 5.60 metros, el flujo ingresa en el centro del cono en forma ascendente desde el canal desarenador por una tubería de PVC de 8 pulgadas, tiene una estructura cuadrada de mamparas o paredes de concreto al centro de 3 x 3 metros, la cual funciona como pantalla deflectora, la cual obliga al flujo de agua hacer un recorrido vertical descendente y luego ascendente, para que las partículas de peso específico mayor que el agua se depositen al fondo del cono. El agua tiende a rebosar y es colectada en una canaleta perimetral de 30 cm de ancho. Antes de ingresar a la canaleta se tiene un cincho metálico perimetral, el cual detiene los sólidos flotantes, espumas y grumos superficiales que se forman y que no deben pasar a la siguiente unidad de tratamiento.

El sistema de limpieza de los lodos depositados al fondo a través de un sistema de tubería y una válvula, la cual se opera manualmente de cada día (de una a dos veces) y conduce los lodos hacia el digestor. El principio de funcionamiento del sistema de evacuación de lodos consiste en que por la acción de la presión atmosférica sobre la superficie del agua del sedimentador existe una carga constante que tiende a empujar los residuos del fondo y basta con manipular la válvula para que inicie el proceso de evacuación y limpieza. Contiguo a la

estructura que alberga dicha válvula está una baja de inspección de la calidad de la descarga, para monitorear la tonalidad del flujo y su viscosidad.

### **3.10.5. Filtro biológico** (ver anexo N° 1).

El filtro biológico es una estructura de concreto (ver anexo N° 2) reforzado y paredes de bloque de concreto que desarrolla un papel vital en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Ya que las rocas volcánicas colocadas dentro de él sirven de albergue para la microbiología que se nutre, vive y se desarrolla de la madre orgánica contenida en las aguas residuales; tiene un canal distribuidor en el costado sur, el cual alimenta a las 24 vigas canal que distribuyen uniformemente el flujo por toda la superficie, originándose además en la caída hacia el lecho rocoso la oxigenación del agua.

Las dimensiones internas de esta estructura son 20 metros de largo x 6.80 metros de ancho x 3.80 metros de profundidad, diseñado para un horizonte de 10 años. La piedra no tiene contacto directo con el fondo del filtro, sino que existe un espacio libre de 20 cm (llamado fondo falso) para que las aguas sean colectadas y conducidas hacia la siguiente unidad. El medio filtrante posee un espesor de 3.20 metros. Las vigas de concreto son de 6.80 metros de largo x 40 cm de ancho x 30 cm de espesor o grosor y tienen en ambos extremos laterales una lámina metálica dentada para favorecer el vertido del flujo hacia el lecho rocoso. Esta unidad recibe el flujo del sedimentador primario, antes de ingresar al filtro biológico, dicho flujo pasa por una caja disipadora de energía con objeto de disminuirle la turbulencia al flujo.

En el lecho filtrante se toma también una capa biológica o zooglea, que es la responsable de la disminución del contenido orgánico de las aguas. Debido al ambiente adecuado que ofrece el lecho filtrante para el desarrollo de los

microorganismos, el crecimiento de esta zooglea es bastante significativo; sin embargo, la colmatación del lecho es controlado por un equilibrio natural que se da en él, ya que existen organismos mayores que no se alimentan de la materia orgánica, sino de la zooglea, por lo tanto, no se realiza ninguna actividad de limpieza en el lecho filtrante. De esta manera, un filtro biológico, en correcta operación, se mantienen limpios y no se encharca, y la superficie del medio filtrante deberá tener una apariencia verdosa.

### **3.10.6. Sedimentador secundario** (ver anexo N° 1).

Físicamente, el sedimentador secundario tiene las mismas dimensiones que el primario y su función específica es retener las partículas sólidas que se hayan filtrado en la unidad previa, para luego sedimentarse en el fondo del tanque cónico, dichas partículas solidad son el producto del desprendimiento de la capa bacterial del medio filtrante.

Esta unidad recibe las aguas filtradas producto de la acción biológica que se desarrolla en el filtro. Su función es “primaria”, pero recibe el nombre de “secundaria” debido a su posicionamiento del proceso de tratamiento.

Para conocer sobre sus dimensiones referirse a lo relativo al sedimentador primario. El período de diseño es para 10 años. La operación de extracción de lodos de este sedimentador es menos frecuente que la del primario, por lo que el volumen diario producido es menor que en el primario. La coloración de las aguas del sedimentador secundario es diferente a la del primario, siendo en el secundario de tono más verdoso oscuro (ver anexo N° 2) y en el primario, de café claro a gris (ver anexo N° 2).

### **3.10.7. Fosa séptica** (ver anexo N° 1).

La fosa séptica cumple un papel muy importante en el proceso de tratamiento, el cual consiste en que dentro de ella se genera la sedimentación y digestión de los sólidos suspendidos en el agua y puede considerarse como un tratamiento primario antes de su disposición final en la quebrada. El proceso que se desarrolla dentro de la fosa es de tipo biológica.

Quedando las aguas en reposo dentro de la fosa, se efectúa la sedimentación (lecho inferior) y la formación de natas (lecho superior); con el tiempo se reduce el volumen de los sedimentos y de las natas y su carácter ofensivo tiende a desaparecer; el agua intermedia entre el sedimento y la nata se va convirtiendo en un líquido clarificado. Lo anterior se debe a que privada la masa total del aire y de la luz se favorece la vida y reproducción de microorganismos que proliferan en un ambiente desprovisto del oxígeno del aire. Estos microorganismos toman los elementos necesarios para su existencia de la materia orgánica existente en las aguas residuales, destruyendo su estado sólido y convirtiéndolo en líquidos y grasas, en una tendencia favorable a reducir las formas peligrosas de dicha materia a productos minerales inofensivos.

A esta microbiología se les llama anaerobias y el proceso que verifican es la putrefacción de las materias contenidas en las aguas residuales llamado "proceso séptico". Con el cambio sufrido, las aguas se convierten a una condición tal que, si se ponen en contacto con el aire rápidamente se oxidan y se transforman en inofensivas, en este cambio intervienen otras bacterias que tienen su medio de vida en el aire, por lo que se llaman aerobias. Las dimensiones internas libres de la fosa son las siguientes: 1.80 metros x 3.40 metros x 1.80 metros de altura

### **3.10.8. Sistema de cloración** (ver anexo N° 1).

El sistema de cloración es la última unidad de tratamiento de la fase líquida, antes de su disposición final en la quebrada Acupa o San Juan. El objetivo de su funcionamiento destruir las bacterias patógenas del efluente (en gran porcentaje), con la aplicación de compuestos de cloro y asegurar el manejo controlado de las aguas residuales tratadas a ser reutilizadas en el riego de campos agrícolas u otros usos proyectados. Es un tanque rectangular de concreto con paredes intermedias para lograr una mejor mezcla de cloro con las aguas tratadas, al desarrollarse un flujo vertical ascendente y descendente en forma de onda, con un tiempo de retención de 15 minutos. Recibe las aguas del sedimentador secundario y de él salen hacia el pozo N° 2, el cual lleva el efluente o descarga final de la fase líquida (aguas tratadas).

Las dimensiones internas libres son 6 metros de largo x 2.80 metros de ancho con una profundidad total de 2.50 metros en promedio. La columna de líquido que se mantiene en él es de 1.45 metros. Las paredes intermedias son 8. Diseñado para un período de 20 años. En esta unidad está instalada la bomba manual de mecate para la extracción del agua tratada que será usada para riego de las plantas del invernadero de producción de hortalizas.

### **3.10.9. Pozo N° 2** (ver anexo N° 1).

Esta unidad recibe la descarga proveniente del sistema de cloración (aguas tratadas), además de la descarga puntual del sistema de cloración, cuando dicha unidad se somete a la actividad de limpieza. Las actividades que se desarrollan en esta unidad son únicamente de observación, extracción de objetos extraños y toma de muestras para análisis de aguas tratadas <sup>(8)</sup>.

### 3.11. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

#### 3.11.1. pH <sup>(2)</sup>.

La medida de pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en los análisis químicos del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en muchos otros equilibrios ácido-base.

A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrógeno o pH. La alcalinidad y acidez son las capacidades neutralizantes de ácidos y bases de un agua, y normalmente se expresan como miligramos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por litro. La capacidad tampón es la cantidad de ácido o base fuerte, normalmente expresada en moles por litro, necesaria para cambiar el valor de pH de 1 L de muestra en 1 unidad. El pH se define como el  $-\text{Log} [\text{H}^+]$ ; es el factor de «intensidad» o acidez.

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  presentes en determinadas sustancias. La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua). El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de

hidrógeno. La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH.

### **3.11.2. Temperatura (2).**

La lectura de cifras de temperaturas se utiliza en el cálculo de diversas formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de la salinidad y en las operaciones generales de laboratorio. En los estudios limnológicos, con frecuencia se requieren temperaturas de agua en función de la profundidad. Las temperaturas elevadas, consecuencia de descargas de agua calentada, pueden tener un impacto ecológico significativo. A menudo, la identificación de la fuente de aporte hídrico, como en los manantiales profundos, sólo es posible efectuando medidas de temperatura. Las plantas industriales suelen pedir datos de temperatura del agua para uso sistemático o cálculos de transmisión de calor.

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor.

Normalmente, las medidas de temperatura pueden realizarse con cualquier termómetro Celsius de mercurio que, como mínimo deberá tener una escala con marcas cada 0.1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima

que permita un equilibrio rápido. Compruébese periódicamente con un termómetro de precisión certificado por el National Institute of Standards and Technology (NIST, antes National Bureau of Standards), que se utiliza con su certificado y cédula de corrección. Para operaciones de campo, utilícese un termómetro con estuche metálico a fin de evitar roturas.

### **3.11.3. Sólidos sedimentables** <sup>(2)</sup>.

Los sólidos sedimentables se definen como una medida de turbulencia en el cuerpo de agua de donde proceden las muestras. También se pueden definir como la sedimentación de sólidos en suspensión. Los sólidos sedimentables están formados por las partículas más densas que el agua las cuales se mantienen dispersas dentro de ella en virtud de la fuerza causada por el movimiento o por la turbulencia de la corriente.

Su determinación se lleva a cabo con el fin de conocer el grado de turbulencia del agua ya que en cuanto esta se hace más grande es mayor su contenido en sólidos sedimentables, los cuales pueden determinar los procesos que se llevan a cabo en una planta de tratamiento, también se puede determinar la densidad de las partículas que son arrastradas.

El método estándar para medir los sólidos sedimentables en el campo o en el laboratorio consiste en la decantación de la muestra con el cono Imhoff donde se coloca un litro muestra fresca y se deja en reposo durante dos horas. Transcurrido ese tiempo se lee directamente en la graduación del cono Imhoff los mililitros de sólidos sedimentables. Los sólidos sedimentables de las aguas se superficie y salinas, así como de los residuos domésticos e industriales, pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de un peso (mg/L).

#### **3.11.4. Sólidos totales suspendidos (2)-**

Se definen como el material disuelto que se puede filtrar por medio de un filtro de asbesto. Los sólidos en suspensión están formado por partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal estos sólidos no se sedimentan cuando el agua está en reposo tal como ocurre con los sólidos sedimentables. Estos sólidos determinan en gran parte el color aparente del agua y la profundidad hasta la cual penetra la luz del sol, es decir la franja aeróbica y fotosintética ya que están estrechamente relacionados con la turbidez.

El procedimiento utilizado para la determinación de sólidos suspendidos es gravimétrico en el cual se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105 °C. El aumento del peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si este material obtura el filtro y prolonga la operación de filtrado, la diferencia entre el total de sólidos y el total de sólidos disueltos puede proporcionar un cálculo aproximado de los sólidos totales en suspensión.

Elimínese de las muestras las partículas gruesas flotables o los aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos, si se decide que su inclusión no es deseable en el resultado final. Puesto que un residuo excesivo sobre el filtro puede formar una costra hidrófila, límitese el tamaño de la muestra para que proporcione un residuo no mayor de 200 mg. Para las muestras ricas en sólidos disueltos, lávese meticulosamente el filtro para asegurarla eliminación del material disuelto. Los tiempos de filtración prolongados, consecuencia de la obturación del filtro, pueden originar resultados altos debido a una cantidad excesiva de sólidos capturados en el filtro obturado.

### 3.11.5. Demanda bioquímica de oxígeno (2).

La demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción, y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/L$ ). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

El objeto del ensayo consiste en medir la cantidad de oxígeno diatómico disuelto en un medio de incubación al comienzo y al final de un período de cinco días, durante el cual la muestra se mantiene al abrigo del aire, a 20 °C y en la oscuridad, para inhibir la eventual formación de oxígeno. Las condiciones de la medida, en las que el agua a estudiar está en equilibrio con una atmósfera cuya presión y concentración en oxígeno permanecen constantes, se acercan así a las condiciones reales de la autodepuración de un agua residual.

Para su determinación se dispone de métodos de dilución y métodos instrumentales que se derivan de métodos respirométricos que permiten seguir automáticamente la evolución de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) en el curso de oxidación de las materias orgánicas contenidas en el agua.

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación, y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se calcula mediante la diferencia entre

el oxígeno disuelto (OD) inicial y el final. Debido a que el oxígeno disuelto (OD) se determina inmediatamente después de hacer la dilución, toda la captación de oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos, se incluye en la determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

#### **6.11.6. Demanda química de oxígeno <sup>(2)</sup>.**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc.), que también se reflejan en la medida.

El procedimiento se basa en la oxidación de la materia utilizando dicromato potásico como oxidante en presencia de ácido sulfúrico e iones de plata como catalizador. La disolución acuosa se calienta bajo reflujo durante 2 h a 150 °C. Luego se evalúa la cantidad del dicromato sin reaccionar titulando con una disolución de hierro (II).

La demanda química de oxígeno (DQO) se calcula a partir de la diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato encontrado tras la oxidación. Basándose en el mismo principio se puede utilizar la espectroscopia ultravioleta-visible, mediante mediciones fotométricas del color producido por la reducción del dicromato a ion cromo (III) ( $\text{Cr}^{+3}$ ) posterior a la digestión.

### 3.11.7. Grasas y aceites (2).

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Las sustancias grasas se clasifican en grasas y aceites, dependiendo de su estado físico a temperatura ambiente (sólidos y líquidos, respectivamente). Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales. Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del  $\text{CO}_2$  del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles del oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar. Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética. La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extraíble con hexano.

Los aceites y grasas incluyen gran número de sustancias que tienen algunas características comunes como la insolubilidad en agua (pero son solubles en

ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno), la baja densidad y la baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido.

Se presentan dos métodos de extracción, el método soxhlet y el método semihúmedo tentativo; para completar una determinación por el método de soxhlet se requieren un periodo de 6 horas, mientras que el método semihúmedo tentativo solo demanda 2 horas; sin embargo, el tiempo de actividad del personal, es de una hora y media para ambos. De los dos, el método de soxhlet tiene la mayor precisión y exactitud. Se ha encontrado que ambos métodos conducen a resultados reproducibles con concentraciones de grasas hasta de 650 mg/L.

Los jabones metálicos solubles se hidrolizan por acidulación. Las grasas sólidas o viscosas que se absorben en el auxiliar de filtración, se separan por filtración, de la muestra líquida. Después de la extracción con triclorotrifluoroetano, se pesa el residuo que queda después de la evaporación del disolvente para determinar el contenido en aceite y grasa. Los compuestos que volatilizan a, o por debajo de, 103 °C se perderán cuando se seque el filtro.

#### **3.11.8. Coliformes totales y fecales <sup>(2)</sup>.**

El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, coliformes totales y coliformes fecales. El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa.

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa. Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 35 o 37 °C. Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas indican presencia de coliformes totales y se resiembra en un medio confirmativo más selectivo para identificar coliformes fecales. Se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos hasta por 48 horas a 44 °C.

Mediante tablas estadísticas (ver anexo N° 6) se lleva acabo él cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, organismos coliformes. Todo el material que se utiliza debe estar esterilizado con el objeto de que no exista contaminación externa. La esterilización del material se realiza en autoclave a 121 °C durante 20 minutos.

**CAPÍTULO IV**  
**DISEÑO METODOLÓGICO**

## 4. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. TIPO DE ESTUDIO

El estudio que se realizó fue de tipo Experimental, Prospectivo y Retrospectivo.

**Experimental:** porque se recolectaron las muestras y fueron llevados a un laboratorio para sus respectivos análisis.

**Prospectivo:** porque podrá servir como antecedente para trabajos sobre plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Retrospectivo:** la información recabada para esta investigación fue tomada de otros documentos oficiales, los cuales sirvieron de referencia para su finalización.

### 4.2. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Constituyó el punto de partida para el desarrollo de la investigación, para recolectar toda la información teórica referente al tema de estudio.

Se llevó a cabo en:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.
- Empresa Municipal Administradora Suchitotense de agua potable y alcantarillado (EMASA).
- Internet.

### **4.3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

#### **4.3.1. Universo**

El universo de investigación está constituido por todas las plantas de tratamiento de aguas residuales en El Salvador.

#### **4.3.2. Muestra dirigida puntual**

Planta de tratamiento de aguas ubicada en la ciudad de Suchitoto.

#### **4.3.3. Recorrido por la Planta de Tratamiento y recolección de datos.**

Para conocer el funcionamiento general se visitó la planta, que es administrada por la Empresa Municipal Administradora Suchitotense de Agua Potable y Alcantarillado (EMASA), donde se nos atendió, y se nos asignó a un trabajador encargado de la planta, el cual nos dio un recorrido, mientras nos explicaba el funcionamiento de cada unidad que la conformaba, haciendo énfasis en las unidades que tienen 10 años de vida útil, las cuales ya están bastante deterioradas, se nos mostraron algunos de los puntos críticos donde muestrear, que son el pozo N° 1 donde cae el agua cruda, y el pozo N° 2 donde cae el agua tratada.

#### **4.3.4. Recolección de muestras.**

La toma de muestra fue dirigida puntual, ya que se tomó en dos puntos diferentes de la planta uno cuando el agua entra a ella en el pozo N° 1 (agua cruda) y el otro cuando sale de esta en el pozo N° 2 (agua tratada). El muestreo se realizó en época seca y época lluviosa del año 2013, tomando una muestra en época seca y dos muestras en época lluviosa, cada vez se tomó una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada, haciendo un total de 6

muestras (3 de agua cruda y 3 de agua tratada). El muestreo en época seca se realizó solo una vez, ya que cuando se inició la investigación estaba finalizando dicha estación, mientras que para época lluviosa si se lograron tomar las dos muestras requeridas.

