

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA  
LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL



**“DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS  
ACTIVADOS DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL HOSPITAL  
NACIONAL ROSALES, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO  
DE SAN SALVADOR, EN EL PERIODO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE  
2018”.**

**PRESENTADO POR:**

**GLENDY YAMILETH ESCOBAR DE RAMIREZ**

**MARTA CÓRDOVA ORTIZ**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL**

**ASESOR:**

**LICENCIADO SALVADOR HUMBERTO CEDILLOS MEDINA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2018

**RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:**  
Maestro Roger Armando Arias

**VICERECTOR ACADEMICO:**  
Dr. Manuel de Jesus Joya

**SECRETARIO GENERAL:**  
Lic. Cristobal Hernán Ríos Benítez

**DECANA DE LA FACULTAD DE MEDICINA:**  
Dra. Maritza Mercedes Bonilla Dimas

**VICEDECANA DE LA FACULTAD DE MEDICINA:**  
Licda. Nora Elizabeth Abrego de Amado

**DIRECTORA DE LA ESCUELA DE TECNOLOGIA MEDICA:**  
Licda. Dálide Lastenia Ramos de Linares

**DIRECTORA DE LA CARRERA LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL:**  
Licda. Astrid Violeta Villalobos Velázquez

**ASESOR DE SEMINARIO DE GRADUACION:**  
Lic. Salvador Humberto Cedillos Medina

**TRIBUNAL EVALUADOR**

**LICDA: ADA RUTH MEMBREÑO NOLASCO**

**LIC: OSCAR ALBERTO IRAHETA BLANCO**

**LIC: SALVADOR HUMBERTO CEDILLOS MEDINA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Marta Córdova Ortiz

Es una satisfacción enorme el poder concluir una etapa mas de mi vida, un largo recorrido que no ha sido fácil, pero del cual me siento orgullosa y motivada de poder cumplir cualquier objetivo que me proponga.

Este logro no habría sido posible principalmente con la ayuda de Dios quien es el centro de mi vida, asimismo por mi madre, el ser mas valioso de esta tierra ella quien nunca ha dudado de mi capacidad y que a pesar de los obstáculos siempre estuvo ahí para recordarme que podía lograrlo, a mi hermana Evelin quien ha sido como mi segunda madre con su apoyo incondicional todos estos años de estudio y a toda mi familia que de una u otra manera han estado ahí apoyándome por lo que también son merecedores de este triunfo, mencionar también al equipo de docentes que con mucha paciencia y dedicación aportaron su apoyo durante la investigación, humildemente no me queda mas que decir “Muchísimas gracias”

Glenda Yamileth Escobar de Ramírez

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, por ser mi guía, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi familia por haber sido mi apoyo lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida especialmente a mi esposo Marvin Ramírez por su apoyo y comprensión durante todo este tiempo, a mi hijo Samuel Ramírez Escobar quien a sido el motivo de inspiración para no darme por vencida y el motor que me ayuda a seguir siempre adelante, a mi madre Jova Mancía porque en todo momento ha sido mi apoyo incondicional y esta conmigo siempre que la necesito. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Esta tesis está dedicada también a la memoria de mi padre Jesús Escobar quien partió de nuestro lado y que se que su vacío será grande al no tenerlo presente en un momento tan importante de mi vida pero que donde este sé que se sentirá muy orgulloso y estará presente en mi corazón.

Agradezco a nuestros docentes de la carrera de Salud Ambiental de la Universidad de El Salvador, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Licenciado Salvador Humberto Cedillos asesor de nuestro proyecto de investigación. De igual manera agradezco a mi amiga y compañera de tesis Marta Córdova Ortiz que juntas hemos compartido esta experiencia llena de emociones y muchas veces frustraciones pero que juntas hemos logrado superar esos momentos difíciles y llegar a este momento tan importante y satisfactorio de nuestras vidas.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO I.....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4. OBJETIVOS .....	16
CAPÍTULO II.....	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL LUGAR DE ESTUDIO .....	18
2.2. BASE TEORICA.....	21
2.2.1. AGUAS RESIDUALES.....	21
2.2.2. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES .....	22
2.2.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS .....	34
2.2.4. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS .....	39
2.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	47
3.5. MARCO LEGAL .....	50
CAPITULO III .....	52
3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	53
CAPITULO IV .....	57
4.1. DISEÑO METODOLOGICO.....	58
➤ TIPO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN INVESTIGACIÓN.....	58
➤ POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	58
➤ UNIDADES DE ANÁLISIS .....	58
➤ TÉCNICA E INSTRUMENTOS.....	59
➤ VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	60
➤ PLAN DE PROCESAMIENTO, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	60
CAPITULO V .....	62
5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	63
CAPITULO VI .....	97

6.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES .....	101
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	104
ANEXOS.....	105
ANEXO 1: GUÍA DE ENTREVISTA .....	106
ANEXO 2: GUIA DE OBSERVACIÓN .....	113
ANEXO 3: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.....	119
ANEXO 4: PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE CAUDAL .....	128
ANEXO 5. FOTOGRAFIAS .....	129
ANEXO 6: PROPUESTA DE CAPACITACIÓN Y MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES.....	134

## INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta el trabajo de investigación sobre el diagnóstico de las tres plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el hospital Nacional Rosales, las cuales se han identificado de la siguiente manera; planta de tratamiento de la Unidad de Emergencias, planta de tratamiento del Bloque Quirúrgico construida con financiamiento de Japon y planta de tratamiento de la Unidad de Especialidades.

Se hace mención de los problemas generados por la falta o inadecuado tratamiento de las aguas hospitalarias, se citan las condiciones ideales de una planta de tratamiento de lodos activados que debieran ser las óptimas para evitar la contaminación del medio ambiente y la afectación a la salud publica de igual manera se aborda el marco jurídico de país referente a las aguas residuales.

El documento consta de siete capitulos capítulos; estructurado de la siguiente manera, el primero, planteamiento del problema, constituido por la situación problemática, el enunciado del problema, justificación y los objetivos de la investigación, el segundo, denominado Marco teórico, que se divide en dos apartados, los antecedentes del problema relacionados al área de estudio y la base teórica que sustenta la presente investigación, el tercero, operacionalizacion de variables, compuesta por una matriz que detalla la variable, las subvariables, definición, dimensiones, e indicadores a evaluar, el cuarto capítulo, Diseño metodológico, se define el tipo de estudio, población o muestra, unidades de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizan para llevar a cabo el plan de análisis y tabulación de datos, el quinto capítulo contiene los resultados obtenidos de la investigación, un sexto capítulo contiene conclusiones y recomendaciones y por ultimo los anexos.

# CAPÍTULO I

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.**

Los problemas asociados a los líquidos residuales generados en centros de salud han sido motivo de preocupación internacional debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros.

La contaminación de los ecosistemas acuáticos naturales por las aguas residuales de origen hospitalario es uno de los temas de mayor atención ambiental y para la salud humana desde hace algunos años. Diversos investigadores reportan que estas aguas residuales representan un problema en cuanto a su eliminación, debido al peligro latente de elevadas concentraciones de microorganismos y/o virus (entero bacterias, coliformes fecales, entre otros), algunos de los cuales pueden haber adquirido multi - resistencia antibiótica, también pueden estar presentes: solventes y metales pesados.

La información respecto a datos estadísticos de los hospitales es muy escasa, sin embargo según investigaciones se conoce que consumen un volumen diario de agua bastante significativo. De hecho, mientras el consumo doméstico de agua a nivel internacional se sitúa alrededor de 150 litros persona/ día el valor admitido generalmente para los hospitales está dentro de rango de 400 a 1200 litros cama/día

Uno de los análisis que permite evaluar el impacto de la actividad hospitalaria sobre los recursos hídricos es la determinación de la carga contaminante asociada al caudal de aguas residuales que se genera diariamente. Puede estimarse que el 80% del volumen de agua consumido en un hospital en un día corresponde a la generación de aguas residuales.

A nivel mundial en general respecto a las aguas residuales el 80 % de las aguas residuales no reciben un tratamiento adecuado para evitar la contaminación y la propagación de enfermedades, una situación que perjudica sobre todo a los países menos desarrollados y que refleja el informe «Gestión de Aguas Residuales», elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones Unidas (ONU) Hábitat y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ante esta situación, PNUMA ha instado a los gobiernos a convertir el tratamiento de las aguas residuales en una prioridad para la agenda del desarrollo<sup>1</sup>.

Por otra parte a nivel regional los datos del Banco Mundial revelan que un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica, vuelven a los ríos sin ser tratadas, es una realidad cada vez más cierta para esta región donde tres cuartas partes de las aguas fecales o residuales vuelven a los ríos y otras fuentes hídricas, creando un serio problema de salud pública y para el medio ambiente. Latinoamérica es una de las regiones más biodiversas del mundo y es dueña nada menos que de un tercio de las fuentes de agua del mundo. La contaminación del agua atenta contra ese orden<sup>2</sup>.

La precaria, obsoleta e insuficiente infraestructura con que se cuenta para el tratamiento de las Aguas Residuales, aunado al inadecuado manejo de aguas crudas representa un serio riesgo no solo a los habitantes de las zonas marginales, por donde circulan estas aguas, sino a la sociedad en su conjunto.