#### **4.3.5. Manipulación y transporte de las muestras.**

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos las muestras fueron tomadas en frascos de plástico de boca ancha de capacidad de un litro, a excepción de las muestras a las que se les determinará grasas y aceites que fueron tomadas en frascos de vidrio color ámbar; las muestras a las que se les determinaron los parámetros microbiológicos fueron tomadas en frascos de plástico de boca ancha estériles con capacidad de un litro; dichas muestras fueron transportadas en una hielera a una temperatura de refrigeración, aproximada a 4 °C, para sus respectivos análisis. Los resultados que se obtuvieron fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10) para verificar que la planta aún sigue depurando el agua.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, laboratorio acreditado por el OSA con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO ISO/IEC 17025:2005. Los parámetros microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. La toma de las muestras y los análisis se realizaron en época seca y en época lluviosa del año 2013.

## 4.4. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Material, equipo y reactivos para parámetros fisicoquímicos (ver anexo N° 2)

### 4.4.1. Medida de pH

#### Fundamento

Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones  $H^+$ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio.

#### Procedimiento

- Calibrar el electrodo con soluciones patrón (tampones) de pH conocido (Soluciones buffer pH 4 y pH 7).
- Lavar el electrodo con agua destilada.
- Colocar cierta cantidad de muestra de agua a analizar en un beaker.
- Colocar el pH-metro dentro del beaker con muestra.
- Proceder a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en el pH-metro.
- Lavar el electrodo con agua destilada.

### 4.4.2. Medida de la temperatura

#### Fundamento

Normalmente, las medidas de temperatura pueden realizarse con cualquier termómetro Celsius de mercurio que, como mínimo deberá tener una escala con marcas cada 0.1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que permita un equilibrio rápido.

#### Procedimiento

- Colocar cierta cantidad de muestra de agua a analizar en un beaker.

- Sumergir el termómetro en el interior del beaker con muestra de agua hasta una profundidad media.
- Esperar hasta lectura constante. Esta medida se realizó in situ.

#### **4.4.3. Sólidos sedimentables**

##### **Fundamento**

El método estándar para medir los sólidos sedimentables consiste en la decantación de la muestra con el cono Imhoff donde se coloca un litro muestra fresca y se deja en reposo durante dos horas. Transcurrido ese tiempo se lee directamente en la graduación del cono Imhoff los mililitros de sólidos sedimentables.

##### **Procedimiento**

- Llenar un cono de Imhoff con la muestra de agua bien homogeneizada, hasta la marca de 1 litro.
- Dejar sedimentar durante 45 minutos, removiendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación.
- Mantener en reposo durante 15 minutos más.
- Registrar el volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono. La determinación se expresa en mililitros de partículas sedimentadas por litro de muestra.

#### **4.4.4. Sólidos totales en suspensión**

##### **Fundamento**

El procedimiento utilizado para la determinación de sólidos suspendidos es gravimétrico en el cual se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105 °C en estufa. El aumento del peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si este material obtura el

filtro y prolonga la operación de filtrado, la diferencia entre el total de sólidos y el total de sólidos disueltos puede proporcionar un cálculo aproximado de los sólidos totales en suspensión.

## **Procedimiento**

### **Selección del filtro y tamaños de la muestra**

- Utilizar un filtro ancho para permitir el filtrado de una muestra de agua representativo. Esto es para muestras de aguas residuales no tratadas.

### **Preparación del disco de filtrado de fibra de vidrio**

- Insertar el disco con la cara rugosa hacia arriba en el aparato de filtrado.
- Hacer vacío con la ayuda de una bomba de vacío y lavar el disco con tres volúmenes sucesivos de 20 mL de agua destilada.
- Continuar succionando hasta eliminar todos los vestigios de agua.
- Quitar el filtro del aparato de filtrado y trasladarlo a una superficie de aluminio.
- Secar el crisol de Gooch en horno mufla a  $550 \pm 50$  °C. Enfriar en desecador. Proceder a pesar.
- Repetir el ciclo de secado, desecación y pesado, hasta peso constante.
- Conservar en desecador hasta su uso.

### **Análisis de la muestra**

- Montar el aparato de filtrado y el filtro e iniciar la succión.
- Humedecer el filtro con un poco de agua destilada.
- Filtrar el volumen medido de muestra de agua bien mezclada.
- Lavar con tres volúmenes de 10 mL de agua destilada.

- Succionar durante unos 3 minutos más, con bomba de vacío.
- Separar cuidadosamente el filtro del aparato, y trasladar a una superficie de aluminio.
- Proceder a separar el crisol y la combinación de filtro.
- Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecación y pesado hasta obtener peso constante, o hasta pérdida del 4% del peso previo o menor de 0.5 mg.

### **Cálculos**

$$\text{Sólidos totales (mg/litro)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Vol de Mx (mL)}}$$

Dónde:

A: peso de residuo seco + filtro (mg)

B: tara del filtro (mg)

#### **4.4.5. Demanda química de oxígeno (DQO)**

##### **Fundamento**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc.), que también se reflejan en la medida.

##### **Procedimiento**

- Agitar el reactivo para la demanda química de oxígeno que se encuentra en el fondo de la celda.

- Cuidadosamente, pipetear 2.0 mL de la muestra y colocarlos en la celda. Cerrar la celda y agitar vigorosamente a una temperatura caliente.
- Colocar la celda con la muestra de agua en el termorreactor por 2 horas a 148 °C.
- Dejar enfriar.
- Agitar la celda por 10 minutos.
- Disminuir la temperatura de la celda a aproximadamente 26 °C (temperatura ambiente).
- Colocar la celda en el fotómetro NOVA 60, leer en un rango 300 a 3500 mg/L COD.

#### **4.4.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

##### **Fundamento**

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación, y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto (OD) inicial y el final. Debido a que el oxígeno disuelto (OD) se determina inmediatamente después de hacer la dilución, toda la captación de oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos, se incluye en la determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

##### **Procedimiento**

- Tomar el pH de la muestra de agua, si está fuera del rango de 6.5 – 7.5 ajustarlo según convenga con hidróxido de sodio (NaOH 1N) o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N), tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más de 0.5%.

- Preparar el agua de dilución (ver anexo N° 4).
- Preparar un lote de frascos para demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por duplicado etiquetándolos de la siguiente manera: frascos para blancos de reactivos, muestras con su número correlativo, sus respectivas diluciones, fecha de siembra simiente control cuando esta se utilizó (para simiente control ver anexo N° 4)
- Medir los mililitros de muestra de agua equivalentes a cada porcentaje de muestra a sembrar directamente en el frasco de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), tomar en cuenta que la capacidad del frasco es más o menos 300 mL.
- Preparar los frascos para blancos agregando solo agua de solución hasta rebosar.
- Luego llenar los frascos conteniendo muestras con agua de dilución, si el pH de la muestra está en el rango de 6.5 – 7.5.
- Cuando el pH de la muestra de agua está fuera del rango de 6.5 – 7.5 sembrar el remanente de agua de dilución con simiente control (ver anexo N° 4) y llenar los frascos que lo necesitan.
- Cerrar los frascos herméticamente, descartar el sello hidráulico, homogenizar y verificar que no queden burbujas de aire para evitar error en las mediciones.
- Incubar a  $20 \pm 1$  °C por 5 días los duplicados de cada frasco preparado.
- Destapar el otro set de frascos y agregar sucesivamente 2 mL de sulfato manganoso y 2 mL de álcali ioduro azida.
- Cerrar los frascos herméticamente y descartar el remanente que queda alrededor del tapón.
- Mezclar las muestras invirtiendo varias veces los frascos, sedimentar hasta que el floculo formado haya sedimentado hasta la mitad del volumen del frasco, repetir esta acción dos veces.

- Destapar todos los frascos y agregar 2 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado.
- Cerrar herméticamente todos los frascos, descartar el remanente que queda alrededor del tapón. Mezclar invirtiendo varias veces hasta la dilución del floculo formado.
- Preparar una probeta de 100 mL. El criterio para seleccionar el volumen de muestra a titular es: titular un volumen correspondiente a 200.0 mL de muestra, tras corregir la pérdida de volumen por desplazamiento debido a los reactivos agregados, en total 4 mL (2 mL de sulfato manganoso y 2 mL de álcali ioduro azida).
- Para el caso del frasco de DBO de 300 mL hacer el cálculo de la siguiente manera: destapar todos los frascos de DBO y con una probeta de 100 mL medir 97 mL de solución de cada frasco de 300 mL de DBO descartarlos, repetir para cada uno de los frascos.
- Introducir en cada frasco para DBO conteniendo 203 mL de solución una barra agitadora.
- Preparar una bureta, llenándola con el titulante y desgasificar en ultrasonido, llevar a cero y titular con tiosulfato de sodio 0.025 N agitando continuamente hasta un color amarillo pálido, agregar 1 mL de solución de almidón y continuar valorándose hasta la primera desaparición del color azul.
- Anotar los mililitros de tiosulfato de sodio 0.025 N consumidos en cada titulación.
- Después de 5 días de incubación, retirar de cada frasco el sello hidráulico, sacar los frascos de la incubadora.
- Determinar el oxígeno en los literales 16 hasta 19.

#### **4.4.7. Grasas y aceites**

##### **Fundamento**

Los jabones metálicos solubles se hidrolizan por acidulación. Las grasas solidas o viscosas que se absorben en el auxiliar de filtración, se separan por filtración, de la muestra liquida. Después de la extracción con triclorotrifluoroetano, se pesa el residuo que queda después de la evaporación del disolvente para determinar el contenido en aceite y grasa. Los compuestos que volatilizan a, o por debajo de, 103 °C se perderán cuando se seque el filtro.

##### **Procedimiento**

- Transferir el volumen de 1 litro de muestra de agua en un frasco de boca ancha, previamente calibrado a 1 litro. Acidular a pH 2 o inferior; por lo general son suficientes 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado.
- Preparar un filtro que se forma con un disco de tela de muselina al que se sobrepone un disco de papel filtro. Humedecer el papel y la muselina y se prensan bien en las orillas. Con la aplicación de vacío, pasar a través del filtro 100 mL de la suspensión auxiliar de filtración (ver anexo N° 4) y lavar con un litro de agua destilada. Seguir aplicando el vacío hasta que no escurra más agua el filtro.
- Filtrar la muestra acidulada a través del filtro preparado. Seguir aplicando vacío hasta que no escurra más agua por el filtro.
- Por medio de unas pinzas pasar el papel filtro a un vidrio de reloj y agregar el material que se adhiera en las orillas de la tela de muselina.
- Limpiar los lados y el fondo del envase de muestra, lo mismo que el agitador y el embudo buchner, con pedazos de papel filtro empapado en disolvente, teniendo cuidado de remover toda la película que se deba a la grasa y de recoger todos los materiales sólidos. Los pedazos de papel filtro se agregan al papel filtro del vidrio de reloj. Se enrolla todo el papel

del filtro que contenga muestra y colóquelo en un dedal de extracción de papel. Añadir cualquier resto de materia que quede en el cristal de reloj.

- Limpiar el vidrio de reloj con un papel de filtro empapado en disolvente y colocarlo en el dedal de extracción del papel.
- Secar el dedal con el papel filtro en estufa a 103 °C por 30 minutos. Llenar el dedal con perlas de ebullición. Pesar el matraz de extracción, armar el aparato de extracción soxhlet empleando triclorotrifluoroetano como disolvente, extraer la grasa a una velocidad de 20 ciclos por hora, durante 4 horas a partir del primer ciclo.
- Destilar el disolvente del matraz del extractor, colocar el matraz en baño maría a 70 °C durante 15 minutos y extraírase aire aplicando el vacío durante el último minuto.
- Enfriar en desecador por 30 minutos y se pesa.

### Cálculos

$$\frac{\text{mg de aceite y grasa}}{L} = \frac{(A-B)*100}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde:

A: ganancia total del peso del matraz tarado.

B: residuo calculado del blanco del disolvente.

## 4.5. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Material, equipo y reactivos para parámetros microbiológicos (ver anexo N° 5)

### 4.5.1. Coliformes totales y fecales

#### Fundamento

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa. Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 35 o 37 °C. Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas indican presencia de coliformes totales y se resiembra en un medio confirmativo más selectivo para identificar coliformes fecales. Se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos hasta por 48 horas a 44 °C. Mediante tablas estadísticas (ver anexo N° 6) se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes.

#### Procedimiento

- Agitar las muestras de agua vigorosamente por inversión unas 25 veces antes de ser analizadas, para asegurar una buena homogenización.
- Realizar diluciones de la muestra, tomando 10 mL de muestra en 90 mL de agua peptonada, así sucesivamente hasta una dilución de  $10^6$  para aguas crudas y para aguas tratadas realizar diluciones hasta  $10^5$  (ver anexo N° 9).
- Preparar tres series de 5 tubos (15), colocarlos en una gradilla y codificar los tubos anotando el número asignando a la muestra.
- Inocular 10.0 mL del agua a analizar en 5 tubos con caldo LMX de concentración doble (ver anexo N° 9).

- Inocular 1.0 mL del agua a analizar en 5 tubos con caldo LMX de concentración simple (ver anexo N° 9).
- Inocular 0.1 mL del agua a analizar en 5 tubos con caldo LMX de concentración simple (ver anexo N° 9).
- Incubar los tubos durante 24 a 48 horas a 35 °C. Los tubos positivos (con viraje de color), indican presencia de coliformes totales.
- De los tubos positivos hacer resiembra a Caldo EC, que contiene la campana de Durham, e incubar a 44.5 °C (baño maría) durante 24 a 48 horas, observar los tubos con turbidez y presencia de gas en la campana de Durham, indica prueba positiva para coliformes fecales.

Nota: se emplearon las tablas del NMP (ver anexo N° 6) para reportar los resultados y comparar con Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10).

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS**

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos que se realizaron a las muestras de agua cruda y tratada de la planta de tratamiento de la ciudad de Suchitoto, estas determinaciones fueran hechas en el Laboratorio fisicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, los valores obtenidos fueron comparados con la Norma Oficial Salvadoreña para aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).

Tabla N° 1: Resultados de los parámetros fisicoquímicos realizados a la planta de tratamiento (ver anexo N° 5).

Parámetros fisicoquímicos	T (°C)	pH	SS (mL/L)	STS (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Grasas y aceites (mg/L)
<b>24/04/2013</b>							
Agua cruda	30 °C	7.42	9.0 mL/L	344 mg/L	635 mg/L	377 mg/L	12.9 mg/L
Agua tratada	31 °C	7.32	<0.2 mL/L	36 mg/L	347 mg/L	128 mg/L	3.6 mg/L
<b>29/05/2013</b>							
Agua cruda	29 °C	7.59	5.0 mL/L	464 mg/L	925 mg/L	415.33 mg/L	4.0 mg/L
Agua tratada	30 °C	7.04	<0.2 mL/L	112 mg/L	300 mg/L	112.67 mg/L	2.0 mg/L
<b>26/06/2013</b>							
Agua cruda	28 °C	7.68	2.0 mL/L	184 mg/L	823 mg/L	418 mg/L	20.7 mg/L
Agua tratada	28 °C	7.24	0.4 mL/L	16 mg/L	197 mg/L	54 mg/L	2.4 mg/L
<b>Norma CONACYT (NSO.13.49.01:09)</b>	<b>20-35 °C</b>	<b>5.5-9.0</b>	<b>1.0 mL/L</b>	<b>60 mg/L</b>	<b>150 mg/L</b>	<b>60 mg/L</b>	<b>20 mg/L</b>
<b>Método</b>	2550	4500-H <sup>+</sup>	2540F	2540D	5220	5210	5520
<b>Referencias</b>	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y aguas residuales, 17 <sup>th</sup> Ed.						

Época seca:

Época lluviosa:

Resultados que se encuentra fuera de la Norma Salvadoreña Obligatoria:

## 5.2. Resultados de parámetros microbiológicos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos que se realizaron a las muestras de agua cruda y tratada de la planta de tratamiento de la ciudad de Suchitoto, estas determinaciones fueron hechas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia, los valores obtenidos fueron comparados con la Norma Oficial Salvadoreña para aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).

Tabla N° 2: Resultados de los parámetros microbiológicos realizados a la planta de tratamiento (ver anexo N° 5).

Parámetros microbiológicos	T (°C)	pH	Conteo de coliformes totales	Conteo de coliformes fecales
<b>24/04/2013</b>				
Agua cruda	30 °C	7.42	5x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	3x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	31 °C	7.32	2x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	5x10 <sup>5</sup> NMP/100 mL
<b>03/06/2013</b>				
Agua cruda	29 °C	7.59	5x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	1.4x10 <sup>8</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	30 °C	7.04	3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL	3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
<b>01/07/2013</b>				
Agua cruda	28 °C	7.68	1.7x10 <sup>8</sup> NMP/100 mL	3.3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	28 °C	7.24	1.6x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL	1.6x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
<b>Norma CONACYT (NSO.13.49.01:09)</b>	<b>20-35 °C</b>	<b>5.5-9.0</b>	<b>&lt; 1x10<sup>4</sup> NMP/100 mL</b>	<b>&lt; 2x10<sup>3</sup> NMP/100 mL</b>
<b>Método</b>	2550	4500-H <sup>+</sup>	Tubos múltiples	
<b>Referencias</b>	NSO.13.49-01:09 Para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.			

Época seca: 

Época lluviosa: 

Resultados que se encuentra fuera de la Norma Salvadoreña Obligatoria: 

**CAPÍTULO VI**  
**DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Discusión de resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos.

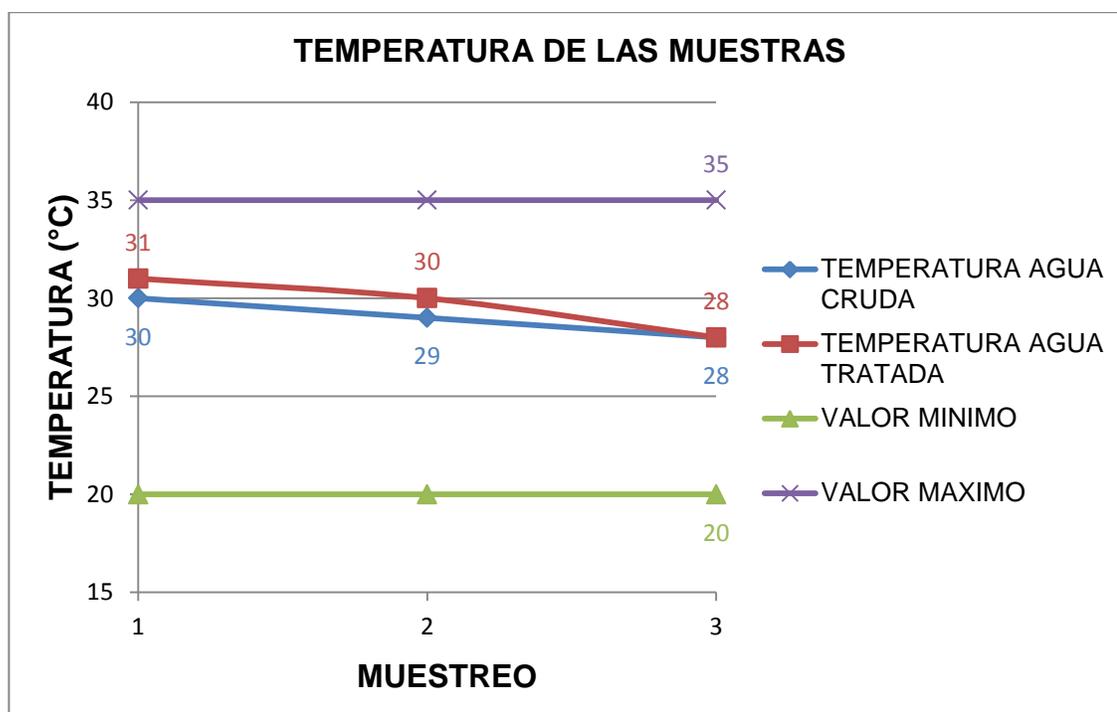


Figura N° 1: Resultados obtenidos de las medidas de temperatura de agua cruda y agua tratada.

Según los resultados obtenidos de las medidas de temperatura (ver figura N° 1), al ser comparadas con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), podemos verificar que están dentro de lo especificado, tanto para agua cruda como para agua tratada; ya que para este parámetro dicha norma nos dice que debe ser entre 20 a 35 °C, las mediciones están dentro de lo especificado tanto para época seca como para época lluviosa.

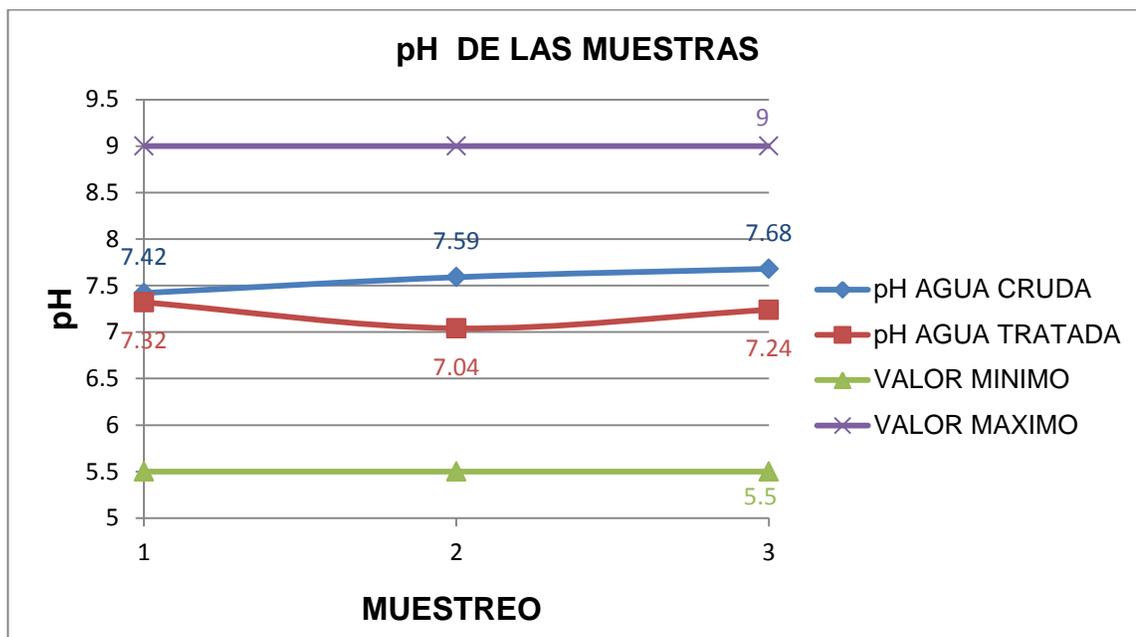


Figura N° 2: Resultados obtenidos de las medidas de pH de agua cruda y agua tratada.

Según los resultados obtenidos de las medidas de pH (ver figura N° 2), al ser comparadas con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), podemos verificar que están dentro de lo especificado, tanto para agua cruda como para agua tratada; ya que para el valor pH en la norma para aguas residuales nos dice que debe ser de 5.5 a 9, los valores obtenidos están dentro de lo especificado tanto para época seca como para época lluviosa.

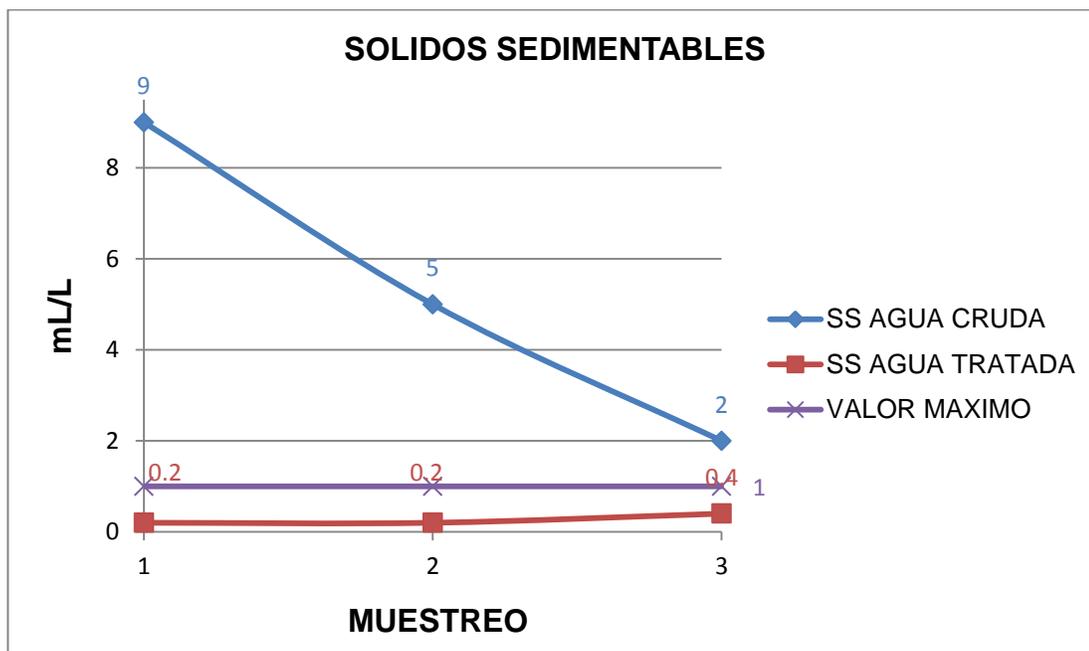


Figura N° 3: Resultados obtenidos de las medidas de solidos sedimentables de agua cruda y agua tratada.

Los resultados obtenidos de las muestras de agua cruda y agua tratada, con respecto a los análisis de sólidos sedimentables (ver figura N° 3), podemos observar que estos se encuentran dentro de lo que especifica la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), tanto en época seca como en época lluviosa, ya que el valor esperado es de 1 mL/L. Esto puede deberse a que el desarenador funciona de forma correcta, ya que por ser una estructura de concreto tiene una vida útil de 20 años y no se ha deteriorado aún, también los sedimentadores ayudan a que se sedimenten por su forma cónica y debido a su peso.

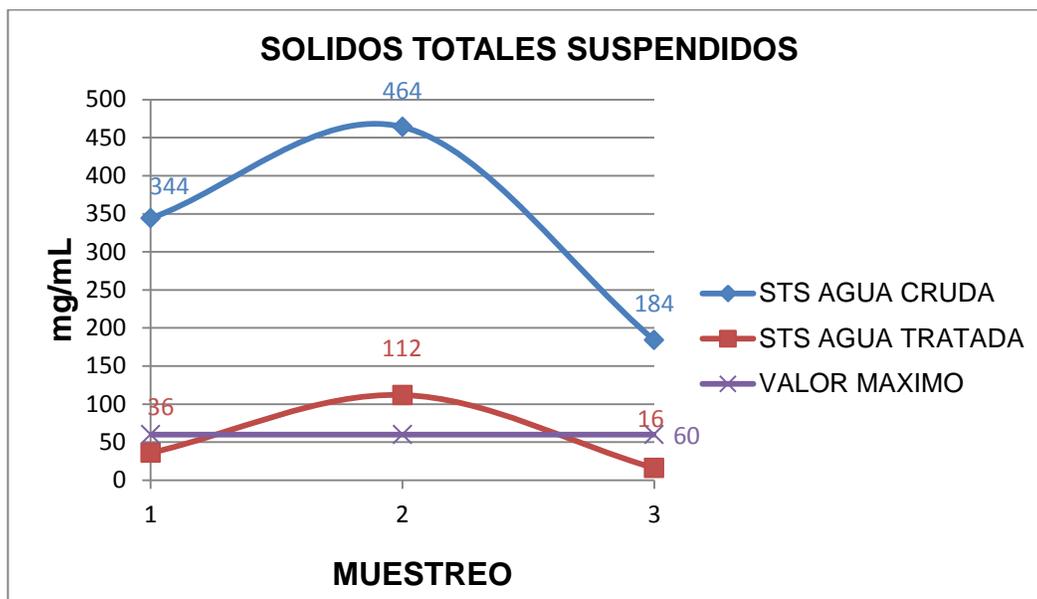


Figura N° 4: Resultados obtenidos de las medidas de sólidos totales suspendidos de agua cruda y agua tratada.

Los resultados obtenidos de las muestras de agua cruda y agua tratada, con respecto a los análisis de sólidos totales suspendidos (ver figura N° 4), al compararlos con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), se observa que un valor salió de lo especificado, y dos de los valores uno de época seca y uno de época lluviosa si están dentro de lo especificado, que debe ser según la norma un valor no mayor a 60 mg/L, esto es debido a que en época lluviosa hay una dilución de los contaminantes, debido al aumento de la cantidad de agua que entra a la planta. Esto es debido al deterioro de los cinchos metálicos en los sedimentadores, ya que cuando las bacterias degradan la materia orgánica dan como producto secundario el gas metano, el cual asciende a la superficie arrastrando los sólidos suspendidos a su paso, formando flóculos que posteriormente se convierten en natas, las cuales deberían ser retenidas por el cincho metálico, pero por el deterioro de éste, las natas formadas pasan a la siguiente unidad.

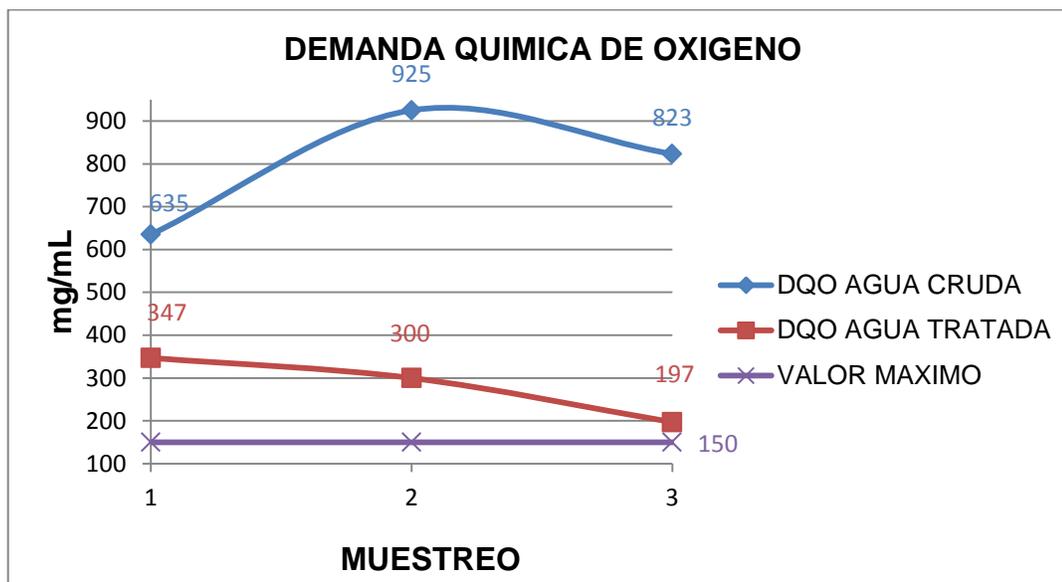


Figura N° 5: Resultados obtenidos de las medidas de demanda química de oxígeno suspendidos de agua cruda y agua tratada.

En los análisis de la demanda química de oxígeno (ver figura N° 5), todos los datos de las muestras de agua cruda y agua tratada tanto los de época seca como los de época lluviosa están muy por encima de lo que la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), la cual dice que no debe ser mayor a 150 mg/L. Las unidades que influyen en este proceso son los sedimentadores y el filtro biológico, que ambos se encuentran deteriorados por la corrosión, permitiendo que en los sedimentadores el cincho metálico no retenga las natas y que en el filtro biológico se formen biopelículas que evitan que las bacterias degraden la materia orgánica y por lo que la carga bacteriana en el agua se mantiene durante el proceso de tratamiento eso hace que aumente la demanda de oxígeno. A medida que aumente la DQO las bacterias presentes en el agua se van a multiplicar con mucha más facilidad, haciendo que disminuya el oxígeno disuelto, esto pone el peligro la biología de la quebrada y posteriormente la del Lago Suchitlán.

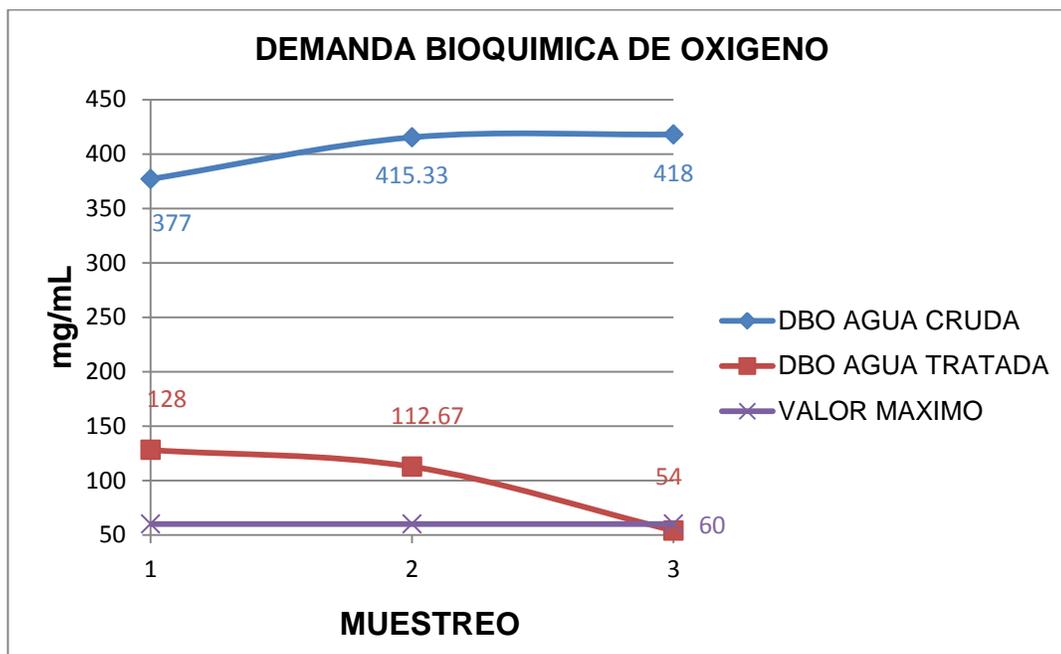


Figura N° 6: Resultados obtenidos de las medidas de demanda bioquímica de oxígeno de agua cruda y agua tratada.

De las muestras de agua cruda y tratada analizadas con relación a la demanda bioquímica de oxígeno (ver figura N° 6) dos se encuentran fuera de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), que dice que no debe ser mayor a 60 mg/L. Las unidades afectadas y que permiten que estos resultados estén fuera con respecto a la normativa son los sedimentadores primario y secundario y el filtro biológico, esto también debido a la gran carga microbiana que está presente en el agua que entra a la planta. Una muestra de agua tratada tomada en época lluviosa se encuentra casi al límite de lo especificado (ver figura N° 6), esta disminución se debe a que el flujo del agua aumento, diluyendo la materia orgánica e inorgánica, generando en este último valor una menor demanda de oxígeno.

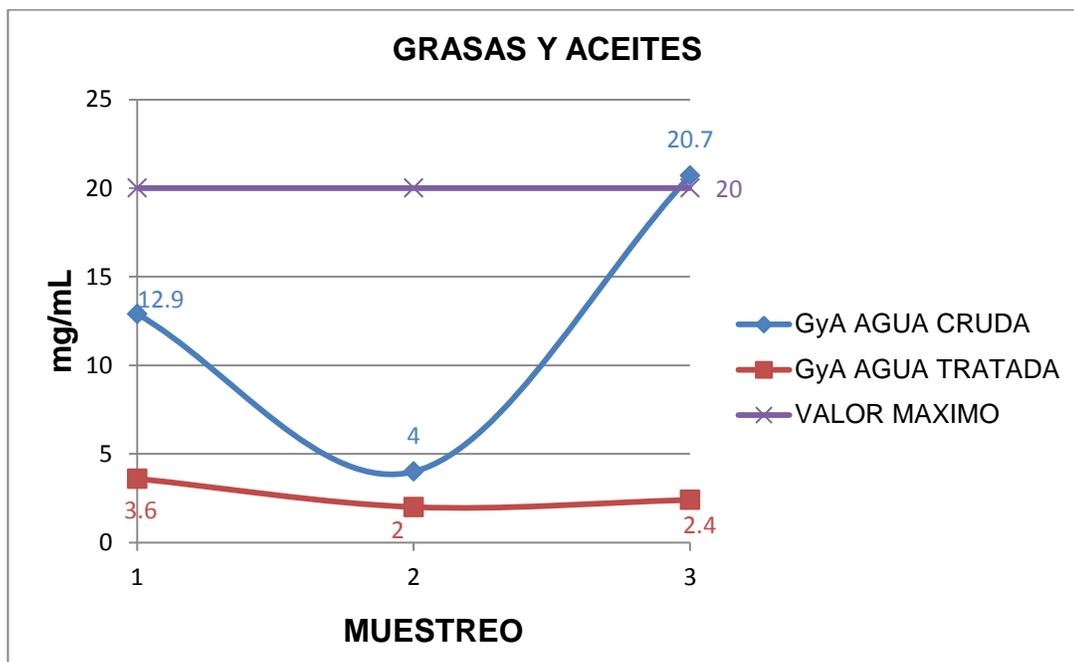


Figura N° 7: Resultados obtenidos de las medidas de grasas y aceites de agua cruda y agua tratada.