El Salvador no es la excepción ante esta problemática ya que según un estudio sobre “Gestión de las excretas y las aguas residuales” realizado por Foro Centroamericano y República de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD APS) y Cooperación Suiza de

---

<sup>1</sup>ABC ES [Internet]. España: Madrid; 2015[Actualizado 2 de feb. de 2015; citado 15 mar de 2017]  
Disponible en: <http://www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html>

<sup>2</sup> Banco Mundial. [Internet] Estados Unidos; 2013 [Actualizado 31 de dic. de 2013; citado 20 de mar de 2017] Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

Desarrollo (COSUDE) en 2013 se estimó que el número de plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en el país es de 89, y las tecnologías implantadas en primer lugar se encuentra la tecnología de Filtros Percoladores, con un tratamiento primario como primera etapa y una sedimentación secundaria después del filtro; el segundo tratamiento es implantación de Lodos Activados, en su variante de aireación extendida que ha sido muy utilizado en urbanizaciones que no podían verter sus aguas colectores existentes, a pesar de los esfuerzo de los tratamientos implantados éste mismo estudio revela que del porcentaje total de las aguas residuales a nivel nacional solo un 3% de volumen de agua es tratado.

Una de las problemáticas a tomar en cuenta es la generación de aguas residuales de tipo hospitalaria, la cual requiere una importancia significativa debido a que los hospitales consumen importantes volúmenes de agua por día dependiendo del número de personal que labora, la cantidad de pacientes atendidos diariamente considerando las camas censales y no censales y a los diferentes usos del agua dentro de las instalaciones; generando otro volumen similar de agua residual con microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados o no, compuestos tóxicos y químicos difíciles de tratar por sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales.

Las composiciones de las aguas residuales hospitalarias son peligrosas para el equilibrio ecológico y la salud pública contribuyendo a los índices de morbilidad en el país, (según la OMS y Organización Panamericana de la Salud OPS para el 2007 las enfermedades gastrointestinales constituyeron la sexta causa de consultas médicas, algunos estudios las asocian con el inadecuado sistema de saneamiento y la contaminación de los cuerpos de agua por vertidos de aguas residuales sin un previo tratamiento ) esto implica que un tratamiento ineficiente de estas aguas puede conducir a brotes de enfermedades y contaminación del agua para consumo humano, es por ello que se vuelve de vital importancia que estas aguas generadas en los centros de salud sean tratadas adecuadamente antes de ser vertidas a los sistema de alcantarillado o a un cuerpo receptor determinado, cumpliendo así con parámetros máximos permisibles según normativas vigentes de país.

Los procesos convencionales usados en las plantas de tratamiento de las ciudades no son capaces de remover la contaminación que aportan los efluentes hospitalarios (Verlicchi et al., 2010). Y contaminación radiactiva (Kumar et al., 2

## **1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

**¿CUÁL ES LA CONDICION DE FUNCIONAMIENTO Y EFECTIVIDAD DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS ACTIVADOS DE LAS AGUAS RESIDUALES, GENERADAS EN EL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018?**

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Los problemas causados por los líquidos residuales generados en los hospitales son considerados como una problemática que causa preocupación internacionalmente y a nivel de país debido al peligro potencial de contaminación ambiental y de propagación de enfermedades generado por la ausencia de tratamientos adecuados que ayuden a la eliminación de los contaminantes de las aguas de origen hospitalarias; es por ello que el tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que propicia disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos receptores de estas aguas, pero para que esta medida tenga éxito se debe garantizar el adecuado procedimiento de los tratamientos mediante un diagnóstico oportuno que permita conocer si la infraestructura es adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y si la misma dispone con las condiciones físicas y de funcionamiento adecuado; si el personal que opera está capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

Diagnósticar la condición de funcionamiento y efectividad de las 3 plantas de tratamiento de aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales son que influyen competentes en garantizar el buen funcionamiento y cumplir con los parámetros establecidos por la legislación de país, siendo beneficiada también la población que podría verse afectada por la contaminación generada en la zona, por otro lado se pretende contribuir a la protección del medio ambiente de la contaminación de ese tipo de aguas generadas.

## 1.4. OBJETIVOS

### **General:**

- Analizar las condiciones de funcionamiento y efectividad de las plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales, Municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, en el periodo comprendido de octubre de 2017 a marzo de 2018.

### **Específicos:**

- Describir los procesos unitarios y sus condiciones actuales de funcionamiento de cada una de las plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales.
- Identificar la realización de operación y mantenimiento en cada una de las plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales.
- Determinar la calidad de las aguas afluentes - efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados generadas en el Hospital Nacional Rosales.
- Identificar aspectos relacionados a la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores encargados de operar las plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales.
- Elaborar una propuesta técnica - educativa para la implementación del programa de operación y mantenimiento para las plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales.

# CAPÍTULO II

## II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL LUGAR DE ESTUDIO

El Hospital Nacional Rosales está ubicado en la ciudad de San Salvador, El Salvador. Como dependencia del Ministerio de Salud Pública en este país, es considerado el principal centro de salud para referencia de pacientes a nivel nacional y el más especializado para el tratamiento de diversas afecciones<sup>3</sup>.

A finales del siglo XIX la ciudad de San Salvador necesitaba de un hospital grande y moderno, por lo que el Dr. Ramón García González tuvo la idea de construir un hospital y financiarlo mediante la fundación de una lotería, la "Lotería del Hospital", que posteriormente se convertiría en la Lotería Nacional de Beneficencia. Originalmente la obra era denominada como «Casa de los Enfermos de San Salvador», y fue realizada gracias a don José Rosales, quien dispuso su testamento a favor de la construcción del hospital.

Su diseño básico fue esbozado por don Alberto Toflet, francés radicado en El Salvador. Su construcción con piezas metálicas prefabricadas fue encomendada a la Société Forges d'Aiseau de Bélgica, desde donde fue transportado por barco, aunque primero erróneamente a Salvador de Bahía en Brasil y luego por fin a su destino final, siendo ensamblado pieza por pieza en los terrenos donados por don José Rosales. La primera piedra fue colocada el 9 de abril de 1891. Durante la ceremonia se depositó una caja metálica que contiene una plancha de cobre con la siguiente inscripción: "Bajo la protección de Dios todopoderoso,

---

<sup>3</sup>Hnr. [Internet]. El Salvador. 2016 [Actualizado, may. 30 de 2016, citado 31 de mar. de 2017] Disponible en. <http://www.hnr.gob.sv/index.php/institucion2>.

y con los cuantiosos recursos donados por Don José Rosales, se comienza la obra de éste hospital, siendo presidente Don Carlos Ezeta, quien puso la primera piedra; y bendijo la obra el ilustrísimo señor obispo Adolfo Pérez y Aguilar. San Salvador, Abril 9 de 1981".

Para la construcción del Hospital Rosales se contrató la Cocieté Forges d'Aiseau, de Bélgica, casa que estaba representada por el señor Carlos Kimps, siendo su apoderado el doctor Hermógenes Alvarado p. escritura que se firmó el 1º de Junio de 1892. Finalmente el 13 de Julio de 1902, se inauguró el edificio, siendo de esta manera que en el año de Gracia de 2002, después de 100 años, orgullosamente, es el máximo Centro de Beneficencia, el Hospital Rosales honra en el patio principal una estatua al señor José Rosales, a su imperecedera memoria, a su elevado altruismo. Cuando se inauguró el Hospital Rosales, sendos discursos de Merecimiento nacional fueron pronunciados por el General Juan José Cañas autor de la letra del Himno Nacional; y con emotivo agradecimiento por el doctor David J. Guzmán. Esta virtud de gratificación de sentimientos, ha sido siempre una demostración de coexistencia espiritual entre los Salvadoreños.

El Hospital Nacional Rosales, es un Hospital de referencia de las Redes Integrales e Integradas de los Servicios de Salud (RIISS) para Medicina y Cirugía con las correspondientes especialidades, el área geográfica de influencia es Nacional para la población salvadoreña mayor de 12 años, atendiendo a los pacientes con enfermedades que ameritan el tercer nivel de atención. La capacidad instalada es de 696 camas, 533 camas censables y el resto camas no censables; constituidas en 34 servicios de hospitalización con camas censables y 11 servicios de hospitalización con camas no censables. Cuenta con capacidad instalada de 18 quirófanos y con proyecto a corto plazo para abrir otros 6 quirófanos en Hospital de Especialidades. Para las actividades que en él se desarrollan, se dispone con un área total del inmueble de **62,307.54 m<sup>2</sup>**, de la cual se encuentran construida **51,487.30 m<sup>2</sup>** equivalente al **82.63%** de la superficie total.

Entre los servicios que presta se destacan los siguientes: Servicio de emergencia las 24 horas, Servicio de hospitalización hombres, mujeres, niños y bienestar magisterial Intervenciones quirúrgicas mayores y menores; Servicio de máxima urgencia; Consulta externa, Exámenes de laboratorio clínico; Unidad de diagnóstico por imágenes; Unidad de ultrasonografía, Servicios de alimentación y dietas, Terapia respiratoria; Servicios de lavandería; fisioterapia; farmacia; curaciones e inyecciones, cirugía maxilo facial, hematología, observación medicina y cirugía; oncología médica y cirugía; Infectología; consulta neurología hombres y mujeres; endocrinología; cardiología; nefrología hospitalización; servicio de respuesta rápida medicina y cirugía; cirugía plástica hombres y mujeres; ortopedia hombres y mujeres; urología; oftalmología; unidad de hemodiálisis; unidad diálisis peritoneal automática y manual; UCI general y quirúrgica; máxima urgencia medicina y cirugía; quimioterapia y cirugía ambulatoria; iodoterapia; pediatría; Psiquiatría; Psicología salud Mental; patología; anestesiología; sala de autopsias y Trabajo Social.