Para el caso de grasas y aceites (ver figura N° 7) en los resultados obtenidos, tanto de agua cruda como agua tratada, podemos observar que estos se encuentran dentro de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), la cual dice que no debe ser mayor a 20 mg/L. El agua entra a la planta con un contenido de grasas y aceites relativamente bajo y ésta luego de ser tratada disminuye grandemente los niveles de grasas y aceites, por lo que podemos decir que la trampa de grasas y aceites está cumpliendo con su objetivo, además es una de las unidades menos dañadas.

## 6.2. Discusión de resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos

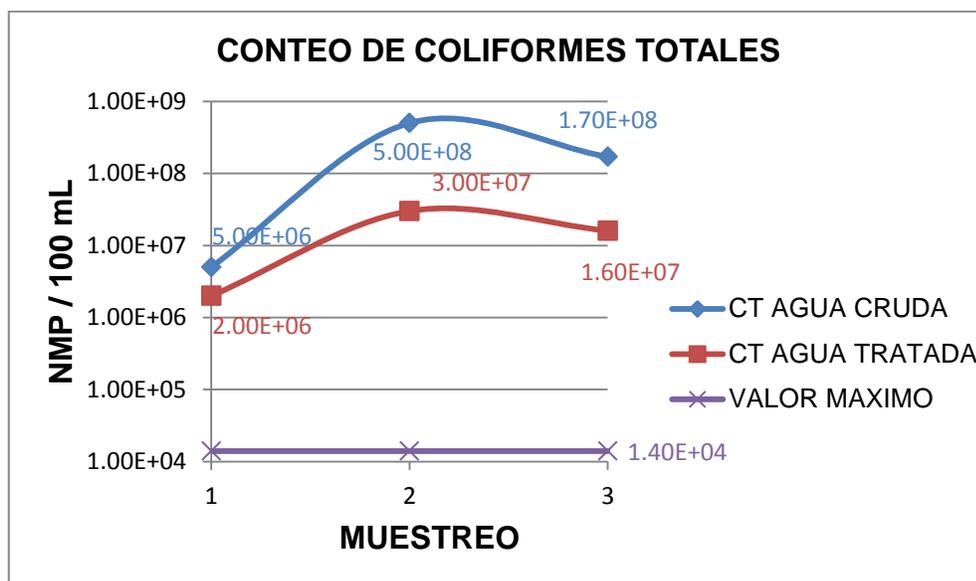


Figura N° 8: Resultados obtenidos del conteo de coliformes totales de agua cruda y agua tratada.

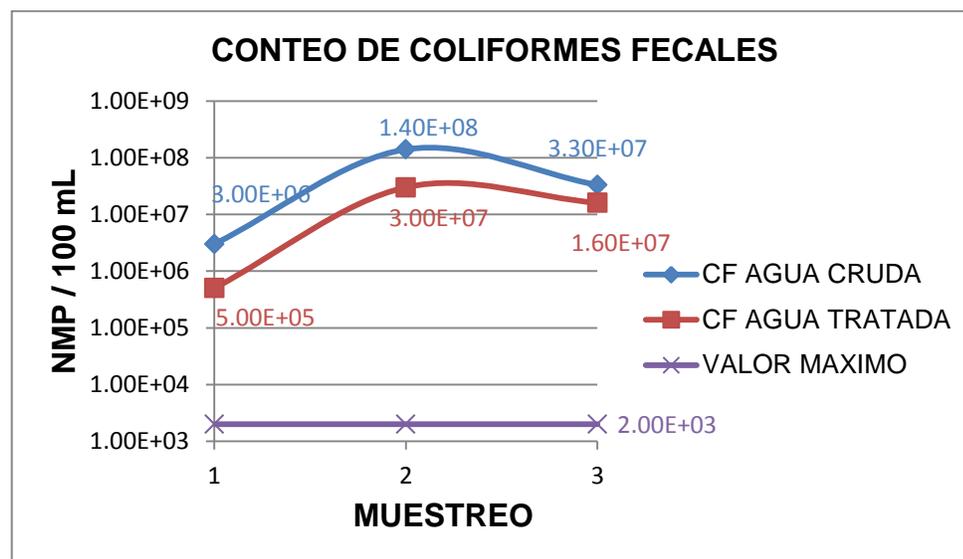


Figura N° 9: Resultados obtenidos del conteo de coliformes fecales de agua cruda y agua tratada.

Al observar los resultados de los análisis microbiológicos (ver figura N° 8 y N° 9), tanto de coliformes totales como de coliformes fecales, podemos ver que todos los valores se salen de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 10), la cual nos especifica para aguas descargadas que para coliformes totales no debe ser mayor a 1,000 UFC/100 mL y para coliformes fecales no debe ser mayor a 200 UFC/100 mL. Esto es debido a que en los sedimentadores, el cincho metálico se ha deteriorado excesivamente por lo que este no puede retener la nata que se forma, pasando esta nata al filtro biológica, éstas están formando una biopelícula sobre la roca volcánica evitando así que el agua sea filtrada en su totalidad, agregando que gran parte del filtro biológico se ha deteriorado por lo que el agua no fluye en todo el filtro sino que en una sola parte.

### 6.3. Caudal

Tabla N° 3: Caudal presente en las tres fechas de toma de muestras.

Fecha	24/04/2013	29/05/2013	26/06/2013
Caudal	887.00 m <sup>3</sup> /día	968.40 m <sup>3</sup> /día	1300.03 m <sup>3</sup> /día

EL caudal dentro de la planta como podemos ver en la tabla N° 3, va aumentando a medida va avanzando la época lluviosa, esto debido a que algunas casas de la ciudad de Suchitoto tienen conectado a la misma tubería las aguas lluvias con las aguas negras, esto ha influenciado en los resultados de los análisis debido a la gran cantidad de agua lluvia que entra a la planta, para esto se creó la unidad disipadora de fuerza y el by pass, esta unidad sirve para que cuando entre demasiada agua al pozo N° 1 está la desvíe fuera de la planta para que no deteriore más las unidades el exceso de agua. Esto es un

punto negativo de la planta, ya que cuando se pone a funcionar el by pass, el agua es arrojada a la quebrada sin ningún tipo de tratamiento.

#### **6.4. Informe entregado a las autoridades encargadas de la planta.**

Para dar cumplimiento al último objetivo se dio a conocer la situación en la que se encuentra la planta a las autoridades encargadas, se preparó un informe (ver anexo N° 8) en el cual se plasman los resultados, conclusiones y recomendaciones; los resultados fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) (ver anexo N° 9), con ello podemos concluir que planta no está funcionando de forma adecuada, ya que los parámetros más importantes (DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales y fecales) están muy por encima de lo que especifica la Norma Salvadoreña Obligatoria.

**CAPÍTULO VII**  
**CONCLUSIONES**

## 7. CONCLUSIONES

1. El factor más importante que ha influenciado en el deterioro de la planta ha sido el descuido por parte de las autoridades encargadas del mantenimiento de la planta, las cuales en estos últimos años no han sido consientes de la gran importancia que la planta tiene para la depuración de aguas negras de la ciudad.
2. Otro factor que ha influido en el deterioro de las unidades es la corrosión, esto debido al alto grado de contaminación del agua que se trata dentro de la planta, en la cual están presentes muchos electrolitos que forma reacciones químicas con los metales (sulfatos, cloruros, etc.) también influye la cantidad de oxígeno disuelto y el pH.
3. Debido a que la ciudad de Suchitoto no genera aguas de tipo especial, solo aguas de tipo domésticas los valores de pH y temperatura no se ven afectados significativamente , es por ello que los resultados se encuentran dentro de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).
4. Los análisis de sólidos sedimentables muestran que el desarenador funciona de forma correcta, y que el proceso de sedimentación se ve favorecido debido al peso de las partículas y a la forma cónica de los sedimentadores primario y secundario, cumpliendo así con lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), tanto para época seca como para época lluviosa.

5. En los valores de sólidos totales suspendidos, hay dos de estos que si cumplen con las especificaciones y uno de estos valores sale de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto debido al deterioro de los cinchos metálicos de ambos sedimentadores.
6. En los resultados obtenidos en la demanda bioquímica de oxígeno dos valores que se encuentran fuera de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), y un valor tomado en época lluviosa que se encuentra casi al límite de lo especificado, esto debido a la gran carga bacteriana presente en el agua, lo cual genera una gran demanda de oxígeno disuelto.
7. En los resultados de demanda química de oxígeno los valores obtenidos son superiores a la demanda bioquímica de oxígeno (aproximadamente el doble), esto debido a que se oxidan por este método también las sustancias no biodegradables. De las muestras analizadas ninguna se encuentra dentro de lo especificado, tanto en época seca como para época lluviosa. Las unidades que influyen en este proceso, al igual que en la demanda bioquímica de oxígeno son los sedimentadores y el filtro biológico, este se encuentra funcionando a menos de 10%.
8. Todos los análisis de grasas y aceites, tanto para época seca como para época lluviosa, están dentro de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto significa que la trampa de grasas y aceites funciona correctamente, esto se debe a que es una estructura de concreto, por lo cual no se ha visto deteriorada por la corrosión.

9. En los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, hay valores de las muestras de agua cruda y tratada que se encuentran por encima de lo que especifica la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto debido a que el filtro biológico se encuentra dañado casi en su totalidad.
10. Al comparar los resultados de época seca y época lluviosa podemos ver que los valores disminuyen en época lluviosa, esto se debe a que se encuentran más diluidas las materias orgánicas e inorgánicas, por el aumento del flujo de agua dentro de la planta, ya que algunas viviendas de la ciudad tiene conectada los ductos de agua lluvias con los de aguas negras, de ahí que el caudal se eleva considerablemente en época lluviosa, generando así la disminución de los contaminantes en los parámetros investigados.
11. El by pass es una unidad muy importante ya que ésta es la que sirve a la planta cuando el caudal comienza a aumentarse, esto sobretodo en época lluviosa, cuando el agua comienza a aumentar su volumen, el by pass se activa desviando el agua, para que no entre a la planta y pueda dañar más las unidades, pero cuando esto sucede el agua es desviada directamente a la quebrada sin ningún tipo de tratamiento, este es uno de los puntos críticos que deben de analizar los encargados de la planta de tratamiento.
12. La realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los parámetros en los diferentes puntos de toma de muestra permitió una interpretación más clara de los resultados para que las autoridades competentes puedan corregir las unidades que se encuentran más afectadas, y así la planta tenga un mejor funcionamiento.

**CAPÍTULO VIII**  
**RECOMENDACIONES**

## 8. RECOMENDACIONES

1. Realizar una reparación completa de las unidades más afectadas que son el filtro biológico y los cinchos metálicos de los sedimentadores primario y secundario, para asegurar el mejor funcionamiento de la planta.
2. Construir unidades anexas, como un tanque de anaerobiosis, para que las bacterias degraden la materia orgánica del agua que se encuentra en reposo.
3. Que las autoridades competentes contraten más personal para trabajar exclusivamente en la planta y que los capaciten, para que estos tengan un mejor cuidado y mayor conciencia sobre la importancia de la planta de tratamiento.
4. Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos por lo menos de 1 a 2 veces al año, que es lo que exige el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para tener un mejor control del funcionamiento de las unidades de la planta de tratamiento.
5. Analizar de forma periódica el agua que llega a la planta de tratamiento y llevar un control periódico del caudal para verificar la cantidad de agua que entra a la planta y así poder determinar el grado de contaminación en el que se encuentra el agua.
6. Regenerar el sistema de cloración, utilizando una cantidad adecuada de cloro que vaya de acuerdo a la cantidad de agua residual que entra en la planta, esto para la protección de la flora y la fauna presente en la quebrada

Acupa que es donde se vierten las aguas de la planta para su posterior descarga en el lago Suchitlán.

7. Dar el tratamiento adecuado a cada una de las unidades, como se especifica en el "Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del casco urbano de Suchitoto".
8. Que para obtener mejores resultados con respecto a la toma de muestra de agua tratada, que se hace en el pozo N° 2, lo ideal sería que la muestra se tomara en la tubería que cae directamente a la quebrada, para ello se necesita un dispositivo adecuado de toma de muestra, ya que está muy alto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amdreadakis A.D., Agelakis T.E., Adraktas D.V. TREATMENT AND DISPOSAL OF THE WASTE-WATER OF THESSALONIKI, GREECE. Adraktas and Associates, Athens, Greece; Hydroelektriki Ltd., Athens, Greece; Water Resources Division, National Technical University of Athens, Zografos, Athens 15773, Greece. 1993, Volumen 19; Pages 291–299.
2. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. (APHA-AWWA-WPCF). MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y AGUAS RESIDUALES. Decimoséptima edición. Ediciones Díaz De Santos, S.A., 1992. Preparado y editado en: Madrid, España. pág. C9 64-69, C9 87-92, C2 83-89, C4 83-89, C4 106-115, C5 2-20.
3. Arundel J. TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y EFLUENTES INDUSTRIALES. Editorial Aribria, S.A. Zaragoza (España). Año 2000; pág. 256-261, 286-289, 292.
4. Barañaño P. A.; Tapia L. A.; Tratamiento de las Aguas Servidas: Situación en Chile. DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT: THE CHILEAN SITUATION. Asociación Chilena de Seguridad. 2004.
5. Gordon M., Geyer J., Okun D. (Fair-Geyer-Okun). Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Tomo 2: Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. Limusa: Noriega Editores. Duodécima reimpresión. México. Año 1996; pág. 53-55, 58, 62-66.

6. Fernández J., Curt M. D. MANUAL DE FITODEPURACIÓN. FILTROS DE MICRÓFITAS EN SUSPENSIÓN. Anexo: métodos analíticos para aguas residuales. Pág. 117-125.
7. Jaime Godoy M. G. Determinación de la curva de calibración en la demanda bioquímica de oxígeno por el método de la azida sódica modificada. San Salvador, El Salvador, Julio 2008. Pág.64-68.
8. "Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Casco Urbano de Suchitoto Departamento de Cuscatlán". San Salvador, El Salvador, Mayo de 2004.
9. Mulkerrinsa D., Dobson A.D.W., Collieranb E. PARAMETERS AFFECTING BIOLOGICAL PHOSPHATE REMOVAL FROM WASTEWATERS. Department of Microbiology, University College Cork, Cork, Ireland; Department of Microbiology, National University of Ireland, Galway, Ireland. 2003.
10. Saleh Al-Muzaini; Mohamed F. Hamoda. SELECTION OF AN EFFECTIVE SLUDGE DEWATERING SYSTEM FOR A SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANT. Environmental Sciences Department, Kuwait Institute for Scientific Research, Safat 13109, Kuwait; Civil Engineering Department, Kuwait University, 13060 Kuwait, EI 9706-144 M. 1998.
11. Selma Ç. Ayaz, Lütfi Akça. TREATMENT OF WASTEWATER BY NATURAL SYSTEMS. TÜBİTAK-Marmara Research Center, 41470 Gebze, Kocaeli, Turkey; Civil Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, İstanbul Technical University, Ayazaga Campus, 80626 İstanbul, Turkey, 2001.

12. Shijin Ren. ASSESSING WASTEWATER TOXICITY TO ACTIVATED SLUDGE: RECENT RESEARCH AND DEVELOPMENTS. Gradient Corporation, 20 University Road, Cambridge, MA 02138, USA. 2004.
13. Sohair I. Abo-El Ela; Samira S. Nawar. TREATMENT OF WASTEWATER FROM AN OIL AND SOAP FACTORY VIA DISSOLVED AIR FLOTATION. Water Pollution Control Laboratory National Research Centre, Dokki, Cairo, Egypt. 1980, Volumen 4; Pages 47–52.
14. <http://aguapure.com.do/pdf/LA%20IMPORTANCIA%20DEL%20AGUA.pdf>
15. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Sitio Web Oficial. Descargar la Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO. 13.49.01:09). Disponible en: [http://www.anda.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=sections&Itemid=115](http://www.anda.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=sections&Itemid=115)
16. Arguellos R. A. Gestión de las aguas residuales. Disponible en: <http://www.elsalvador-online.com/aidis/hojas/presentacion.htm>

## GLOSARIO <sup>(15)</sup>

- **Agua residual:** es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.
- **Aguas residuales de tipo especial:** agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.
- **Aguas residuales de tipo ordinario:** agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.
- **Aceite y grasa:** sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis recomendados en esta norma.
- **Contaminación:** es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.
- **Cuerpo receptor:** se refiere al cuerpo de agua superficial expuesto a recibir descargas.
- **Descarga:** agua residual vertida a un cuerpo receptor.
- **Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO<sub>5</sub>) a 20 °C:** cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días a 20 °C.

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.
- **Dilución:** es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.
- **Grupo coliforme total:** bacterias coliformes de bacilos cortos gram-negativos que fermentan lactosa y forman ácido y gas son anaerobios facultativos y se multiplican con mayor rapidez a temperaturas de 30 a 37 °C.
- **Grupo coliforme fecal:** Son aquellos microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes, incubados a temperaturas de 44 a 45.5 °C.
- **Material flotante:** sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.
- **Parámetro:** aquella característica que puede ser sometida a medición.
- **Responsable de la descarga:** titular de la actividad sea persona natural o jurídica que vierte las aguas residuales a un cuerpo receptor.
- **Sólidos sedimentables:** materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.

- **Sólidos totales:** cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.
- **Sólidos totales disueltos:** cantidad de materia que permanece como residuo, posterior a la evaporación total de agua en una muestra a la cual se le ha realizado separación de sólidos.
- **Sólidos suspendidos totales o en suspensión:** son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.
- **Tratamiento de aguas residuales:** es la utilización de procesos físicos, químicos y/o biológicos, definidos para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones y procesos unitarios: preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas vigentes.
- **Turbiedad (Turbidez):** es la medida de la transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, expresada en NTU.

**Valores máximos permisibles:** son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en esta norma, que debe cumplir el responsable de cada descarga.

**ANEXOS**

## Anexo N° 1

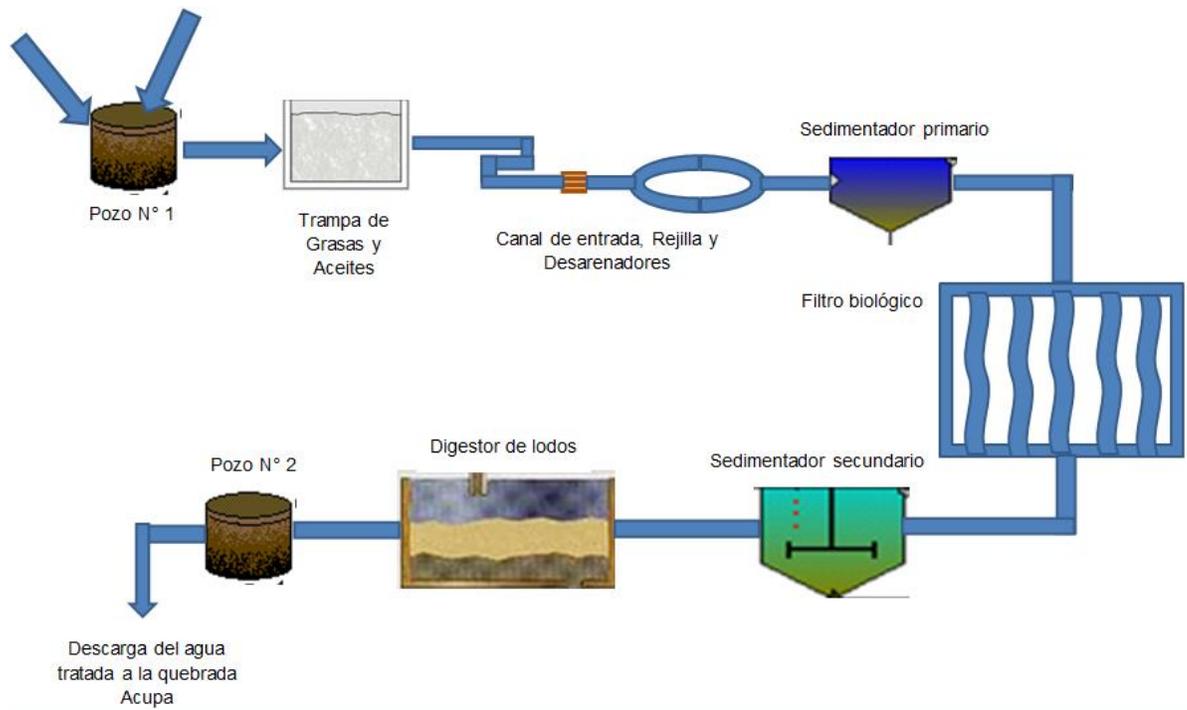


Figura N° 10: Esquema general de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la ciudad de Suchitoto.

**ANEXO N° 2**  
**FOTOGRAFÍAS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA QUE SE**  
**ENCUENTRA LA PLANTA DE TRATAMIENTO**



Figura N° 11: Sedimentador primario. Daño en el cincho metálico protector permitiendo el paso de natas al sistema de filtración.



Figura N° 12: Sedimentador primario. Daño en el cincho metálico protector Permitiendo el paso de natas al sistema de filtración.



Figura N° 13: Filtro biológico. Lámina metálica dentada deteriorada por la corrosión, impidiendo de forma uniforme el vertido del flujo sobre el lecho rocoso.



Figura N° 14: Sedimentador secundario. Pasarelas de ambos sedimentadores deteriorados por la corrosión.

**ANEXO N° 3**  
**LISTADO DE MATERIAL, EQUIPO Y REACTIVOS**

## **1. DETERMINACIÓN DE pH**

### **1.1. Reactivos**

- Soluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro).

## **2. MEDIDA DE LA TEMPERATURA**

### **2.1. Equipo**

- Termómetro de mercurio graduado con escala 0.1 °C, entre 1-100 °C.

## **3. SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN**

### **3.1. Equipo**

- Horno mufla para operar a  $550 \pm 50$  °C.
- Superficie de aluminio de 65 mm de diámetro.
- Desecador.
- Balanza de análisis: capaz de pesar hasta 0.1 mg.
- Discos de filtrado de fibra de vidrio.
- Aparato de filtrado.

## **4. SÓLIDOS SEDIMENTABLES**

### **4.1. Material**

- Cono de Imhoff.

## **5. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**

### **5.1. Material y equipo**

- Celda.
- Pipeta volumétrica.
- Termorreactor.
- Fotómetro Nova 60.

## 5.2. Reactivos

- Reactivo para demanda química de oxígeno.

## 6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)

### 6.1. Material

- Desecador con silica gel.
- Termómetro.
- Barras agitadoras forradas de teflón.
- Frascos de incubación de 300 mL con tapón de vidrio boca especial para sello de agua.
- Erlenmeyer de 500, 250, 125 y 50 mL.
- Probeta de 100, 50 y 25 mL.
- Dispensador de 10 mL.
- Pizetas de 1000 y 500 mL.
- Pipetas Mohr de 10 y 5 mL.
- Frascos de vidrio o plástico de 1000 y 500 mL.
- Espátula.
- Vidrio de reloj.
- Balones volumétricos 2000, 1000, 500, 250, 100, 50, 25 y 10 mL.
- Beaker de polietileno de 100 mL.
- Papel Whatman 40.
- Pipetas volumétricas de 1, 2, 5, 10, 20, 25 y 50 mL.

### 6.2. Equipo

- Refrigeradora.
- Incubadora.
- Estufa.
- pH-metro.
- Balanza analítica.

- Cámara de extracción de gases.
- Hot-plate.
- Agitador magnético.

### 6.3. Reactivos

- Soluciones amortiguadoras de fosfato: se disuelven 8.5 g de fosfato diácido de potasio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 21.75g de fosfato ácido dipotásico ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), 33.4g de fosfato ácido de sodio heptahidratado ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) y 1.7 g de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) en unos 500 mL de agua destilada, diluyéndose a 1 litro. El pH de esta solución amortiguadora debe ser de 7.2, sin ajuste alguno.
- Solución de Sulfato de Magnesio: se disuelven 22.5 g de sulfato de magnesio heptahidratado ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) en agua destilada y se diluye a 1 litro.
- Solución de Cloruro de Calcio: se disuelven 27.5g de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) anhidro en agua destilada y se diluye a un litro.
- Solución de Cloruro Férrico: se disuelven 0.25g de tricloruro de hierro hexahidratado ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) en agua destilada y se diluyen a 1 litro.
- Ácido sulfúrico 1N: agregar lentamente y con agitación 28.0 mL de ácido sulfúrico concentrado, sobre las paredes, en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Hidróxido de sodio 1N: disolver 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada libre de  $\text{CO}_2$  y diluir a 1 litro.
- Solución de Sulfito de Sodio: se disuelve 1.575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  anhidro en 1000 mL de agua destilada. Esta solución no es estable y se debe preparar para el día que se vaya a usar.
- Solución de sulfato manganeso: disolver 364 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, filtrar y diluir a 1 litro.

- Reactivo de álcali-ioduro-azida: disolver 500 g de NaOH 150 g de yoduro de potasio (KI) en agua destilada diluir a 1 litro. Agregar 10 g de azida de sodio ( $\text{NaN}_3$ ) disuelto en 40 mL de agua destilada.
- Solución indicadora de almidón: disolver 2 g de almidón soluble 0.2 g de ácido salicílico en 100 mL de agua destilada caliente, dejar en reposo por una noche utilizar el sobrenadante.
- Solución patrón de tiosulfato de sodio 0.025M: disolver 6.205 g de tiosulfato de sodio pentahidratado ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) en agua destilada, agregar 1.5 mL de NaOH 6N y diluir a 1000 mL.
- Solución patrón de biyodato potásico 0.0021M: disolver 812.4 mg de biyodato potásico ( $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ ) en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Solución de glucosa ácido-glutámico: secar la glucosa y el ácido glutámico a  $103^\circ\text{C}$  durante una hora. Añadir 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico a agua destilada y diluir hasta 1 litro. Preparar inmediatamente antes de usarla.
- Solución de yoduro de potasio: se disuelven 10 g de KI en 100 mL de agua destilada.
- Yoduro de potasio, exento de yodato.
- Simiente control comercial
- Solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N.
- Solución de Hidróxido de sodio (NaOH 6N).

## 7. GRASAS Y ACEITES

### 7.1. Material

- Embudo de separación: 1 litro con llave de paso de teflón.
- Matraz de destilación.
- Baño de agua.
- Papel filtro: diámetro 11 cm.

**7.2. Reactivos**

- Ácido Clorhídrico concentrado.
- Triclorotrifluoroetano: el disolvente no debe dejar residuo medible al evaporar; destilar si es necesario.
- Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) cristal anhidro.

**8. MICROBIOLÓGICOS: COLIFORMES TOTALES Y FECALES****8.1. Material y equipo**

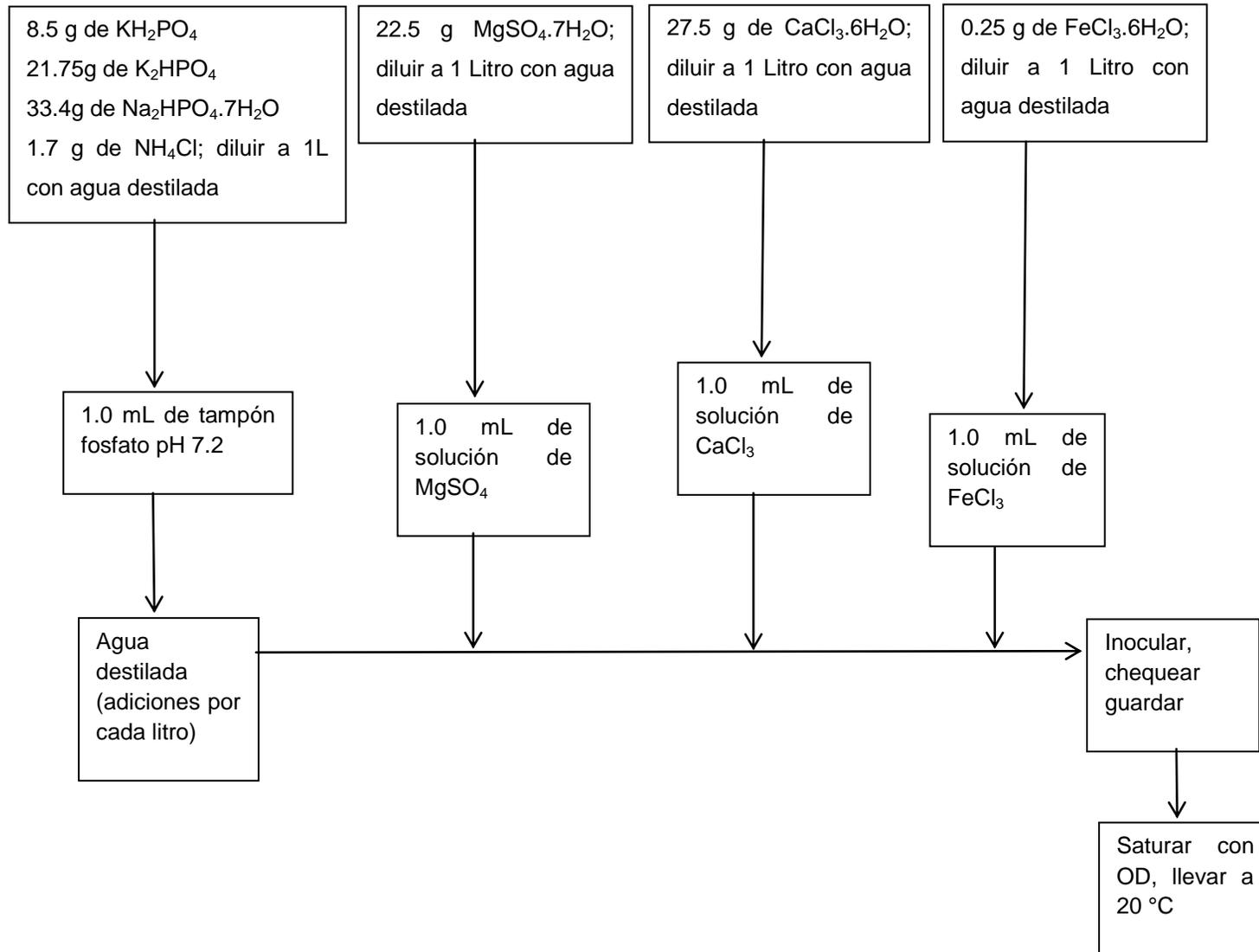
- Pipetas.
- Tubos de Fermentación
- Estufa.
- Autoclave.
- Lámpara de luz ultravioleta.
- Campanas de Durham.

**8.2. Reactivos**

- Fluorocult LMX
- Caldo EC

**ANEXO N° 4**  
**REACTIVOS PARA LA PRUEBA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE**  
**OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)**

### Preparación del agua de dilución



**Control del agua de dilución**

- Añadir solución de cloruro de amonio para proporcionar un total de 0.45 mg de amoniaco/L en calidad de nitrógeno. Si el agua de dilución no ha sido almacenada para mejorar su calidad, añadir suficiente material de siembra como para producir una captación de oxígeno disuelto (OD) de 0.05 a 0.1 md/l en 5 días a 20 °C.
- Incubar un frasco lleno de agua de dilución durante 5 días a 20 °C.
- Determinar el OD inicial y final.

**Control de glucosa-acido glutámico**

- Mezclar 15 mg de glucosa/l y 150 mg de ácido glutámico/l como solución de control patrón.
- Determinar la DBO de 5 días a 20 °C de una disolución al 2% de la solución control de patrón de glucosa-acido glutámico.

**Siembra**

- Sembrar el agua de dilución añadiendo una población de microorganismos.
- Dejar reposar a temperatura ambiente durante al menos 1 hora, pero no más de 36 horas.

**Simiente control**

- Determinar la DBO del material de siembra como para cualquier otra muestra

**Técnica de dilución:**

- Hacer diluciones 1 a 5% para aguas negras crudas o sedimentadas.
- pipetear directamente los volúmenes apropiados de muestras, por medio de pipetas volumétricas de punta alargada.
- llenar el frasco con suficiente agua de dilución para que se pueda insertar el tapón sin dejar burbujas.
- Las diluciones mayores de 1:100 hacer una primera dilución en una probeta antes de hacer la dilución final en el frasco.
- Determinar el OD por medio del método yodométrico, de titulación preparando dos frascos de cada una de las diluciones
- Determinar el OD inicial en un frasco.
- Ajustar herméticamente el tapón al segundo frasco colocando un sello hidráulico.
- Incubar durante 5 días a 20 °C.

**Blanco del agua de dilución**

- Junto con cada lote de muestras, incubar un frasco de agua de dilución no sembrada.
- Determinar el OD inicial y final.

**ANEXO N° 5**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS**  
**FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

CODIGO N° 11-13		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: WILSON SALOMON HERNADEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. CUSCATLAN				Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL.			N° DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 02 DE MAYO 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 24 DE MAYO DE 2013			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 29 DE MAYO DE 2013.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	11-13-01	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO, AGUA CRUDA/POZO N° 1	12.9 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )			415.33 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO			635 mg/L	150 mg/L
SÓLIDOS TOTALES			808 mg/L	NO NORMADO
SÓLIDOS DISUELTOS			464 mg/L	NO NORMADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS			344 mg/L	60 mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES			9.0 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 16 MAY 2013

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Licda. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández*  
Analista

ack\*



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

<b>CODIGO Nº 11-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> WILSON SALOMON HERNADEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. DE CUSCATLAN				Pág. 2 de 2
<b>Descripción de muestra:</b> AGUA RESIDUAL.			<b>Nº DE MUESTRAS:</b> 2	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
<b>Fecha de elaboración del informe:</b> JUEVES, 02 DE MAYO 2013.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 24 DE MAYO DE 2013			<b>Fecha de Análisis:</b> DEL 24 AL 29 DE MAYO DE 2013.	
<b>Método de Análisis:</b> GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	11-13-02	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO, AGUA TRATADA/POZO Nº 2	3.6 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )			112.67 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO			347 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS TOTALES			460 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS DISUELTOS			424 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS			36 mg/L	60 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			<0.2 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.  
**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 16 MAY 2013

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*[Signature]*  
Licda. Odette Raudá Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Lic. Henry Alfredo Hernández  
Analista

*act*



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

CODIGO Nº 17-13		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: WILSON SALOMON HERNADEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. CUSCATLAN				Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL.			Nº DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 11 DE JUNIO DE 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 30 DE MAYO DE 2013			Fecha de Análisis: DEL 30/05/2013 AL 10/06/2013.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	17-13-01	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO, AGUA CRUDA/POZO Nº 1	4 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )			377 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO			925 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS TOTALES			884 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS DISUELTOS			420 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS			464 mg/L	60 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			5.0 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 12 JUN 2013

*Licda. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*Licda. Rosa Mirian Rivas de Lara*  
Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández*  
Analista

aef



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

<b>CODIGO Nº 17-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
Nombre y dirección del cliente: WILSON SALOMON HERNADEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. CUSCATLAN.				Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL.			Nº DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 11 DE JUNIO DE 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 30 DE MAYO DE 2013.			Fecha de Análisis: DEL 30/05/2013 AL 10/06/2013.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	17-13-02	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO, AGUA TRATADA/POZO Nº 2	2 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )			128 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO			300 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS TOTALES			504 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS DISUELTOS			392 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS			112 mg/L	60 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			< 0.2 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 12 JUN 2013

*[Signature]*  
Licda. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Licda. Rosa Mirian Rivas de Lara  
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

*[Signature]*  
Lic. Henry Alfredo Hernández  
Analista

acl\*



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

CODIGO N° 22-13		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: WILSON SALOMON HERNANDEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. CUSCATLAN				Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL.			N° DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 05 DE JULIO DE 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 26 DE JUNIO DE 2013			Fecha de Análisis: DEL 26/06/2013 AL 04/07/2013.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	22-13-01	AGUA CRUDA (POZO #1), PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	20.7 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )			418 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO			823 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS TOTALES			608 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS DISUELTOS			424 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS			184 mg/L	60 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			2.0 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b> 1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.  
Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 05 JUL 2013

*Licda. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández*  
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

aek\*



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

<b>CODIGO Nº 22-13</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
Nombre y dirección del cliente: WILSON SALOMON HERNADEZ HERNANDEZ. PLATANARES, CASERIO EL ZACAMIL 1, SUCHITOTO, DEPTO. CUSCATLAN				Pág. 2 de 2
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL.			Nº DE MUESTRAS: 2	
Lugar de toma de muestra: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SUCHITOTO.				
Fecha de elaboración del informe: VIERNES, 05 DE JULIO DE 2013.				
Fecha de recepción de muestra: 26 DE JUNIO DE 2013			Fecha de Análisis: DEL 26/06/2013 AL 04/07/2013.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, FOTOMETRICO, VOLUMETRICO Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	22-13-02	AGUA TRATADA (POZO #2), PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	2.4 mg/L	20 mg/L
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )			54 mg/L	60 mg/L
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO			197 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS TOTALES			212 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS DISUELTOS			196 mg/L	NO NORMADO
SOLIDOS SUSPENDIDOS			16 mg/L	60 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			0.4 ml/L	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 05 JUL 2013