A continuación se describen las dependencias existentes según los servicios que se prestan en las áreas que generan aguas residuales.

#### **Hospitalización especialidades de cirugía(planta Japon)**

- Cirugía General
- Neurocirugía
- Ortopedia y traumatología
- Cirugía Plástica
- Otorrinolaringología
- Cirugía Cardiovascular
- Oftalmología
- Urología

#### **Hospitalización especialidades de medicina:**

- Medicina Interna
- Cardiología
- Infectología
- Nefrología
- Endocrinología
- Hemato-oncología
- Bienestar Magisterial
- Neurología-Ictus
- Oncología

- Observación Medicina
- Servicio de Respuesta Rápida

### **Emergencias de medicina.**

- Tiempo de atención
- Atención de emergencias de pacientes espontáneos o referidos del 1° y 2° nivel Atención a pacientes
- Interconsultas telefónicas de hospitales periféricos, en apoyo a manejo de pacientes
- Unidad de Máxima Urgencia de Medicina

## **2.2. BASE TEORICA**

### **2.2.1. AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales son el resultado de la utilización del agua para distintos fines. Como consecuencia de este uso, el agua recoge materias en suspensión y disueltas que alteran sus propiedades. Dependiendo del tipo de utilización, las aguas residuales presentan características muy diferentes. En especial, existe una gran diferencia entre las aguas residuales urbanas o domésticas, originadas en el uso del agua en las casas; las aguas industriales y las aguas residuales de origen hospitalario provenientes del sistema de salud del país. En éstas últimas han sido motivo de preocupación mundial, debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados.

Tanto los residuos sólidos como los efluentes líquidos provenientes de centros hospitalarios representan un impacto sobre la salud pública cuya magnitud ha comenzado a evaluarse en los últimos años en ámbitos científicos (Bassi y Moretton, 2003).

## 2.2.2. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Existen diferentes tipos de aguas residuales entre las cuales están las urbanas, industriales y hospitalarias. A continuación, se detalla con énfasis en las aguas hospitalarias.

### 2.2.2.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS

Las aguas residuales urbanas tienen una composición más o menos uniforme, que facilita los procesos de tratamiento, y las distingue claramente de las aguas residuales industriales, cuya variedad es en muchos casos indescriptible.

Aun así, aunque derive sólo de efluentes domésticos, la composición varía influenciada por algunos factores como son los hábitos alimentarios, consumo de agua, uso de productos de limpieza en el hogar, etc.

La composición, al igual que la cantidad de aguas residuales, sufre también variaciones respecto al tiempo. Varía en el transcurso de las distintas horas del día, en función de los días de la semana y se presentan variaciones estacionales.

### 2.2.2.2. AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS

**Definición de aguas hospitalarias:** Las aguas residuales hospitalarias se consideran como una de las principales fuentes de contaminantes emergentes, resultado de las diferentes actividades relacionadas al uso de agua que allí se realizan cuando estas no son tratadas adecuadamente para ser vertidas al cuerpo receptor, algunos de los factores que determinan el grado de contaminación por este tipo de aguas, en primer lugar, es la cantidad de aguas generadas, la cual es determinada por las camas censales y no censales y en segundo lugar, la tipología de las aguas residuales que se generan.

A continuación se describen los factores antes mencionado.

- **CAMAS CENSALES Y NO CENSALES**

Para los fines de considerar los recursos requeridos para la atención de pacientes en los hospitales, como los residuos generados en la atención de los mismos se plantea, primeramente la definición de «cama de hospital» y su uso como indicador de accesibilidad a los servicios de salud.

Cama de hospital para la Organización Mundial de la Salud es “aquella mantenida y atendida regularmente para servir tiempo completo a pacientes internados, situados en una parte del hospital, recibiendo atención médica continua”. La American Hospital Association, una de las agrupaciones nacionales de hospitales más prominentes del mundo ha señalado que el término cama, además de referirse a dicho enser, abarca “cunas, pediátricos (sic) que son instaladas y atendidas para que las usen los pacientes internados”. En el que fuera famoso libro estadounidense de la quinta década del siglo pasado, titulado *Principles of hospital administration*, se definió la cama de hospital: “...la instalada para uso regular las 24 horas por pacientes internados durante el periodo de hospitalización”. En el libro *Estadística sanitaria*, escrito por el reconocido sanitarista Satya Swaroop, se dice que “una cama de hospital representa las facilidades generales ofrecidas por el personal, premisas (sic), equipo y material necesario para la atención hospitalaria de un paciente”.

Actualmente, la Norma Oficial Mexicana NOM 035 en materia de información en salud define dos modalidades complementarias de cama de hospital. En primer lugar, la «cama censable», que es considerada la unidad funcional para la prestación de servicios. Su característica fundamental es que genera un egreso hospitalario; ésta se encuentra en el servicio instalado en el área de hospitalización (para el uso regular de pacientes internos; debe contar con los recursos indispensables de espacio, así como los recursos materiales y de personal para la atención médica del paciente); incluye incubadoras para la atención a

pacientes recién nacidos en estado patológico. Por ello es que los recursos hospitalarios se miden por las camas de hospitalización disponibles. A parte de ello se cuantifican los egresos hospitalarios, y la medición de sus rendimientos se hace relacionando el número de camas ocupadas con el número de egresos.

En segundo, la «cama no censable», cuya característica fundamental es que no genera un egreso hospitalario; es la cama que se destina a la atención transitoria o provisional para observación del paciente, iniciar un tratamiento o intensificar la aplicación de procedimientos médico quirúrgicos. También es denominada «cama de tránsito». Otro uso de la cama de hospital es como indicador que valora la disponibilidad de camas censables por cada 1,000 habitantes para atender a una población en un lugar y periodo determinados, así como la cobertura de población con base en este recurso<sup>4</sup>.

$$\frac{\text{Número total de camas censables en instituciones del sector público en un periodo determinado}}{\text{total de población de ese periodo}} \times 1,000$$

En este caso el número de camas censables y no censables se toma como un indicador de contaminación ambiental siendo útil para calcular la cantidad de aguas residuales generadas en el hospital Nacional Rosales considerando la dotación por cama por día según lo establecido por normativa.

---

<sup>4</sup>HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA MEDICINA [Internet]. México D.F, México Comisión Nacional de Arbitraje Médico, México D.F, México .[Actualizada 22 de ene. De 2010; citado 27 de feb de 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2010/gm103j.pdf>

### 2.2.2.2.1. TIPOLOGÍA DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS HOSPITALARIOS

Los establecimientos hospitalarios producen tres tipos de desechos líquidos:

De origen doméstico (las aguas provenientes de cocinas, desechos resultantes de actividades de lavandería, de la higiene de los pacientes y del personal)

Industriales (las aguas provenientes de estacionamientos y de talleres contienen frecuentemente un volumen importante de aceites y de detergentes)

Generados por las actividades de aseo, análisis y de búsqueda, que son muy específicos de hospitales. Esos desechos pueden contener productos clínicos y radiactivos, líquidos biológicos, deyecciones / excreciones contagiosas e igualmente residuos de medicamentos eliminados dentro de las excretas de los pacientes.

De una manera más o menos exhaustiva, los desechos líquidos específicos de Actividades médicas comprenden entre otras<sup>5</sup>:

- Los efluentes de servicios clínicos: eliminación de glutaraldehídos, micro gotas de mercurio resultado de termómetros quebrados, baños de diálisis.
- Los efluentes de servicios médicos técnicos: líquidos provenientes de salas de operación con una fuerte concentración de materias orgánicas o líquidos biológicos tales como: sangre, orina, deposiciones, líquidos gástricos, de aspiración traqueo-bronquial, líquidos de derrames peritoneales o pleurales, de drenajes o de irrigación.
- Los desechos resultantes de conservación de materiales médicos y locales (que contienen más o menos grandes cantidades de detergentes/desinfectantes o de desinfectantes con trazas de materias orgánicas o medicamentos)
- Los desechos de laboratorio médico biológico: sangre, esputos, orinas, ácidos, bases, diversos reactivos, solventes, etc.).

---

<sup>5</sup>Evens Emmanuel, Evaluation Des Risques Sanitaires et Ecotoxicologiques Lies Aux Effluents Hospitaliers: Francia: 2004.

- Los desechos de laboratorio de anatomía- patología: Hidrocarburos bencénicos (tolueno y xileno)
  - Desinfectantes: formol, alcohol etílico, etc
  - Solventes
  - Ácidos (acético, láctico, cítrico)
  - Bases (soda)
  - Colorantes
  - Desechos médicos nucleares
  - Efluentes de radiología (agua de enjuague de clichés cargados de residuos de plata)
  - Desechos de la farmacia hospitalaria (preparación de tintura de yodo, desinfectantes, etc.)

En general los líquidos residuales generados en los centros de salud anteriormente mencionados contienen una amplia variedad de sustancias químicas, entre las que se encuentran varios productos farmacéuticos no metabolizados o parcialmente metabolizados por los pacientes, radioisótopos, solventes y desinfectantes, los cuales son utilizados en internación, y en actividades de diagnóstico, desinfección e investigación (Kümmerer 2001; Emmanuel y col. 2005).

Las aguas residuales de hospitales constituyen una fuente importante de residuos químicos, farmacéuticos, la mayoría recalcitrantes y alto contenido de microorganismos patógenos como virus y bacterias, en su mayoría resistentes a los antibióticos.

Por estas características uno de los principales problemas ambientales causados por los efluentes hospitalarios es que su descarga se produce en los sistemas cloacales urbanos sin un tratamiento previo y, finalmente, en las aguas superficiales (Gupta y col. 2009).

Por lo anteriormente descrito los problemas asociados a los líquidos residuales generados en centros de salud han sido motivo de preocupación internacional debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia

de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros (Ferreira La Rosa y cols., 2000)<sup>6</sup>

La composición de las aguas residuales procedentes de los centros de salud presenta fluctuaciones más o menos evidentes en su descarga a la red cloacal debido a la gran diversidad de sustancias químicas y materiales biológicos eliminadas en los mismos.

Tanto los residuos sólidos como los efluentes líquidos provenientes de centros hospitalarios representan un impacto sobre la salud pública cuya magnitud ha comenzado a evaluarse en los últimos años en ámbitos científicos (Bassi y Moretton, 2003).

En este contexto la División de Apoyo Operacional en Salud Ambiental y el Centro Europeo de Salud Ambiental de la OMS han formado un grupo internacional para estudiar el problema de los residuos en los centros de salud en países en desarrollo (Pruess y cols., 1998).

Como resultado de algunos estudios se ha podido comprobar e informar que bajo determinadas circunstancias los vertidos hospitalarios sin tratamiento in situ no poseen carga contaminante debida probablemente a la acción desinfectante desarrollada en el ámbito hospitalario.

Sin embargo M. Paz y cols concluyen que si bien los datos por ellos revelados permiten verificar, en forma preliminar, que los efluentes de centros hospitalarios presentan

---

<sup>6</sup>SCIELO. [Internet]. Argentina: Buenos Aires; 2011 [Actualizado 30 de mayo de 2012; citado 27 de febrero de 2017]. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-37432012000100002](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432012000100002).

características muy similares a las encontradas usualmente en efluentes cloacales domiciliarios<sup>7</sup>.

En su gran mayoría la composición de las aguas residuales procedentes de los centros de salud presenta fluctuaciones más o menos evidentes en su descarga a la red cloacal debido a la gran diversidad de sustancias químicas y materiales biológicos eliminadas en los mismos

Esto debido a que en su mayoría los hospitales generan aproximadamente 600 litros de aguas residuales por cama por día, estos efluentes por sus características llevan una gran carga de microorganismos patógenos, farmacéuticos parcialmente elementos metabólicos, radiactivos y otras sustancias tóxicas y químicas, estas dosis de contaminantes de origen hospitalario muestra que ciertas sustancias, tales como agentes antitumorales, antibiótico y compuestos órgano halogenados al dejar las plantas de tratamiento de aguas residuales, estos compuestos químicos pueden provocar la contaminación del hábitat, un desequilibrio biológico además de causar efectos tóxicos agudos y mutagénicos en organismos vivos<sup>8</sup>

Según Verlicchi et al., (2010) las aguas residuales hospitalarias no son biodegradables si se vierten directamente al alcantarillado. El agua residual hospitalaria debido a las diferentes actividades diarias cambia en concentración y composición notablemente<sup>9</sup>.

Debido a los daños y condiciones sanitarias que se presentan por los efectos de las aguas residuales sin ningún tratamiento en los cuerpos receptores, actualmente la mayoría de operaciones y procesos empleados para el tratamiento de las aguas residuales están siendo

---

<sup>7</sup> Academia. Edu. [Internet]. Argentina: Campo de Mayo. 2006. [Actualizado 25 de mar de 2017]. Disponible en: [http://www.academia.edu/1480336/Monitoreo de efluentes tratados de un hospital](http://www.academia.edu/1480336/Monitoreo_de_efluentes_tratados_de_un_hospital). Características físicas, químicas y microbiológicas

<sup>8</sup> Norma Técnica para abastecimiento de agua potable y alcantarillado de aguas negras. ANDA.

<sup>9</sup> Higiene y Sanidad Ambiental. [Internet]. Argentina: 2004. [citado 25 de mar de 2017] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228912200\\_Aguas\\_residuales\\_de\\_un\\_centro\\_hospitalario\\_de\\_Buenos\\_Aires\\_Argentina\\_caracteristicas\\_quimicas\\_biologicas\\_y\\_toxicologicas](https://www.researchgate.net/publication/228912200_Aguas_residuales_de_un_centro_hospitalario_de_Buenos_Aires_Argentina_caracteristicas_quimicas_biologicas_y_toxicologicas).

sometidas continuamente a investigación con el objetivo de conseguir su adecuación ante los requerimientos establecidos para la mejora ambiental del recurso agua.

A continuación, se describen los principales procedimientos empleados para alcanzar tal objetivo.

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza del agua a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

El principal objetivo del tratamiento del agua residual es producir un efluente que pueda ser descargado sin causar daños al medio ambiente. Los contaminantes del agua residual pueden ser eliminados por unidades, físicas, químicas y biológicas

En muchos casos, se combinan varios procesos dependiendo de la calidad del agua residual que se va a tratar y de las características que deba tener el agua tratada al final del tren de tratamiento.

Se describe brevemente el término tren de tratamiento en las aguas residuales y los métodos utilizados, haciendo mayor énfasis en los métodos biológicos.

Con base en los contaminantes a ser eliminados, el número de procesos unitarios que pueden combinarse es ilimitado. El término tren de tratamiento se usa para describir una combinación particular de procesos o sistemas empleados para alcanzar un objetivo específico de tratamiento.

Independientemente del análisis de factibilidad técnica de cada tratamiento, la configuración exacta del diagrama de flujo depende de las necesidades del usuario, de la experiencia del diseñador, de las regulaciones dadas por los organismos responsables, de la disponibilidad del equipo, de la facilidad de operación, de la disponibilidad del personal calificado, de los costos iniciales de construcción, y de los costos de operación y mantenimiento.

El tratamiento requerido para un agua residual depende de los requerimientos para la descarga del efluente. Por ejemplo, cuando se descarga a un océano, los sólidos de gran tamaño se eliminan por cribado y los sólidos sedimentables por sedimentación, siendo sólo algunas de las etapas que integran el tratamiento. Las descargas en lagos, ríos, corrientes y estuarios requieren de un tratamiento tal que remueva contaminantes específicos.

Los principales métodos de tratamiento se describen a continuación

➤ **Métodos físicos**

Tratamiento en el cual se llevan a cabo cambios a través de la aplicación de fuerzas físicas. Las unidades típicas incluyen cribado, mezclado, adsorción, desorción, transferencia de gas, flotación, sedimentación y filtración.

➤ **Métodos químicos**

Operaciones en las cuales la remoción o tratamiento de los contaminantes se realiza mediante la adición de reactivos que llevan a cabo diferentes reacciones químicas. La precipitación química, el ajuste del pH, la coagulación y la desinfección son los principales.

### ➤ **Métodos biológicos**

En éstos, la remoción de los contaminantes se realiza a través de la oxidación biológica de la materia orgánica. El principal uso del tratamiento biológico es la remoción de los compuestos orgánicos biodegradables nutrientes. El ejemplo más conocido es el de lodos activados, pero existen varios más.

#### **2.2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS**

En la literatura, los esquemas de tratamiento se conocen como:

- Primarios
- Secundarios
- Terciarios (avanzados)

En términos generales se puede definir los tratamientos de las aguas residuales en las siguientes categorías:

#### **Tratamiento preliminar**

Sirve para aumentar la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y a eliminar cantidades excesivas de grasas y aceites. Se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

- Rejas de barras o más finas
- Tamices
- Desmenuzadores (molinos, cortadores o trituradores)
- Desarenadores
- Tanques de pre - aireación.

### **Tratamiento primario**

Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas negras sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables , mediante el proceso físico de sedimentación. Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad de flujo. En un tratamiento primario convencional, cerca de un 40 – 60 % de los sólidos suspendidos y un 25 – 35% de la DBO presentes en las aguas residuales pueden ser removidos; los compuestos solubles no pueden ser eliminados por este tipo de tratamiento. Los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- Tanque séptico
- Tanque de doble acción. (tanque imhoff)
- Tanque de sedimentación con eliminación mecánica de lodos
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

### **Tratamiento secundario**

El objetivo del tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Esta remoción se efectúan fundamentalmente por medio de procesos biológicos. Varios son los mecanismos usados para llevar a efectos el proceso anterior, entre los cuales suelen destacarse:

- Los lodos activados
- Los filtros percoladores
- Laguna de estabilización
- Biodiscos

### **Tratamiento terciario**

La necesidad de tratamiento terciario o avanzado se hecho necesaria, a medida que se han percibido los efectos de compuestos que se escapan al tratamiento secundario de las aguas residuales. Entre estos compuestos se pueden citar el nitrógeno, el fosforo, metales pesados, DQO soluble y también se pueden incluir el tratamiento y disposición de lodos.

**Tratamiento de los lodos.** El tratamiento de los lodos se realiza con dos propósitos, primero, disminuir su volumen, eliminando parcial o totalmente el agua que contienen y segundo, descomponer los sólidos orgánicos putrescibles, formándolos en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Este tratamiento puede hacerse con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:

- Espesamiento
- Digestión (anaerobia y aerobia)
- Secados en lechos de arena (cubierto o descubierto)
- Acondicionamiento con productos químicos
- Filtración al vacío
- Incineración
- Centrifugación

En un tratamiento primario, una porción de los sólidos suspendidos y la materia orgánica es eliminada del agua residual. Esta remoción es generalmente realizada mediante procesos físicos. El efluente del tratamiento primario contiene, comúnmente, grandes cantidades de materia orgánica, por lo tanto, una DBO alta. El tratamiento del efluente primario elimina la materia orgánica residual y suspendida; a esta etapa se le conoce como tratamiento secundario.