*[Signature]*  
Licda. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*[Signature]*  
Lic. Henry Alfredo Hernández  
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

act\*



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



**INFORME DE ANALISIS**

<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL CRUDA QUE ENTRA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO. (POZO 1) CAUDAL 887 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.42. Temperatura 30 °C	<b>CONTROL:</b>	0913
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	24/04/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	WILSON SALOMON HERNANDEZ	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	24/04/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	8:15 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	29/04/13

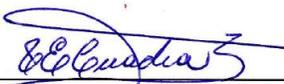
**RESULTADOS**

DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Conteo de Coliformes Totales	5,000,000 NMP/100 mL (5 × 10 <sup>6</sup> NMP/100 mL)	Menor de 10,000 NMP/100 mL (1 × 10 <sup>4</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Conteo de Coliformes Fecales	3,000,000 NMP/100 mL (3 × 10 <sup>6</sup> NMP/100 mL)	Menor de 2,000 NMP/100 mL (Menor de 2 × 10 <sup>3</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua residual cruda de uso doméstico que llega a la planta de tratamiento NO CUMPLE los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



F.   
Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



**INFORME DE ANALISIS**

<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL DESCARGADA A UN CUERPO RECEPTOR. (POZO 2) CAUDAL 887 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.32. Temperatura 31 °C	<b>CONTROL:</b>	1013
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	24/04/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	JULIA MARGARITA RIVAS AGREDA	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	24/04/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	8:49 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	29/04/13

**RESULTADOS**

DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Cuento de Coliformes Totales	2,000,000 NMP/ 100 mL  (2 × 10 <sup>6</sup> NMP/100 ml)	Menor de 10,000 NMP/100 mL  (1 × 10 <sup>4</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Cuento de Coliformes Fecales	500,000 NMP/100 mL  (5 × 10 <sup>5</sup> NMP/100 ml)	Menor de 2,000 NMP/100 mL  (Menor de 2 × 10 <sup>3</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua que sale de la planta de tratamiento **NO CUMPLE** los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR. Por lo que representa una fuente de contaminación microbiana al cuerpo de agua que recibe dicha descarga.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



F.   
Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



**INFORME DE ANALISIS**

<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL CRUDA QUE ENTRA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO. (POZO 1) CAUDAL 968.4 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.59. Temperatura 29 °C	<b>CONTROL:</b>	3713
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	03/06/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	WILSON SALOMON HERNANDEZ	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	03/06/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	7:58 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	14/06/13

**RESULTADOS**

DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Conteo de Coliformes Totales	500,000,000 NMP/100 MI  (5 × 10 <sup>8</sup> NMP/100 mL)	Menor de 10,000 NMP/100 mL  (1 × 10 <sup>4</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Conteo de Coliformes Fecales	140,000,000 NMP/100 mL  (1.4 × 10 <sup>8</sup> NMP/100 mL)	Menor de 2,000 NMP/100 mL  (Menor de 2 × 10 <sup>3</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua residual cruda de uso doméstico que llega a la planta de tratamiento NO CUMPLE los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



  
Ora. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



**INFORME DE ANALISIS**

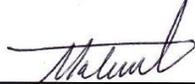
<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL CRUDA QUE SALE DE PLANTA DE TRATAMIENTO (POZO N°2). CAUDAL 968.4 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.04. Temperatura 30 °C.	<b>CONTROL:</b>	3813
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	03/06/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	WILSON SALOMON HERNANDEZ	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	03/06/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	8:21 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	14/06/13

**RESULTADOS**

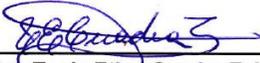
DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Cuento de Coliformes Totales	30,000,000 NMP/100 mL  (3 × 10 <sup>7</sup> NMP/100 mL)	Menor de 10,000 NMP/100 mL  (1 × 10 <sup>4</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Cuento de Coliformes Fecales	30,000,000 NMP/100 mL  (3 × 10 <sup>7</sup> NMP/100 ml)	Menor de 2,000 NMP/100 mL  (Menor de 2 × 10 <sup>3</sup> NMP/100 ml)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua que sale de la planta de tratamiento NO CUMPLE los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR. Por lo que representa una fuente de contaminación microbiana al cuerpo de agua que recibe dicha descarga.

Muestra Analizada por Julia Margarita Rivas y Wilson Hernández bajo la supervisión de Tania Cuadra.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



F.   
Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



**INFORME DE ANALISIS**

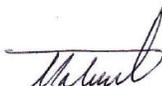
<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL CRUDA QUE ENTRA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO. (POZO 1) CAUDAL 1300.032 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.68. Temperatura 28 °C	<b>CONTROL:</b>	3913
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	01/07/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	JULIA MARGARITA RIVAS AGREDA	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	01/07/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	8:17 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	11/07/13

**RESULTADOS**

DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Conteo de Coliformes Totales	170,000,000 NMP/100 mL ( $1.7 \times 10^8$ NMP/100 mL)	Menor de 10,000 NMP/100 mL ( $1 \times 10^4$ NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Conteo de Coliformes Fecales	33,000,000 NMP/100 mL ( $3.3 \times 10^7$ NMP/100 mL)	Menor de 2,000 NMP/100 mL (Menor de $2 \times 10^3$ NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua residual cruda de uso doméstico que llega a la planta de tratamiento NO CUMPLE los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

Muestra Analizada por Julia Margarita Rivas bajo la supervisión de Tania Cuadra.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



  
Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS**



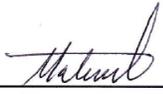
**INFORME DE ANALISIS**

<b>MUESTRA:</b>	AGUA RESIDUAL CRUDA QUE SALE DE PLANTA DE TRATAMIENTO (POZO N°2). CAUDAL 1300.032 M <sup>3</sup> /DIA. pH: 7.24. Temperatura 28 °C.	<b>CONTROL:</b>	4013
<b>LUGAR DE RECOLECCION:</b>	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SUCHITOTO	<b>FECHA DE INGRESO</b>	01/07/13
<b>PERSONA RECOLECTO MUESTRA:</b>	JULIA MARGARITA RIVAS AGREDA	<b>FECHA DE ANALISIS</b>	01/07/13
<b>HORA DE RECOLECCION:</b>	8:32 AM	<b>FECHA DE EMISION</b>	11/07/13

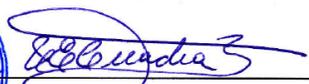
**RESULTADOS**

DETERMINACION	RESULTADO	ESPECIFICACIONES	METODO Y REFERENCIA
Cuento de Coliformes Totales	16,000,000 NMP/100 mL  (1.6 × 10 <sup>7</sup> NMP/100 mL)	Menor de 10,000 NMP/100 mL  (1 × 10 <sup>4</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR
Cuento de Coliformes Fecales	16,000,000 NMP/100 mL  (1.6 × 10 <sup>7</sup> NMP/100 mL)	Menor de 2,000 NMP/100 mL  (Menor de 2 × 10 <sup>3</sup> NMP/100 mL)	Tubos Múltiples Referencia: NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

**OBSERVACIONES:** El Agua que sale de la planta de tratamiento NO CUMPLE los Límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña NSO 13.49-01:09 PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR. Por lo que representa una fuente de contaminación microbiana al cuerpo de agua que recibe dicha descarga.

F.   
MSc. Norma Esthela Molina Velásquez  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



  
Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya  
Analista

## Anexo N° 6

Tabla N° 4: Tabla para Numero Más Probable (NMP) para los análisis microbiológicos

TABLA 9221:V. ÍNDICE DE NMP Y LÍMITES DE ACEPTACIÓN DEL 95 POR 100 PARA DISTINTAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS CUANDO SE USAN CINCO TUBOS POR DILUCIÓN (10 ML, 1,0 ML, 0,1 ML)

Combinación de positivos	Índice NMP/ 100 ml	Límites de * confianza 95 %		Combinación de positivos	Índice NMP/ 100 ml	Límites de confianza 95 %	
		Superior	Inferior			Superior	Inferior
0-0-0	< 2	—	—	4-2-0	22	9,0	56
0-0-1	2	1,0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1,0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1,0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
1-0-0	2	1,0	11	5-0-0	23	9,0	86
1-0-1	4	1,0	15	5-0-1	30	10	110
1-1-0	4	1,0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-1	6	2,0	18	5-1-0	30	10	120
1-2-0	6	2,0	18	5-1-1	50	20	150
				5-1-2	60	30	180
2-0-0	4	1,0	17	5-2-0	50	20	170
2-0-1	7	2,0	20	5-2-1	70	30	210
2-1-0	7	2,0	21	5-2-2	90	40	250
2-1-1	9	3,0	24	5-3-0	80	30	250
2-2-0	9	3,0	25	5-3-1	110	40	300
2-3-0	12	5,0	29	5-3-2	140	60	360
3-0-0	8	3,0	24	5-3-3	170	80	410
3-0-1	11	4,0	29	5-4-0	130	50	390
3-1-0	11	4,0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-1	14	6,0	35	5-4-2	220	100	580
3-2-0	14	6,0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-1	17	7,0	40	5-4-4	350	160	820
4-0-0	13	5,0	38	5-5-0	240	100	940
4-0-1	17	7,0	45	5-5-1	300	100	1.300
4-1-0	17	7,0	46	5-5-2	500	200	2.000
4-1-1	21	9,0	55	5-5-3	900	300	2.900
4-1-2	26	12	63	5-5-4	1.600	600	5.300
				5-5-5	≥ 1.600	—	—

### Anexo N° 7

## Ubicación de la planta de tratamiento en la ciudad de Suchitoto



Figura N° 15: Ubicación geográfica de la planta de tratamiento

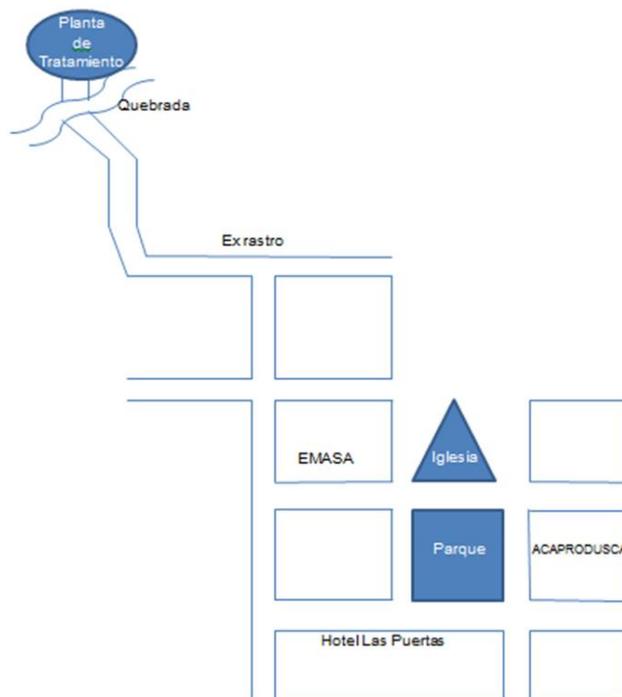
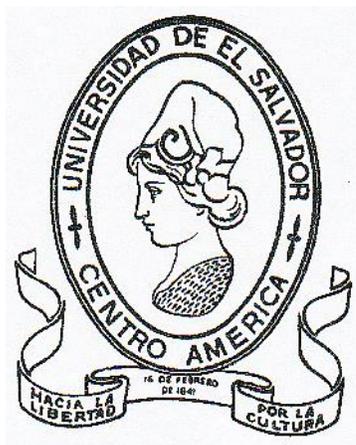


Figura N° 16: Croquis de ubicación de la planta de tratamiento.

**ANEXO N° 8**  
**INFORME ENTREGADO A LAS AUTORIDADES ENCARGADAS DE LA**  
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA EN**  
**LA CIUDAD DE SUCHITOTO.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**VERIFICACION PRELIMINAR DE LA CALIDAD FISICOQUIMICA Y  
MICROBIOLOGICA DEL AGUA CRUDA Y TRATADA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO UBICADA EN LA CIUDAD DE SUCHITOTO**

**INFORME PRESENTADO POR:  
WILSON SALOMON HERNANDEZ HERNANDEZ  
JULIA MARGARITA RIVAS AGREDA**

**OCTUBRE 2013**

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la supervivencia, pero pocos han tenido conciencia sobre la contaminación que presenta. Las aguas residuales conocidas como aguas crudas, son arrojadas a ríos y lagos directamente sin ningún tipo de tratamiento, incluyendo las aguas residuales de tipo especial y las aguas residuales de tipo ordinario y de ahí que muchos estudios científicos se plantean soluciones, como la construcción de plantas depuradoras y de los diferentes tratamientos que se pueden realizar, ya sea biológico, químico y físico. Debido a esta problemática que aqueja a todo el mundo y en especial a El Salvador, por la densidad demográfica existente, las aguas residuales son vertidas a ríos y lagos sin un tratamiento previo. Entre estos uno de los afectados es el lago Suchitlán, que presenta niveles altos de contaminación.

La población de Suchitoto es de aproximadamente 11,000 habitantes, los cuales producen unos 650 m<sup>3</sup>/día de agua residual de tipo doméstico, los cuales antes de la construcción eran arrojados directamente al lago Suchitlán. Fue así que surgió la idea por parte del pueblo de Suchitoto de construir una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual depuraría sus aguas residuales para que éstas puedan ser vertidas al lago Suchitlán con los valores permitidos por Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinaria (NSO.13.49.01:09).

En la presente investigación se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al agua residual, para establecer si la planta de tratamiento aún está depurando el agua y comparar los resultados con las especificaciones de la norma para aguas residuales de tipo ordinario (NSO.13.49.01:09).

La toma de muestra se realizó en la planta de tratamiento en época seca y en época lluviosa del año 2013, tomando una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada en época seca y dos muestras de agua cruda y dos muestras de agua tratada en época lluviosa, obteniendo así un total de 6 muestras (3 muestras de agua cruda y 3 muestras de agua tratada).

Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron fueron: pH, temperatura, demanda bioquímica oxígeno, demanda química oxígeno, grasas y aceites, sólidos totales en suspensión, y sólidos sedimentables; y los microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales.

Estos análisis se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, laboratorio acreditado por el OSA con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO ISO/IEC 17025:2005. Los parámetros microbiológicos fueron analizados en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Una vez realizados estos análisis pudimos corroborar que la planta de tratamiento de aguas de la Ciudad de Suchitoto, no está funcionando de manera correcta, esto debido a que el mantenimiento de las unidades no ha sido el adecuado, provocando un deterioro elevado. Los resultados obtenidos se dieron a conocer por medio de un informe al Consejo Municipal, en donde detallamos el problema y así que puedan realizar gestiones necesarias y mejorar el funcionamiento de la planta de tratamiento.

## **OBJETIVOS**

- El presente informe tiene como objetivo dar a conocer a las autoridades competentes del municipio de Suchitoto los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua que ingresa a la planta de tratamiento.
- Determinar con los análisis realizados, si las unidades de la planta de tratamiento funcionan de la manera adecuada después de haber cumplido su vida útil.
- Recomendar que las autoridades competentes den el mantenimiento adecuado a cada una de las unidades y que se realice un monitoreo periódico de las aguas que son arrojadas por la planta de tratamiento.

## **TOMA, MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS**

La toma de muestra fue dirigida puntual, ya que se tomó en dos puntos diferentes de la planta uno cuando el agua entra a ella en el pozo N° 1 (agua cruda) y el otro cuando sale de esta en el pozo N° 2 (agua tratada). El muestreo se realizó en época seca y época lluviosa del año 2013, tomando una muestra en época seca y dos muestras en época lluviosa, cada vez se tomó una muestra de agua cruda y una muestra de agua tratada, haciendo un total de 6 muestras (3 de agua cruda y 3 de agua tratada).

El muestreo en época seca se realizó solo una vez, ya que cuando se inició la investigación estaba finalizando dicha estación, mientras que para época lluviosa si se lograron tomar las dos muestras requeridas.

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos las muestras fueron tomadas en frascos de plástico de boca ancha de capacidad de un litro, a excepción de las muestras a las que se les determinará grasas y aceites que fueron tomadas en frascos de vidrio color ámbar; las muestras a las que se les determinaron los parámetros microbiológicos fueron tomadas en frascos de plástico de boca ancha estériles con capacidad de un litro; dichas muestras fueron transportadas en una hielera a una temperatura de refrigeración, aproximada a 4 °C, para sus respectivos análisis.

Los resultados que se obtuvieron fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) para verificar que la planta aún sigue depurando el agua.

## **METODOLOGÍA**

Los procedimientos se realizaron de acuerdo a los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Aguas Residuales. (APHA-AWWA-WPCF).

Dentro de los análisis realizados tenemos:

### **Parámetros fisicoquímicos:**

- pH
- Temperatura
- Demanda bioquímica oxígeno
- Demanda química oxígeno
- Grasas y aceites
- Sólidos totales en suspensión
- Sólidos sedimentables

### **Parámetros microbiológicos:**

- Coliformes totales
- Coliformes fecales

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, laboratorio acreditado por el OSA con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO ISO/IEC 17025:2005. Los parámetros microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Los resultados que se obtuvieron (Ver tabla N° 1 y tabla N° 2) fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales de tipo ordinario descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09) para verificar que la planta aún sigue depurando el agua.