En general, los procesos biológicos que emplean microorganismos para degradar la materia orgánica son usados en el tratamiento secundario.

El efluente del tratamiento secundario contiene pequeñas cantidades de DBO y sólidos suspendidos y concentraciones variables de oxígeno disuelto. Cuando se requiere el reúso o control de la eutrofización del cuerpo receptor, se usan tratamientos terciarios.

### **2.2.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS**

Para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) carbonácea, la coagulación de los sólidos no sedimentables y disueltos y la estabilización de la materia orgánica, intervienen una serie de diferentes microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos utilizan la materia orgánica coloidal y disuelta como alimento para llevar a cabo todas sus funciones metabólicas, como crecimiento y reproducción, generando como productos finales, varios tipos de gases y materia inorgánica y más células (biomasa). Ya que la gravedad específica de la biomasa es ligeramente mayor que la del agua, éstas pueden removerse por sedimentación.

Para un diseño efectivo de un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales es necesario entender claramente los siguientes puntos:

- a) Las necesidades nutricionales de los microorganismos
- b) Los factores ambientales que afectan el crecimiento microbiano
- c) El metabolismo de los microorganismos
- d) La relación entre el crecimiento biológico y la utilización del sustrato

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables, y la estabilización de materia orgánica se consiguen, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los

microorganismos se utilizan para convertir la materia orgánica carbonosa coloidal y disuelta en diferentes gases y material celular (biomasa). Dado que esta biomasa tiene un peso específico ligeramente superior al agua, se puede eliminar por sedimentación. Es importante señalar que, salvo que la biomasa que se produce a partir de la materia orgánica se separe del agua, no se alcanzará un tratamiento completo. Debido a que la biomasa que es de naturaleza orgánica, aparecerá como parte de la medida de la DBO del efluente. Si no se separan las células, el único tratamiento que se habrá llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente en diversos productos gaseosos finales. Los microorganismos importantes en el tratamiento biológico del agua residual son: los microorganismos procariotes (eubacterias y arqueobacterias) que suelen denominarse simplemente bacterias, y son primordiales en el tratamiento biológico. El grupo de los microorganismos eucariotes incluye a las plantas, animales y las protistas. Los organismos eucariotes importantes en el tratamiento biológico de las aguas residuales incluyen:

- Hongos
- Protozoos y rotíferos
- Algas

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes (como el nitrógeno y el fósforo). A menudo, la eliminación de compuestos a nivel traza que puedan resultar tóxicos, también constituyen un objetivo de importancia en el tratamiento. En el caso de aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. A menudo, puede ser necesario llevar a cabo un pretratamiento previo, debido a la potencial toxicidad de estos compuestos para los microorganismos. Para el caso de las aguas de retorno de usos agrícolas, el principal objetivo es la eliminación de los nutrientes que puedan favorecer el crecimiento de plantas acuáticas.

En los procesos biológicos, la materia orgánica contaminante es utilizada como alimento por los microorganismos presentes en los tanques o reactores. De esta forma pueden obtener la energía necesaria para reproducirse y llevar a cabo sus funciones vitales y la materia orgánica es transformada en nuevas células y otros productos que pueden ser más fácilmente separados del agua.

La principal división entre los procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales, se hace con base en la forma en que los microorganismos utilizan el oxígeno.

Así se tienen los procesos aerobios (requieren oxígeno) y los anaerobios (requieren ausencia total de oxígeno). Esto se traduce en sistemas muy diferentes entre sí, tanto en su microbiología, como en sus aplicaciones, su ingeniería y su control. Dado que los microorganismos son los responsables de llevar a cabo el proceso biológico, sus características metabólicas determinarán el tipo de aplicación, así como sus ventajas y desventajas. En ésta se observa que la energía contenida en la materia orgánica contaminante, utilizada por los microorganismos como demanda química de oxígeno (DQO) o como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es transformada en diversos productos dependiendo del metabolismo aerobio o anaerobio de la célula. En general, las bacterias anaerobias utilizarán el 10% de la energía contenida en su alimento o sustrato para funciones de reproducción, lo que da origen a nuevas células y el 90% restante lo dirigirá a la producción de metano y bióxido de carbono. Por su parte, las bacterias aerobias emplearán en presencia del oxígeno, de un 60 a 65% de la energía del sustrato en la síntesis de nuevas células, mientras que la fracción restante es disipada en forma de calor.

### **2.2.3.1. TECNOLOGÍAS EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

La tecnología a utilizar dependerá de muchos factores como el caudal a tratar, la calidad de agua cruda y agua tratada y los costos de inversión y operación y mantenimiento.

Existe una gran variedad de tecnologías utilizadas en el saneamiento de las aguas residuales. Estas tecnologías se dividen principalmente en dos grupos, dependiendo del tipo de microorganismos que remueven la materia orgánica: procesos aerobios (proceso principal de nuestro estudio) y procesos anaerobios.

- **Procesos anaerobios**

Los procesos anaerobios tienen las principales ventajas de un menor requerimiento de energía, menor producción de lodo y producción de metano que puede ser utilizado para generación de energía. Sin embargo, estos procesos tienen un largo periodo de arranque, no se lleva a cabo la remoción biológica de nitrógeno y fósforo y generalmente se requiere una etapa aerobia posterior para cumplir con la calidad de agua tratada requerida.

- **Procesos aerobios**

Los procesos aerobios son los más comúnmente usados y se dividen principalmente en procesos con biomasa suspendida y procesos con biomasa adherida, aunque también existen algunos híbridos.

En los procesos con biomasa suspendida, siendo el más común el de lodos activados, los microorganismos se encuentran suspendidos o flotando libremente en el agua y se separan por medio de sedimentación o membranas. Estos requieren de una corriente de retorno de lodos activados para obtener la concentración de biomasa requerida en el reactor.

En los procesos con biomasa adherida, los microorganismos o biomasa forman una biopelícula que se adhiere a algún medio fijo o móvil. Dado que la biomasa está adherida, esta permanece en el reactor, sin embargo, a una concentración menor que en los procesos de biomasa suspendida.

Los procesos aerobios, aunque tienen las desventajas de un gran consumo de energía y una mayor producción de lodos, permiten obtener una mejor calidad de agua tratada, son más fáciles de operar, y remueven nitrógeno y fósforo además de la materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica por vía aerobia se divide en tres fases principales: La hidrólisis de las moléculas orgánicas complejas en sus respectivos monómeros, la descomposición de estos monómeros en intermediarios comunes y la final en la que se realiza el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria, en donde el aceptor final de electrones es el oxígeno molecular, para formar agua como producto final, junto con el bióxido de carbono y el amoníaco.

La tecnología del tratamiento de aguas residuales por vía aerobia está bien desarrollada y es sin duda la más comúnmente aplicada. La experiencia acumulada y las altas eficiencias en la remoción de materia orgánica son algunas de las razones de su aceptación.

Existe un buen número de modalidades en los procesos aerobios y son:

- Tipo extensivo (lagunas)
- Procesos de biomasa en suspensión (lodos activados en sus diversas modalidades)
- Procesos de biopelícula (filtros percoladores y biodiscos).

Uno de los principales tratamientos biológicos aerobios son los tratamientos por lodos activados.

#### 2.2.4. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS

Los sistemas de lodos activados, son un tipo de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas o industriales, en el cual microorganismos oxidan y mineralizan la materia orgánica (Lindberg 1997; Seyssiecq, Ferrasse et al. 2003; Mulas 2006). Este proceso fue desarrollado en Manchester, Inglaterra, en 1914 por Arden y Lockett, para lo cual en esta década, las investigaciones sobre el tratamiento de aguas residuales se enfocaban en la aireación. Arden y Lockett pudieron observar que después de un periodo de aireación, al detener este proceso, los flocs se sedimentaban decantado aquello que estaba flotando, el trabajo continuaba ingresando más agua residual y repitiendo este ciclo varias veces. Después de la acumulación de una cierta cantidad de biomasa, obtuvieron un efluente totalmente nitrificado en un periodo de 6 horas, para lo cual el lodo sedimentado fue llamado “Lodo activado” (Kayser 1999).

Una planta de lodos activados se caracteriza por cuatro elementos (Kayser 1999):

- Un tanque de aireación con un equipo apropiado para esta tarea, en el cual la biomasa se mezcla con las aguas residuales y una distribución de oxígeno en el tanque.
- Un clarificador final, en el cual la biomasa es removida del agua tratada por sedimentación u otros medios.
- Retorno y almacenamiento continuo de lodos y bombeo dentro del tanque de aireación.
- Retirada de exceso de lodos para mantener la concentración apropiada del líquido de mezcla.

El proceso de crecimiento en suspensión con lodos activados es uno de los sistemas más comúnmente usado para el tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales. En forma general, es un proceso aerobio de tratamiento en el cual se oxida la materia orgánica

compleja presente en las aguas residuales hasta  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  y biomasa. Debe mantenerse un ambiente aerobio por medio de aireación mecánica o por difusores. La biomasa microbiana se agrega en forma de flóculos, los cuales sedimentan en el clarificador secundario.