### DIAGRAMA DEL PROCESO

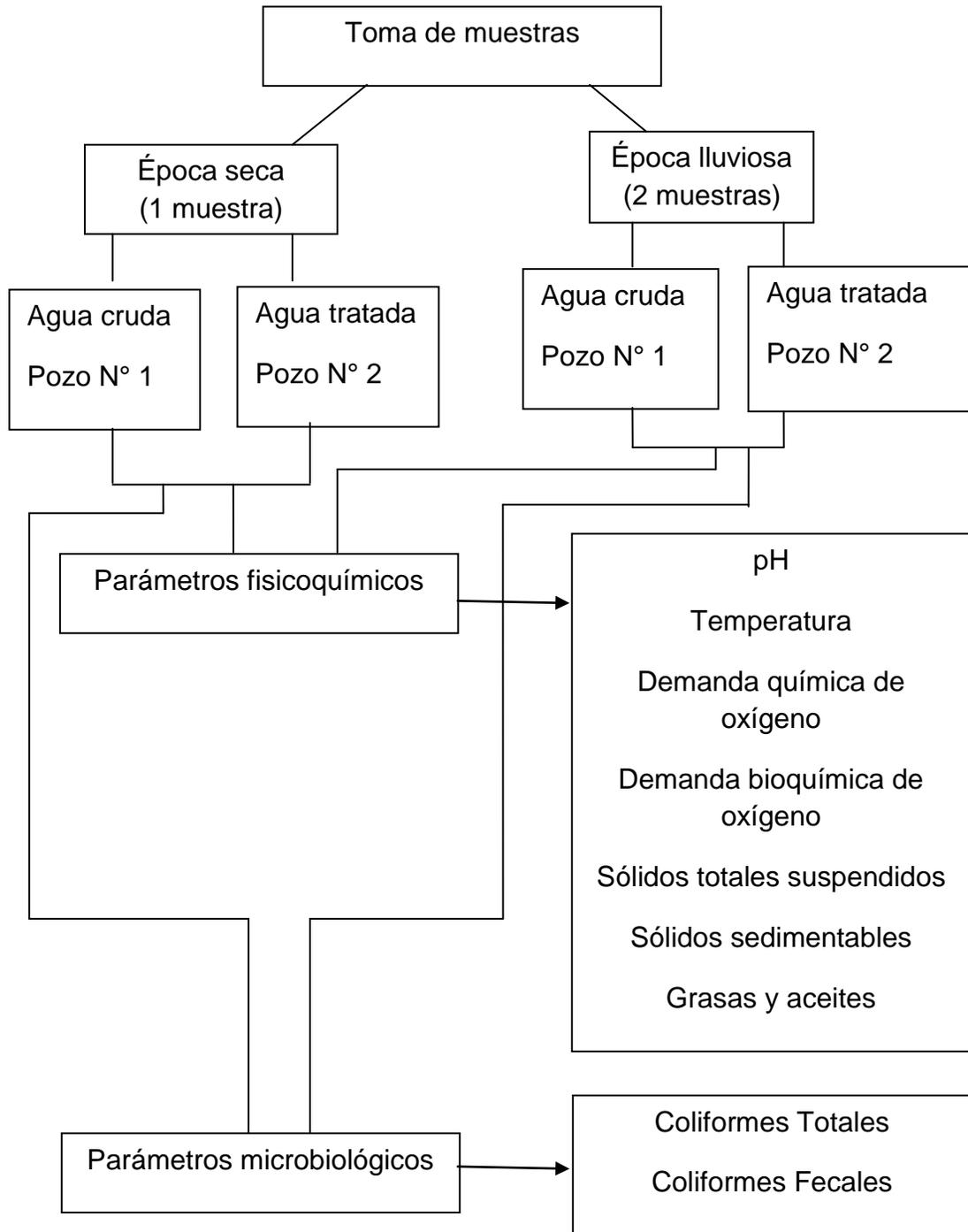


Figura N° 1: Proceso para la toma y transporte de muestras.

## RESULTADOS OBTENIDOS

### Resultados de los parámetros fisicoquímicos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos que se realizaron a las muestras de agua cruda y tratada de la planta de tratamiento de la ciudad de Suchitoto, estas determinaciones fueran hechas en el Laboratorio fisicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, los valores obtenidos fueron comparados con la Norma Oficial Salvadoreña para aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).

Tabla N° 1: Resultados de los parámetros fisicoquímicos realizados a la planta de tratamiento.

Parámetros fisicoquímicos	T (°C)	pH	SS (mL/L)	STS (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Grasas y aceites (mg/L)
<b>24/04/2013</b>							
Agua cruda	30 °C	7.42	9.0 mL/L	344 mg/L	635 mg/L	377 mg/L	12.9 mg/L
Agua tratada	31 °C	7.32	<0.2 mL/L	36 mg/L	347 mg/L	128 mg/L	3.6 mg/L
<b>29/05/2013</b>							
Agua cruda	29 °C	7.59	5.0 mL/L	464 mg/L	925 mg/L	415.33 mg/L	4.0 mg/L
Agua tratada	30 °C	7.04	<0.2 mL/L	112 mg/L	300 mg/L	112.67 mg/L	2.0 mg/L
<b>26/06/2013</b>							
Agua cruda	28 °C	7.68	2.0 mL/L	184 mg/L	823 mg/L	418 mg/L	20.7 mg/L
Agua tratada	28 °C	7.24	0.4 mL/L	16 mg/L	197 mg/L	54 mg/L	2.4 mg/L
<b>Norma CONACYT (NSO.13.49.01:09)</b>	<b>20-35 °C</b>	<b>5.5-9.0</b>	<b>1.0 mL/L</b>	<b>60 mg/L</b>	<b>150 mg/L</b>	<b>60 mg/L</b>	<b>20 mg/L</b>
<b>Método</b>	2550	4500-H <sup>+</sup>	2540F	2540D	5220	5210	5520
<b>Referencias</b>	Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y aguas residuales, 17 <sup>th</sup> Ed.						

Época seca:

Época lluviosa:

Resultados que se encuentra fuera de la Norma Salvadoreña Obligatoria:

## 5.2. Resultados de parámetros microbiológicos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos que se realizaron a las muestras de agua cruda y tratada de la planta de tratamiento de la ciudad de Suchitoto, estas determinaciones fueron hechas en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia, los valores obtenidos fueron comparados con la Norma Oficial Salvadoreña para aguas residuales descargadas en un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).

Tabla N° 2: Resultados de los parámetros microbiológicos realizados a la planta de tratamiento.

Parámetros microbiológicos	T (°C)	pH	Conteo de coliformes totales	Conteo de coliformes fecales
<b>24/04/2013</b>				
Agua cruda	30 °C	7.42	5x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	3x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	31 °C	7.32	2x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	5x10 <sup>5</sup> NMP/100 mL
<b>03/06/2013</b>				
Agua cruda	29 °C	7.59	5x10 <sup>6</sup> NMP/100 mL	1.4x10 <sup>8</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	30 °C	7.04	3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL	3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
<b>01/07/2013</b>				
Agua cruda	28 °C	7.68	1.7x10 <sup>8</sup> NMP/100 mL	3.3x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
Agua tratada	28 °C	7.24	1.6x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL	1.6x10 <sup>7</sup> NMP/100 mL
<b>Norma CONACYT (NSO.13.49.01:09)</b>	<b>20-35 °C</b>	<b>5.5-9.0</b>	<b>&lt; 1x10<sup>4</sup> NMP/100 mL</b>	<b>&lt; 2x10<sup>3</sup> NMP/100 mL</b>
<b>Método</b>	2550	4500-H <sup>+</sup>	Tubos múltiples	
<b>Referencias</b>	NSO.13.49-01:09 Para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.			

Época seca:

Época lluviosa:

Resultados que se encuentra fuera de la Norma Salvadoreña Obligatoria:

## CONCLUSIONES

1. El factor más importante que ha influenciado en el deterioro de la planta ha sido el descuido por parte de las autoridades encargadas del mantenimiento de la planta, las cuales en estos últimos años no han sido consientes de la gran importancia que la planta tiene para la depuración de aguas negras de la ciudad.
2. Otro factor que ha influido en el deterioro de las unidades es la corrosión, esto debido al alto grado de contaminación del agua que se trata dentro de la planta, en la cual están presentes muchos electrolitos que forma reacciones químicas con los metales (sulfatos, cloruros, etc.) también influye la cantidad de oxígeno disuelto y el pH.
3. Debido a que la ciudad de Suchitoto no genera aguas de tipo especial, solo aguas de tipo domésticas los valores de pH y temperatura no se ven afectados significativamente , es por ello que los resultados se encuentran dentro de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09).
4. Los análisis de sólidos sedimentables muestran que el desarenador funciona de forma correcta, y que el proceso de sedimentación se ve favorecido debido al peso de las partículas y a la forma cónica de los sedimentadores primario y secundario, cumpliendo así con lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), tanto para época seca como para época lluviosa.

5. En los valores de sólidos totales suspendidos, hay dos de estos que si cumplen con las especificaciones y uno de estos valores sale de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto debido al deterioro de los cinchos metálicos de ambos sedimentadores.
6. En los resultados obtenidos en la demanda bioquímica de oxígeno dos valores que se encuentran fuera de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), y un valor tomado en época lluviosa que se encuentra casi al límite de lo especificado, esto debido a la gran carga bacteriana presente en el agua, lo cual genera una gran demanda de oxígeno disuelto.
7. En los resultados de demanda química de oxígeno los valores obtenidos son superiores a la demanda bioquímica de oxígeno (aproximadamente el doble), esto debido a que se oxidan por este método también las sustancias no biodegradables. De las muestras analizadas ninguna se encuentra dentro de lo especificado, tanto en época seca como para época lluviosa. Las unidades que influyen en este proceso, al igual que en la demanda bioquímica de oxígeno son los sedimentadores y el filtro biológico, este se encuentra funcionando a menos de 10%.
8. Todos los análisis de grasas y aceites, tanto para época seca como para época lluviosa, están dentro de lo especificado por la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto significa que la trampa de grasas y aceites funciona correctamente, esto se debe a que es una estructura de concreto, por lo cual no se ha visto deteriorada por la corrosión.

9. En los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, hay valores de las muestras de agua cruda y tratada que se encuentran por encima de lo que especifica la Norma Salvadoreña Obligatoria para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor (NSO.13.49.01:09), esto debido a que el filtro biológico se encuentra dañado casi en su totalidad.
10. Al comparar los resultados de época seca y época lluviosa podemos ver que los valores disminuyen en época lluviosa, esto se debe a que se encuentran más diluidas las materias orgánicas e inorgánicas, por el aumento del flujo de agua dentro de la planta, ya que algunas viviendas de la ciudad tiene conectada los ductos de agua lluvias con los de aguas negras, de ahí que el caudal se eleva considerablemente en época lluviosa, generando así la disminución de los contaminantes en los parámetros investigados.
11. El by pass es una unidad muy importante ya que ésta es la que sirve a la planta cuando el caudal comienza a aumentarse, esto sobretodo en época lluviosa, cuando el agua comienza a aumentar su volumen, el by pass se activa desviando el agua, para que no entre a la planta y pueda dañar más las unidades, pero cuando esto sucede el agua es desviada directamente a la quebrada sin ningún tipo de tratamiento, este es uno de los puntos críticos que deben de analizar los encargados de la planta de tratamiento.
12. La realización de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los parámetros en los diferentes puntos de toma de muestra permitió una interpretación más clara de los resultados para que las autoridades competentes puedan corregir las unidades que se encuentran más afectadas, y así la planta tenga un mejor funcionamiento.

## RECOMENDACIÓN

Para la mejora de la planta de tratamiento de la Ciudad de Suchitoto, primeramente se debe de tomar conciencia por parte de las autoridades competentes del grado de deterioro en que esta planta se encuentra, y para regenerar nuevamente el buen funcionamiento de la planta se debe realizar una reparación completa de las unidades más afectadas que son el filtro biológico y los cinchos metálicos de los sedimentadores primario y secundario. Primeramente deben de contratar más personal para trabajar exclusivamente en la planta y que los capaciten, y se pueda analizar de forma periódica el agua que llega a la planta de tratamiento, y al mismo tiempo dar el mantenimiento adecuado a cada una de las unidades, como se especifica en el “Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Casco Urbano de Suchitoto”. Además deben de realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos por lo menos de 1 a 2 veces al año, que es lo que exige el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). También tienen que regenerar el sistema de cloración utilizando una cantidad adecuada de cloro para la protección de la flora y la fauna presente en la quebrada Acupa que es donde vierte las aguas la planta para su posterior descargo en el lago Suchitlán.

**ANEXO N° 9**  
**MARCHAS ANALÍTICAS DE LOS PARÁMETROS REALIZADOS**  
**(FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS)**

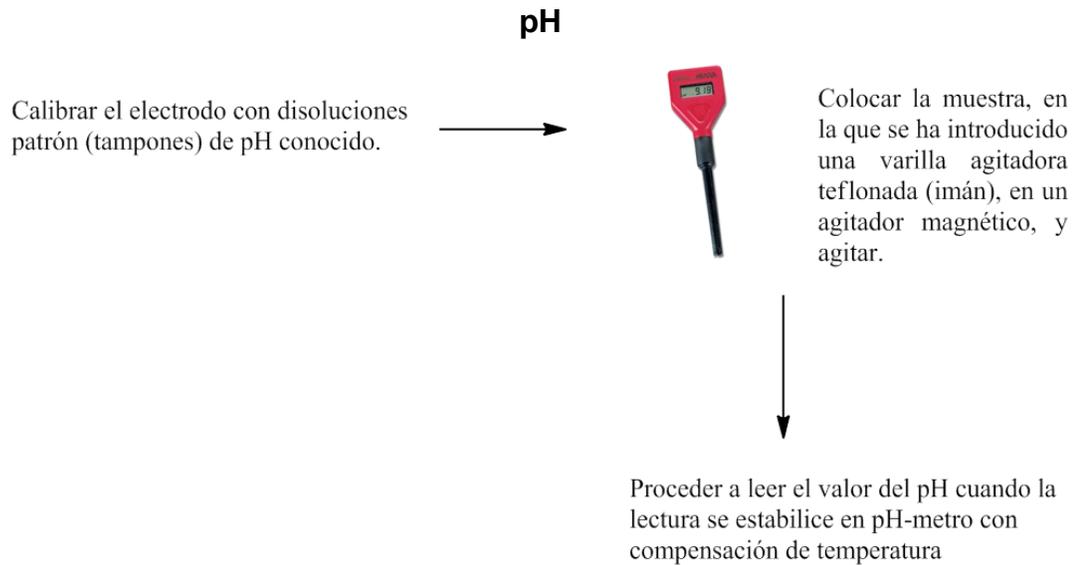
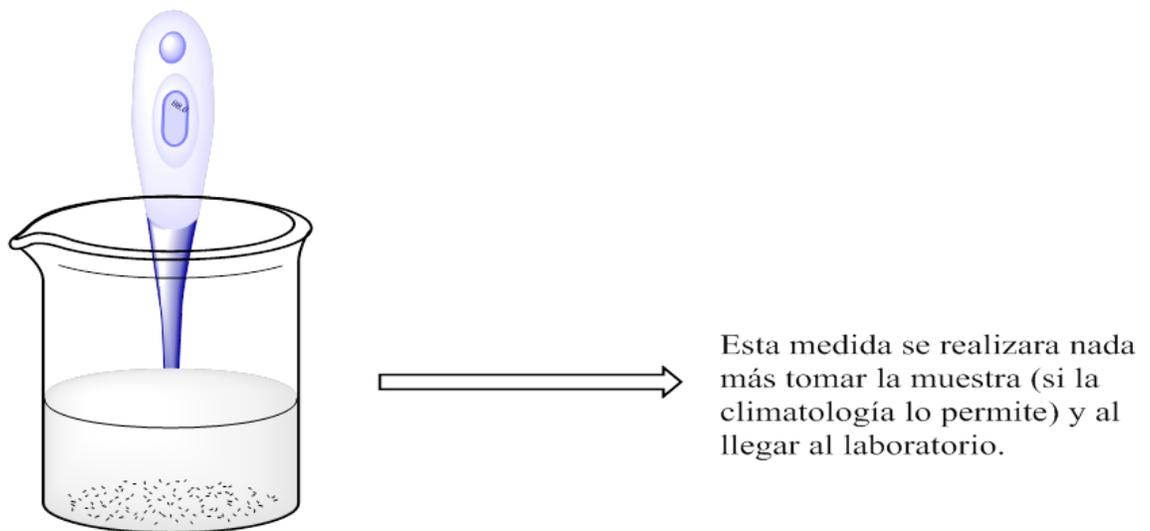


Figura N° 17: Marcha analítica para medir el pH de una muestra de agua.

### Temperatura



Sumergir el termómetro en el interior de la muestra hasta una profundidad determinada y esperar hasta lectura constante.

Figura N° 18: Marcha analítica para medir la temperatura de una muestra de agua.

## Sólidos sedimentables

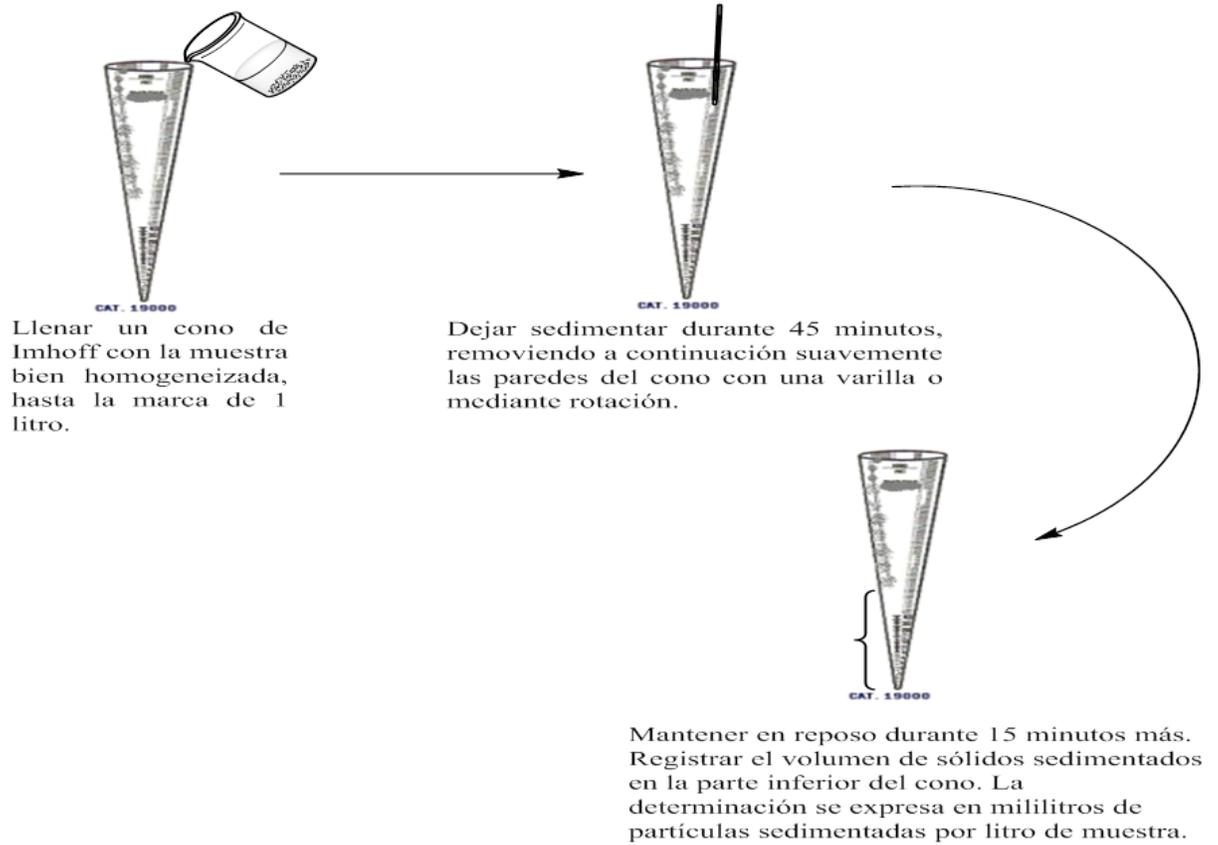


Figura N° 19: Marcha analítica para medir los sólidos sedimentables de una muestra de agua usando con el cono de Imhoff.