El proceso de lodos activados es un proceso biológico donde el “lodo activado” no es más que una mezcla de microorganismos”.

#### **2.2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Actualmente existen muchas versiones del proceso original, pero en lo fundamental todas ellas son similares. Las variantes más comunes son el flujo de pistón y los procesos de mezcla completa. En el proceso de los lodos activados, las aguas residuales previamente cribadas y sedimentadas se mezclan con cantidades variables (20 a 100%) de la purga del clarificador secundario. La mezcla entra en el tanque de aireación, donde se mezclan los organismos y las aguas residuales con gran cantidad de aire. Bajo estas condiciones, los organismos oxidan una parte del desecho con producción de células microbianas nuevas utilizando la energía obtenida de la oxidación.

Luego la mezcla entra en el sedimentador secundario, donde los microorganismos flocculan y se asientan y son removidos de la corriente del efluente. Entonces, los microorganismos sedimentados, o el lodo activado, se recircula hacia el inicio del tanque de aireación para mezclarlos de nuevo con el agua residual. En este proceso se producen de continuo lodos activados nuevos, de cuyo exceso es necesario deshacerse cada día (lodos activados en exceso o lodos secundarios) junto con los lodos provenientes de la sedimentación primaria. El efluente proveniente de una planta de lodos activados adecuadamente diseñada y operada es de alta calidad; en general con concentraciones de  $\text{DBO}_5$  y SST iguales o menores a 30 mg/l.

El proceso de lodos activados es quizá el proceso biológico de más amplio uso para el tratamiento de aguas residuales, orgánicas e industriales. El objetivo del proceso de tratamiento por lodos activados es el de reducir la demanda de oxígeno bioquímico (DBO) y los sólidos suspendidos (SS) de las aguas residuales. Las bacterias de los lodos convierten la materia orgánica en materia más estable y en productos inorgánicos ( $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ ) y protoplasma celular en la presencia de oxígeno. Otras conversiones biológicas que se dan lugar en el tanque de aeración son la remoción de nitrógeno y fósforo.

La remoción de nitrógeno empieza con la conversión de amonio a nitritos y nitratos en la presencia de oxígeno. Si entonces el líquido que contiene los nitritos y nitratos es colocado bajo condiciones anaerobias, éstos pueden ser convertidos en nitrógeno gas. El fósforo es incorporado en el protoplasma de las células nuevas que son generadas cuando las bacterias se multiplican oxidando la materia orgánica.

El proceso básico consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión floculante en un sistema airado y agitado. La materia en suspensión y la coloidal, se eliminan rápidamente de las aguas residuales por adsorción y aglomeración en los flóculos microbianos. Esta materia y los nutrientes disueltos se descomponen lentamente por metabolismo microbiano, proceso conocido como **estabilización**. En ésta parte el material nutriente se oxida a sustancias simples como el anhídrido carbónico (mineralización), y parte se convierte en materia celular microbiana o biomasa (proceso metabólico de asimilación). Parte de la masa microbiana se descompone a su vez mediante un proceso llamado respiración endógena. El proceso oxidativo suministra la energía necesaria para la operación de los procesos de adsorción y asimilación. Una vez que se alcanza el grado de tratamiento que se desea, la masa microbiana floculante conocida como **lodo** activado, se separa del agua residual por asentamiento, por lo general, en recipientes separados, especialmente diseñados para ello. La etapa de separación se conoce como clarificación o sedimentación. El sobrenadante de la etapa de separación es el agua residual tratada y debe estar virtualmente libre de sólidos.

La mayor parte del lodo asentado en la etapa de separación se regresa a la etapa de aeración para mantener la concentración de los microorganismos en el tanque de aeración al nivel necesario para un tratamiento efectivo y para que actúe como un inóculo microbiano.

- **Microbiología**

Una gran diversidad y cantidad de microorganismos se encuentran en los lodos activados. Las especies que se encuentran en ellos pueden o no ser diferentes de aquellas especies que se ven en el agua residual cruda. Aunque, eventualmente, pueden ser extremadamente diferentes en la densidad de población.

- **Metabolismo.**

Generalmente todos los microorganismos requieren un ambiente húmedo para su crecimiento, pero aparte de esta característica común, existe una diversidad de microorganismos cuyas necesidades metabólicas son diferentes. Para garantizar el crecimiento adecuado de un organismo, éste debe tener una fuente de carbono y de energía que obtiene a partir de los nutrientes. De esta forma, elementos como nitrógeno, fósforo y elementos traza como sulfuro, potasio, calcio y magnesio deben estar disponibles en el medio. Las dos fuentes de carbono para la síntesis de tejido celular son dióxido de carbono y el carbono presente en la materia orgánica. Si un organismo toma el carbono a partir del dióxido de carbono, es llamado **autótrofo**, si usa carbono orgánico

- **Autótrofo**

Los organismos autótrofos son capaces de sintetizar sus requerimientos orgánicos a partir de la materia inorgánica y pueden crecer independientemente de las sustancias orgánicas externas. Emplean dos métodos para alcanzar este fin:

- **Fotosíntesis:** muchas plantas utilizan el carbono inorgánico y la radiación ultravioleta para producir materia orgánica y oxígeno. Luz  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ .
- **Quimiosíntesis:** se utiliza la energía química de los compuestos inorgánicos para suministrar la energía para síntesis de sustancias orgánicas.  $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{ENERGÍA}$ .

Por su parte, los organismos heterótrofos requieren una fuente externa de materia orgánica; los tres tipos principales son:

- a) Los **saprófitos**, que obtienen la materia orgánica soluble directamente del ambiente circundante o por la digestión extracelular de compuestos insolubles. Sus requerimientos de alimento pueden fluctuar desde un simple compuesto orgánico de carbono hasta varios compuestos complejos de carbono y nitrógeno, junto con factores adicionales de crecimiento.
- b) Los **fangófitos**, algunas veces llamados formas holozoicas, utilizan partículas orgánicas sólidas.
- c) Los **parásitos** obtienen la materia orgánica a partir de los tejidos de otros organismos vivos, por lo que se denominan parásitos.

### 2.3. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS EN EL DISEÑO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.

- Criterios para carga del proceso. Los criterios para la carga del proceso que se utilizan comúnmente para los procesos de lodos activados incluyen la relación alimentomicroorganismos (F/M), el tiempo de retención celular (TMRC) y la tasa volumétrica de carga.
- Relación alimento-microorganismos. La relación F/M, expresada como Kg. O libras de DQO o DBO aplicada por Kg. o libra de sólidos suspendidos del licor mezclado (SSLM) por día, representa la masa de sustrato aplicada diariamente al tanque de aireación, contra la masa de sólidos suspendidos (microorganismos) en el tanque de aireación.
- Tiempo medio de retención celular. El TRC, expresado en días, es una medida de la cantidad promedio del tiempo que los sólidos biológicos permanecen en el tanque de aireación. La concentración total de sólidos biológicos mantenida en el tanque de aireación varía normalmente entre 800 y 6000 mg/l. En general, 40 a 85% de los sólidos suspendidos totales se asumen como volátiles.
- Tasa de carga volumétrica orgánica. Las tasas de carga volumétrica orgánica, expresada en términos de Kg. o lb de DQO o DBO/103.d se basan en la experiencia con el proceso de lodos activados cuando se utilizan para tratar aguas residuales domésticas.
- Configuración y tamaño del reactor. La configuración del reactor depende del tipo de proceso de lodos activados que se escoja. Los reactores de flujo de pistón y de mezcla completa son los dos más comunes. A medida que se diseñan más plantas de

lodosactivados que lleven a cabo la remoción biológica de nutrientes, se prefiere la configuración de reactor con flujo de pistón.

### **2.3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS PLANTAN DE TRATAMIENTO POR LODOS ACTIVADOS**

- **Ventajas:**

- Flexibilidad de operación a través de un control racional de la biomasa presente en el proceso.
- Alta eficiencia de remoción de carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos como los del tipo Convencional por cultivo fijo.
- Minimización de olores y ausencia de insectos.
- Puede incorporar desnitrificación al proceso.
- Posibilidades de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica.
- Prescinde de sedimentación primaria. Los lodos generados son altamente mineralizados por lo que no requieren de tratamiento posterior.
- La generación de lodos secundarios “estabilizados” que al igual que los sistemas convencionales pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo y obtención de biogás, entre otras.

- **Desventajas:**

- Requiere mayor sofisticación y mantenimiento.
- Dependencia con la temperatura del efluente a tratar y condiciones de entrada como pH y presencia de compuestos tóxicos.
- Riesgo de taponamiento de los dispositivos de aireación durante ciclos operativos específicos.
- Requiere de un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
- Altos costos de operación, asociados fundamentalmente a los requerimientos de oxígeno.
- Bajo abatimiento bacteriológico, logrando en general abatir no más allá de un ciclo logarítmico en términos de Coliformes Fecales, con la consecuente necesidad de efectuar desinfección final al efluente.

Para poder garantizar la efectividad de los tratamientos de las aguas residuales antes descritas, es importante la buena operación y mantenimiento de las plantas diseñadas con este fin.

## **2.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.**

El trabajo de operación y mantenimiento en un sistema de tratamiento es necesario que se ejecute de manera adecuada para lograr una buena eficiencia en la remoción de material contaminante de acuerdo con lo esperado y considerando los parámetros de diseño empleados.

Las labores de mantenimiento pueden ser ocasionales (preventivo) o rutinarias de operación dependiendo de la periodicidad con que se ejecuten.

Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descuidos imprevisibles. Tres factores deben tenerse en cuenta para el debido mantenimiento: diseño, construcción y operación.

Si el diseño básico de la planta es apropiado y la planta se construye con buenos materiales y según las reglas de la técnica, la operación debe lograrse con un mínimo de mantenimiento.

Los planos o copia de los diseños de la planta, mostrando las dimensiones, así como las tuberías, válvulas compuertas, etc. deben tenerse a la mano para referencia inmediata.

Los registros oportunos y completos son auxiliares necesarios para el control de los procedimientos y lo más importante, es que esas constancias van a servir para la interpretación de los resultados de las aguas residuales.

El alto costo (por construcción, mantenimiento y operación) en una gran parte de los procesos de tratamientos de aguas residuales, preocupa a la mayoría de sociedades incluyendo países desarrollados. Esto ha llevado a la ingeniería a investigar, crear métodos, sistemas, funciones etc. que permitan tener bajos costos y altas eficiencias (Tsagarakis, Mara et al. 2003).

Los costos por operación y mantenimiento pueden dividirse en cuatro categorías: personal, energía, químicos y mantenimiento, donde los costos por personal y consumo energético son los más altos.

La cantidad de personal en la mayoría de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está en función del tamaño, tipo de PTAR y al grado de optimización de esta. Sin embargo el consumo energético es el mayor aportante en el total de costos de operación en una PTAR (Tsagarakis, Mara et al. 2003), lo que lo convierte en un ítem primordial a inspeccionar.

El consumo energético, es aproximadamente una tercera parte del costo total de operación de una PTAR (Tsagarakis, Mara et al. 2003; Fika, Chachuat et al. 2005), de esta parte, la energía consumida por el proceso de aireación en una planta de lodos activados, se encuentra aproximadamente entre el 50 y 65% del consumo total (Ferrer, Rodrigo et al. 1998; Duchène, Cotteux et al. 2001; Ingildsen, Jeppsson et al. 2002; Fika, Chachuat et al. 2005; Rieger, Alex et al. 2006; Vrecko, Hvala et al. 2006).

Los sistemas de lodos activados utilizan el oxígeno para realizar el proceso oxidación de la materia orgánica, lo que convierte a la aireación en un proceso con un fuerte consumo energético, ya que este debe ser inyectado por máquinas, por lo tanto controlar la concentración de oxígeno disuelto (OD) que ingresa al reactor aeróbico, es esencial para este tipo de tratamientos (Samuelsson and Carlsson 2002; Chachuata, Rocheb et al. 2005; Rieger, Alex et al. 2006).

Debido a que una muy baja concentración de Oxígeno Disuelto (OD) podría generar un pobre crecimiento del lodo y una baja remoción en los contaminantes, a su vez una alta concentración de OD podría presentar una pobre eficiencia de sedimentación del lodo al igual que un bajo rendimiento en la remoción (Fernández, M.C.Castro et al. 2011), adicionalmente el exceso de OD requiere de una alta tasa de caudal de aire (Lindberg 1997).

Por lo tanto los sistemas de automatización o control, juegan un rol muy importante en la reducción de costos de operación en plantas de tratamiento de aguas residuales e industriales (Bongards 1999).

Existen algunos métodos para determinar la eficiencia de las plantas de tratamiento y poder determinar así la efectividad de la operación y mantenimiento.

### 3.5. MARCO LEGAL

La jerarquía del marco legal en El Salvador en materia de aguas residuales en general se presenta a continuación en el siguiente cuadro:

<b>LEGISLACIÓN AMBIENTAL</b>	
<b>LEGISLACIÓN</b>	<b>CAPITULO/ARTICULO</b>
<b>Constitución de la Republica</b>	TÍTULO V: ORDEN ECONÓMICO  Art. 117.- 117 que expresa que es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible.
<b>Ley de Medio Ambiente.</b>	PARTE I: DISPOSICIONES GENERALES TITULO I: DEL OBJETO DE LA LEY Art. 1.- TITULO XII Infracciones, sanciones, delitos y responsabilidad ambiental CAPÍTULO I Responsabilidad administrativa y civil responsabilidad por contaminación y daños al ambiente Art.85.-
<b>Reglamento general de la ley del medio ambiente</b>	TITULO IV DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL Capítulo único de la prevención y el control de la contaminación Art. 64,
<b>Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección Decreto 50</b>	TITULO I Disposiciones Fundamentales Art. 1.  TITULO III Autorización de Vertidos Art. 19.-  TITULO IV Normas sobre depuración y tratamiento de aguas, Art. 38

<b>LEGISLACIÓN AMBIENTAL</b>	
<b>LEGISLACIÓN</b>	<b>CAPITULO/ARTICULO</b>
<p><b>Norma Salvadoreña</b>  <b>obligatoria: NSO</b>  <b>.13,49.01:09 "Aguas. Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor"</b></p>	<p><b>OBJETO</b> Esta norma establece las características y valores fisicoquímicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.</p>
<p><b>Reglamento Especial de Aguas Residuales</b></p>	<p><b>CAPITULO I</b>  <b>OBJETO Y COMPETENCIA</b>            Art. 1.-            Art. 2.-</p>
<p><b>Norma para Regular Calidad de Aguas Residuales de Tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario</b></p>	<p><b>OBJETO:</b> Esta Norma tiene por objeto regular las descargas de aguas residuales para proteger los sistemas de alcantarillado sanitario y evitar las interferencias con los tratamientos biológicos</p> <p><b>ÁMBITO DE APLICACIÓN:</b> Las disposiciones de esta norma serán aplicables a todas las descargas de los efluentes líquidos de actividades comerciales, industriales, agroindustriales, hospitalarias o de cualquier otro tipo que afecten o pudiesen afectar directamente a los sistemas de alcantarillado sanitario</p> <p><b>PARÁMETROS:</b> Entre los parámetros obligatorios que deben analizarse según norma son: <b>grasas y aceites, DBO, DQO5, Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales.</b></p>

# CAPITULO III

### 3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	SUBVARIABLES	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES
Aguas residuales hospitalarias	1. Procesos unitarios de las plantas de tratamiento.	Procesos unitarios son los elementos que conforman las plantas de tratamiento.	<p>Condiciones de Funcionamiento e Infraestructura</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rejilla</li> <li>○ Desarenador</li> <li>○ Trampa de grasa</li> <li>○ Tanque de aireación</li> <li>○ Sedimentador</li> <li>○ Clarificador</li> <li>○ Desinfección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuentes de generación de caudal</li> <li>- Tiempo de funcionamiento de los procesos unitario.</li> <li>- Vida útil de diseño</li> <li>- Planos de diseño</li> <li>- Material de construcción</li> <li>- Situación de infraestructura               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Buen estado</li> <li>○ Mal estado</li> <li>○ Fuera de uso.</li> </ul> </li> </ul>

VARIABLE	SUBVARIABLES	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES
	2. Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento	<p><b>Operación:</b> Los procesos de operación están orientados a producir efluentes de alta calidad, cumpliendo así con normas de país.</p> <p>El <b>mantenimiento</b> Conjunto de acciones a través de las cuales un equipo o sistema se mantiene o retorna a un estado de operatividad, donde desempeña la función para la cual fue diseñado dentro de un proceso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos de operación</li> <li>- Tipos de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de operarios</li> <li>• Frecuencia de operación</li> <li>• Bitácora de operación</li> <li>• Manuales técnicos de operación</li> <li>• Procesos de inducción.</li> </ul> <p><b>Mantenimiento Preventivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales y herramientas</li> <li>• Horario de limpieza</li> <li>• Frecuencia de limpieza</li> <li>• Productos de limpieza</li> </ul>

VARIABLE	SUBVARIABLES	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES
				<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Costos de mantenimiento</li> <li>○ Cambio de pintura</li> <li>● Mantenimiento Correctivo               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reparación de fugas</li> <li>○ Cambio de equipos y materiales</li> <li>○ Costos de mantenimiento correctivo</li> </ul> </li> </ul>
	3. Calidad de los afluyente – efluentes.	Conjunto de características físicas químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para algún uso determinado.	Análisis físico químico y microbiológico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Frecuencia de realización de análisis.</li> <li>● Entidad responsable de realizar los análisis.</li> <li>● Resultados de análisis.</li> <li>● Cumplimiento de normativa de los análisis</li> </ul>

VARIABLE	SUBVARIABLES	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES
	4. Salud y seguridad ocupacional del operario de las plantas de tratamiento	Es una multidisciplina en asuntos de protección, seguridad, salud y bienestar de las personas involucradas en el trabajo	<p>Equipo de Protección Personal</p> <p>- Control medico</p> <p>-Accidentes de trabajo</p> <p>- Capacitaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dotación del Equipo de Protección personal</li> <li>• Elementos que componen el Equipo de Protección Personal.</li> <li>• Frecuencia del uso.</li> <li>• Condiciones del equipo de protección personal.</li> <li>• Frecuencia de realización de exámenes médicos</li> <li>• Entidad que los realiza</li> <li>• Registro de chequeo médico.</li> <li>• Físicos, químicos y biológicos.</li> <li>• Registro de accidentes de trabajo.</li> <li>• Tópicos de capacitación</li> <li>• Frecuencia de capacitación</li> <li>• Entidad responsables de capacitación</li> </ul>

# CAPITULO IV

## 4.1. DISEÑO METODOLOGICO

### ➤ TIPO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN INVESTIGACIÓN:

El tipo de investigación fue **descriptivo**, consistió en describir los datos para encontrar las situaciones costumbres y actitudes predominante a través de descripción exacta del objeto de investigación, este estudio representa una situación concreta indicando los rasgos más características de las plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados

Estudio **transversal**, el cual fue apropiado cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado.