## Sólidos totales suspendidos

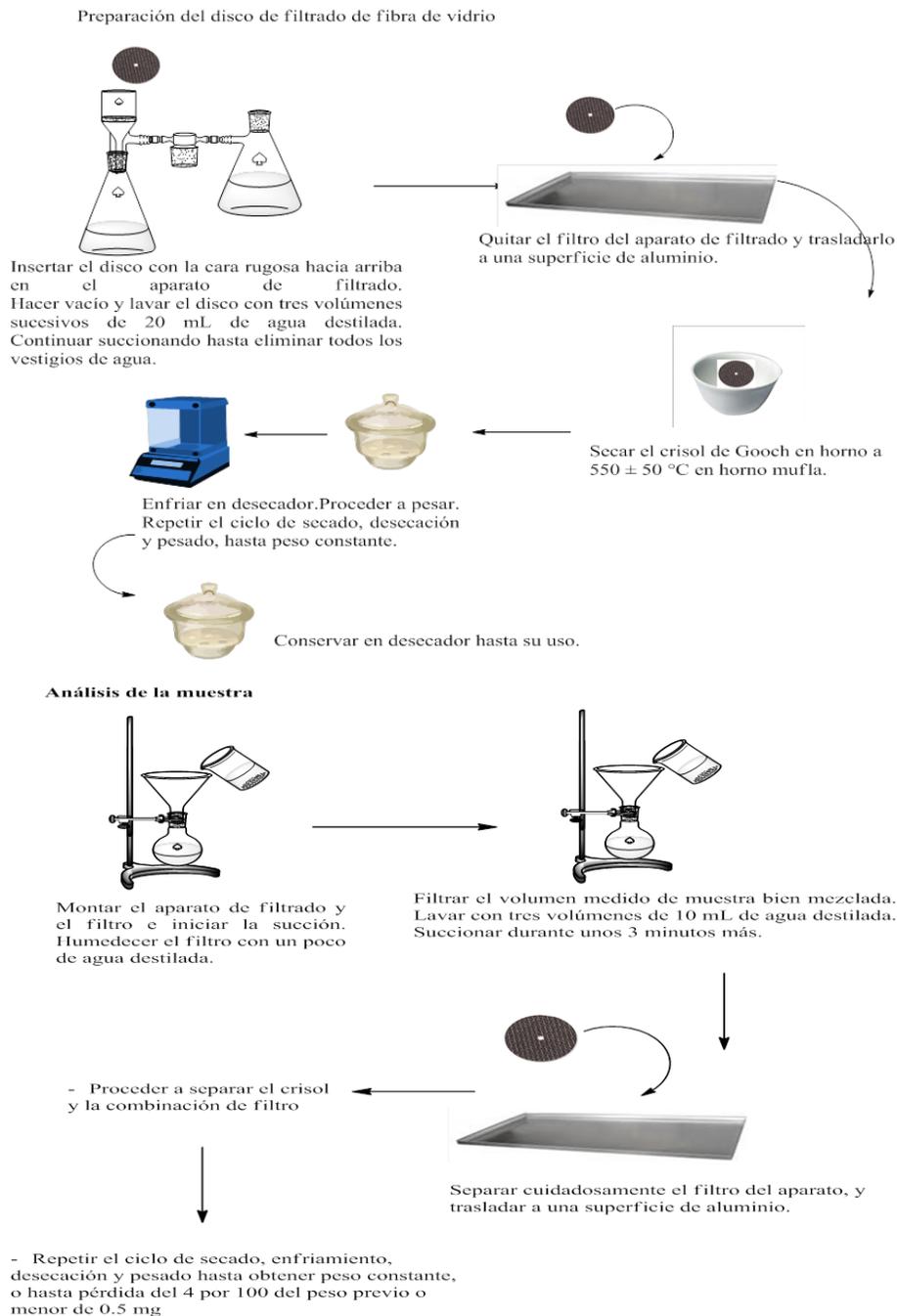


Figura N° 20: Marcha analítica para medir los sólidos totales suspendidos de Una muestra de agua.

## Demanda bioquímica de oxígeno

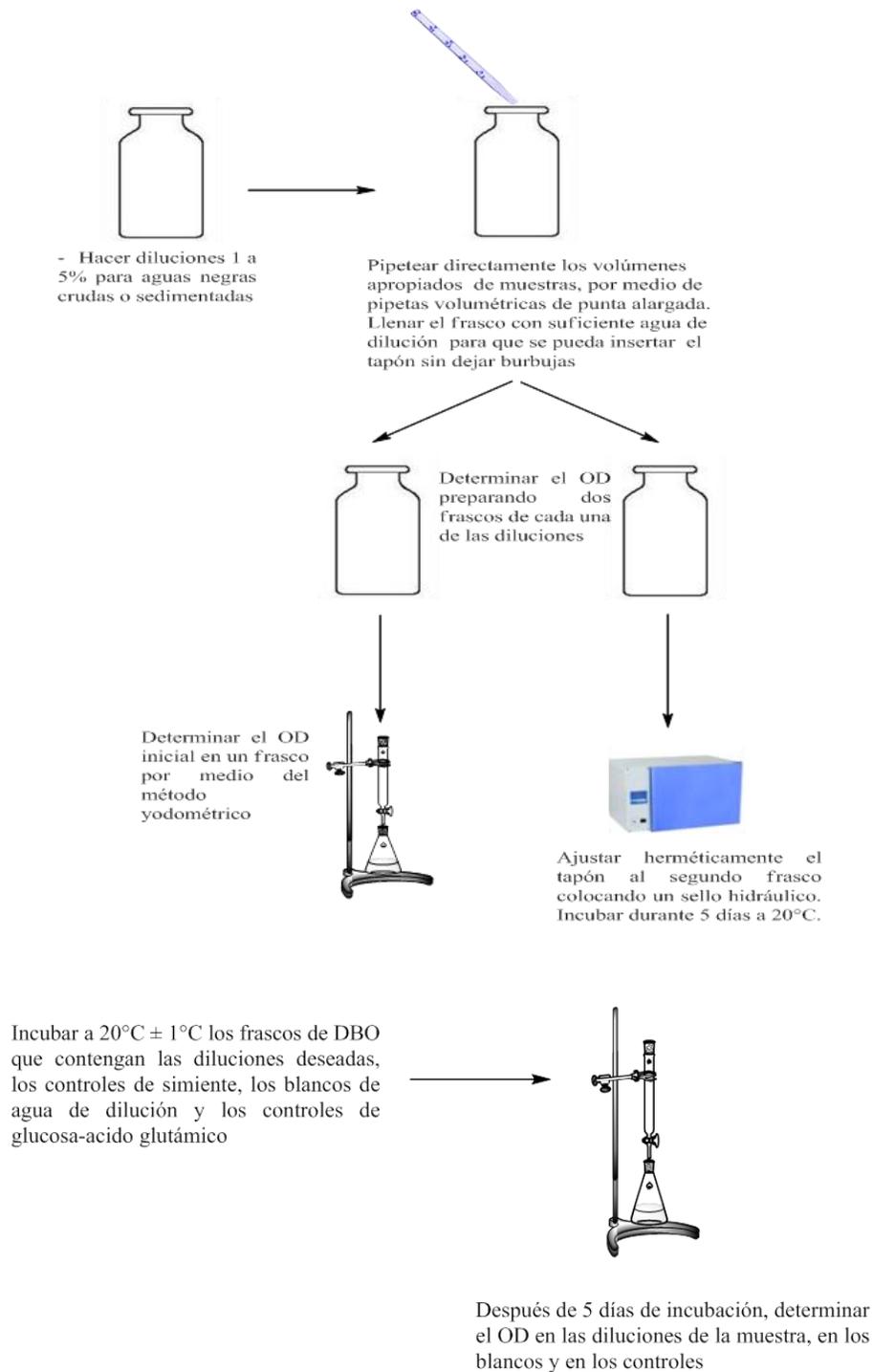


Figura N° 21: Marcha analítica para medir la demanda bioquímica de oxígeno de una muestra de agua.

## Demanda química de oxígeno

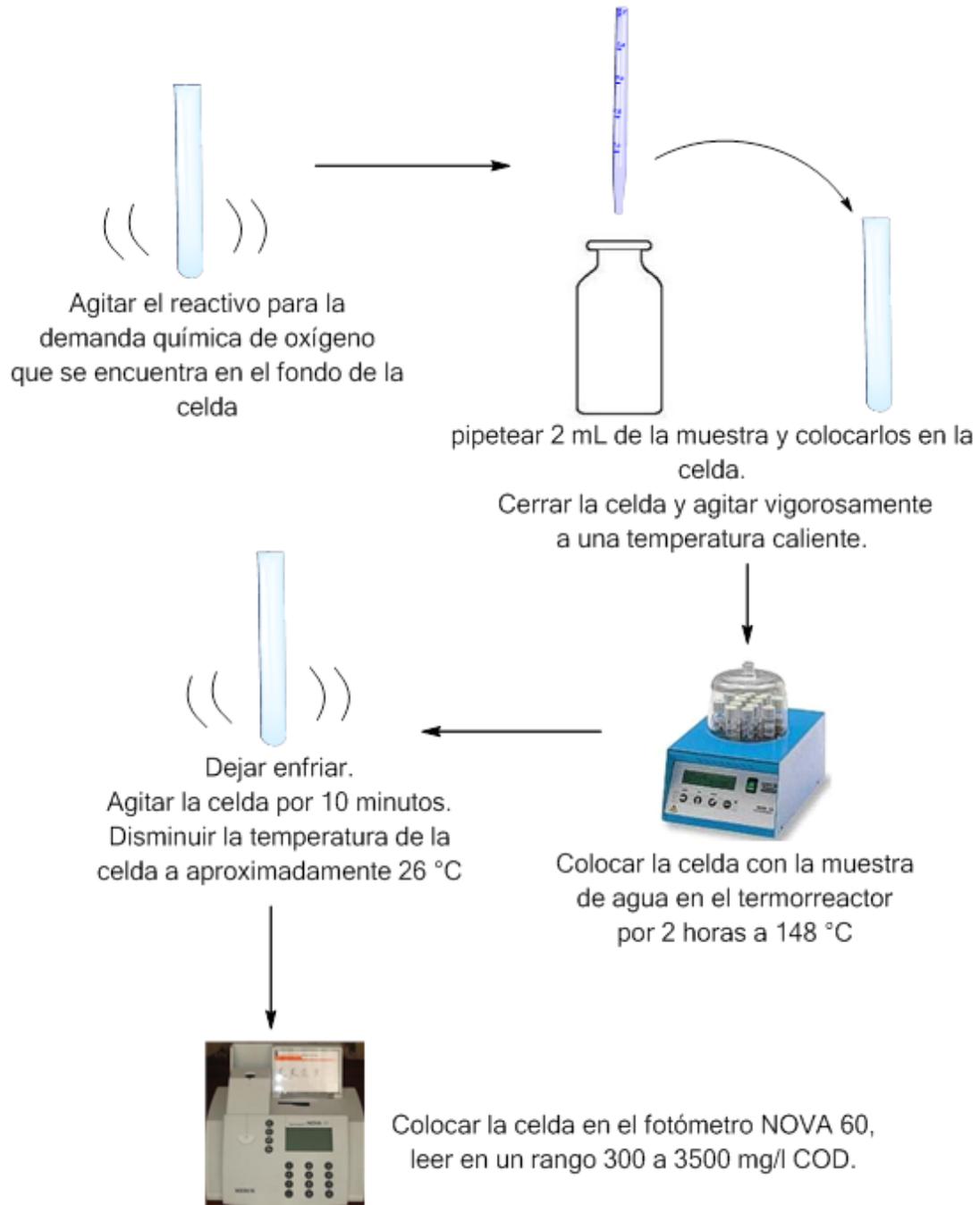
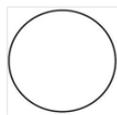


Figura N° 22: Marcha analítica para medir la demanda química de oxígeno de una muestra de agua.

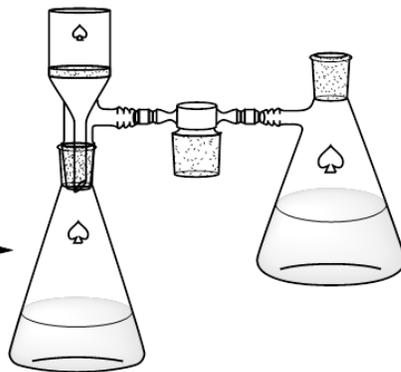
## Grasas y Aceites



- Tomar el volumen de 1 litro de aguas negras en un frasco de boca ancha, previamente aforado a 1 litro. Acidular a pH 2 o inferior; por lo general son suficientes 5 mL de HCl concentrado

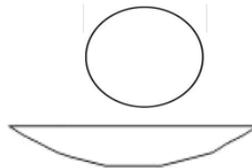


- Preparar un filtro que se forma con un disco de tela de muselina al que se sobrepone un disco de papel filtro. Humedecer el papel y la muselina y se presan bien en las orillas



Con la aplicación de vacío, pasar a través del filtro 100 mL de la suspensión auxiliar de filtración y lavar con un litro de agua destilada. Seguir aplicando el vacío hasta que no escurra más agua el filtro.

- Filtrar la muestra acidulada a través del filtro preparado. Seguir aplicando vacío hasta que no escurra más agua por el filtro.



- Por medio de unas pinzas pasar el papel filtro a un vidrio de reloj y agregar el material que se adhiera en las orillas de la tela de muselina



Se enrolla todo el papel del filtro que contenga muestra y encájese en un dedal de extracción del papel.

Limpiar los lados y el fondo del envase de muestra, lo mismo que el agitador y el embudo Buchner, con pedazos de papel filtro empapado en disolvente, Los pedazos de papel filtro se agregan al papel filtro del vidrio de reloj.

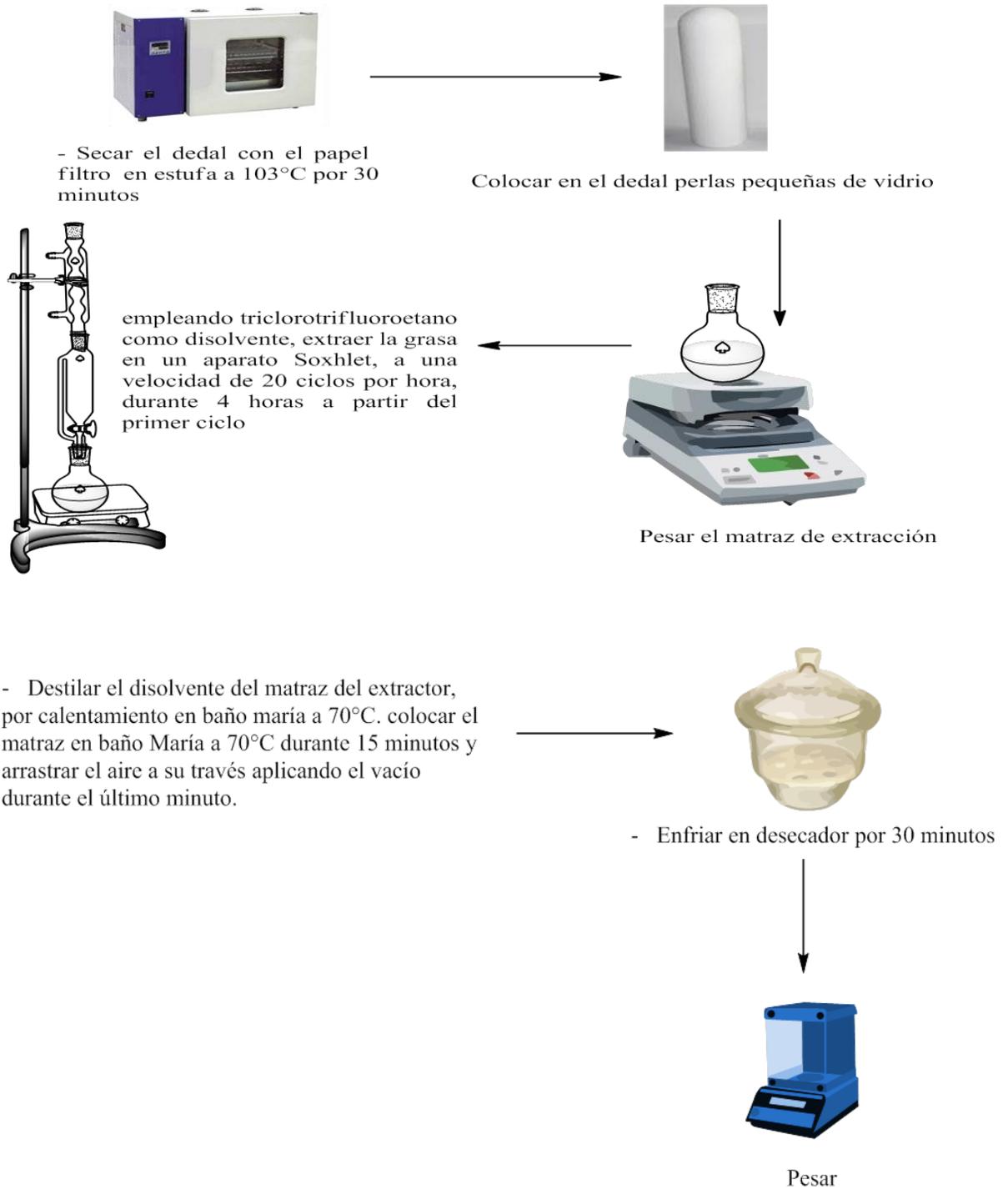


Figura N° 23: Marcha analítica para medir la cantidad de grasas y aceites presentes en una muestra de agua.



**ANEXO N° 10**  
**NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA: NSO.13.49.01:09**  
**AGUAS. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO**  
**RECEPTOR.**