### ➤ POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población y muestra para efectos de estudio fueron las tres plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales, tomar una muestra no resultaría representativo para dicho estudio.

### ➤ UNIDADES DE ANÁLISIS.

Las unidades de análisis consideradas son las Plantas de Tratamiento de aguas residuales dentro de las cuales consideremos los siguientes aspectos.

- Los procesos unitarios de cada una de las plantas de tratamiento .
- El personal administrativo y; de operación y mantenimiento
- Fuentes generadoras de aguas residuales.
- Aguas residuales que alimentan las tres plantas de tratamiento.
- Planos arquitectónicos de las plantas de tratamiento
- Manuales para la operación de las plantas de tratamiento.

➤ **TÉCNICA E INSTRUMENTOS**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
<b>Entrevista</b>	Guía de Entrevista	Se realizó entrevista a: -Personal responsable de operación y mantenimiento; y personal administrativo encargado de las las plantas de tratamiento.
<b>Observación</b>	Guía de observación	Se utilizó para corroborar las condiciones en las que se encuentran las plantas de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales
<b>Análisis de laboratorio</b>	Hoja de registro	Se utilizó para determinar según legislación de país los parámetros físicos químico y microbiológicos. Se realizó un muestreo compuesto es una combinación de muestras individuales de aguas tomados a intervalos determinados.
<b>Aforo de efluente</b>	Hoja de registro	Se realizó la medición del caudal por medio volumétrico El cual se realizó en la planta de Quirófanos de Japón, El punto de aforo fue en la entrada de la planta. El método usado fue considerando las características de diseño de la planta. <b>Procedimiento de volumétrico:</b> En un recipiente de volumen conocido se llenó 5 veces midiendo el tiempo de llenado.

## ➤ VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La prueba piloto de los instrumentos de recolección de datos se realizó en la planta de tratamiento de lodos activados del Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

Se entrevisto a dos operarios encargados de las plantas de tratamiento a los cuales se les administro un instrumento que constaba de 56 interrogantes de las cuales 31 son cerradas y 25 abiertas.

La entrevista se realizo con el objetivo de identificar ambigüedad en cada una de las preguntas para posteriormente mejorar la redacción para una mejor comprensión.

Respecto al instrumento de observación, durante el recorrido se observaron aquellas características y elementos con los que contaba dicha planta y sus condiciones estructurales y de mantenimiento. Se consideraron en el instrumento de observacion con 25 preguntas en total de las cuales 20 eran cerradas y 5 eran abiertas.

## ➤ PLAN DE PROCESAMIENTO, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### ○ **Procesamiento de la información.**

Mediante visitas al hospital previamente establecidas se procedió al llenado de los instrumentos de entrevista y observación, con la información obtenida se procedió a la tabulación de los indicadores evaluados su respectivo análisis, asimismo para darle cumplimiento a los objetivos de la investigación se realizó muestreo en la entrada y salida de las plantas de tratamiento de las aguas residuales para su analisis de calidad del efluente.

- **Presentación de la información.**

La presentación se hizo por medio de tablas con información cualitativa según resultados obtenidos durante la investigación; y diagramas que presentan los procesos unitarios que componen cada una de las plantas de tratamiento

- **Análisis de la Información**

Cada tabla de resultados contiene su respectivo análisis.

# CAPITULO V

## **5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ANÁLISIS DE RESULTADOS**

A continuación se presenta los resultados obtenidos durante la investigación de grado denominada, Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados generadas en el Hospital Nacional Rosales por los lodos activados en un periodo comprendido octubre de 2017 a marzo de 2018.

La información se presenta en tablas que han sido vaciadas de acuerdo a los datos obtenidos en los instrumentos de entrevista y observación (Anexo 1 Anexo 2) junto a cada tabla se encuentra la interpretación y análisis correspondiente, asimismo como parte de los resultados y la investigación realizada se elaboró el flujograma de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales, el orden en que se ha realizado el estudio de dichas plantas es;

1. Planta de tratamiento de la Unidad de Emergencias
2. Planta de tratamiento de Quirofanos de Japon
3. Planta de tratamiento de la Unidad de Especialidades.

De manera introductoria al estudio realizado de las tres plantas de tratamiento se presenta el cuadro siguiente en el que se identificaron las fuentes de generación de aguas residuales para cada planta.

**CUADRO 1**  
**FUENTES DE GENERACION DE AGUAS RESIDUALES DE CADA UNA DE**  
**LAS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS**  
**ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN UN PERIODO**  
**COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

<b>Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales</b>		
<b>Unidad de Emergencias</b>	<b>Quirófanos de Japón</b>	<b>Planta de Especialidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Atención de emergencias de pacientes espontáneos o referidos del 1° y 2° nivel</li> <li>➤ Atención a pacientes Interconsultas</li> <li>➤ Unidad de Máxima Urgencia de Medicina</li> <li>➤ Atención de emergencias quirúrgicas de pacientes espontáneos.</li> <li>➤ Atención de pacientes referidos del 1°, 2° nivel</li> <li>➤ Atención a pacientes para evaluación por subespecialidades</li> <li>➤ Atención de pacientes referidos de médicos o servicios privados</li> <li>➤ Turno Nocturno Fines de Semana</li> <li>➤ Unidad de Máxima urgencia de Cirugía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quirófanos</li> <li>➤ Sala de recuperación</li> <li>➤ Arsenal</li> <li>➤ Unidad de cuidados intencivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Morgue</li> <li>➤ Mantenimiento</li> <li>➤ Patología</li> <li>➤ Hemodialisis</li> <li>➤ Servicios generales</li> <li>➤ Gastroenterología</li> <li>➤ Otorrinorología</li> <li>➤ Jefatura de cirugía</li> <li>➤ Nosocomiales</li> <li>➤ Psicología</li> <li>➤ Clínica de empleados</li> <li>➤ Fisioterapia</li> <li>➤ Rayos X</li> <li>➤ Cirugía dermatológica</li> <li>➤ Hematología</li> <li>➤ Nefrología</li> <li>➤ Servicio de cardiología</li> </ul>

Los afluentes que son generados en cada una de las plantas para su tratamiento son las aguas procedentes de las diferentes dependencias existentes según en cada edificio y que son enviadas a las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en el área de especialidades, emergencia y quirófanos de Japón, las características de las aguas pueden identificarse según los servicios prestados y las aguas generadas según la naturaleza de las actividades realizadas y los componentes que podrían contener.

**GENERALIDADES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO**

**TABLA #1  
ASPECTOS GENERALES DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL  
ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A  
MARZO DE 2018.**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
1. ¿Entidad responsable de la gestión ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales? ➤ Departamento de mantenimiento del Hospital Nacional Rosales	➤	➤	➤	
2. ¿Cuenta con los planos o copias de los diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales? ✓ Si ✓ No		✓	✓	
	✓			
3. ¿Se cuenta con el permiso vigente por parte de Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) para verter las aguas residuales al alcantarillado Sanitario?  ➤ Si ➤ No				
	✓	✓	✓	

**CONTINUACION... TABLA #1**  
**ASPECTOS GENERALES DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE**  
**AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL**  
**ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A**  
**MARZO DE 2018.**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
4. ¿Desde hace cuánto tiempo se cuentan con los permisos vigentes para el vertido de las aguas residuales al Alcantarillado en la planta de tratamiento de aguas residuales?				
➤ Un año	✓	✓	✓	Durante el periodo de recolección de la información se encuentran vencidos
➤ 5 años				
➤ 15 años				
➤ Más				
5. Se cuenta con permiso de funcionamiento de las plantas de tratamiento por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales?				Durante el periodo de la investigación se encontraba en proceso de elaboración del diagnóstico ambiental
➤ Si				
➤ No		✓		

Las tres plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales son administradas por el departamento de mantenimiento de ese nosocomio, el cual es el encargado de dirigir y coordinar la actividades relacionadas a la operación y mantenimiento, así mismo cuenta únicamente con la documentación relacionada a planos de las plantas ; plantas de especialidades y quirófanos de Japón, también posee los permisos legales para verter las aguas residuales al alcantarillado sanitario extendido por ANDA, cabe resaltar que durante el periodo de recolección de información estas se encontraban bajo un proceso de renovación de permisos legales, por el hecho que los permisos se habían vencido.

En relación a los permisos de funcionamiento de las plantas de tratamiento durante el periodo de de la investigación se encontra en proceso de elaboración del diagnostico ambiental del Hospital para obtener los permisos de funcionamiento de las plantas de tratamiento.

La existencia de este departamento es de vital importancia ya que se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que se requieran en materia de mantenimiento preventivo y correctivo, así como de regular, coordinar y supervisar para garantizar la eficiencia de las plantas de tratamiento.

Por otra parte, es de gran importancia contar con los planos de diseño de las tres plantas de tratamiento ya que en ellos se muestra **la ubicación, y las dimensiones con precisión, así como la relación de todos los elementos y procesos unitarios con los que cuentan cada una de las plantas en una** representación **gráfica**, que ayuda a entender de mejor manera el funcionamiento de las mismas.

**CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE MANTENIMIENTO**

**TABLA # 2**

**CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

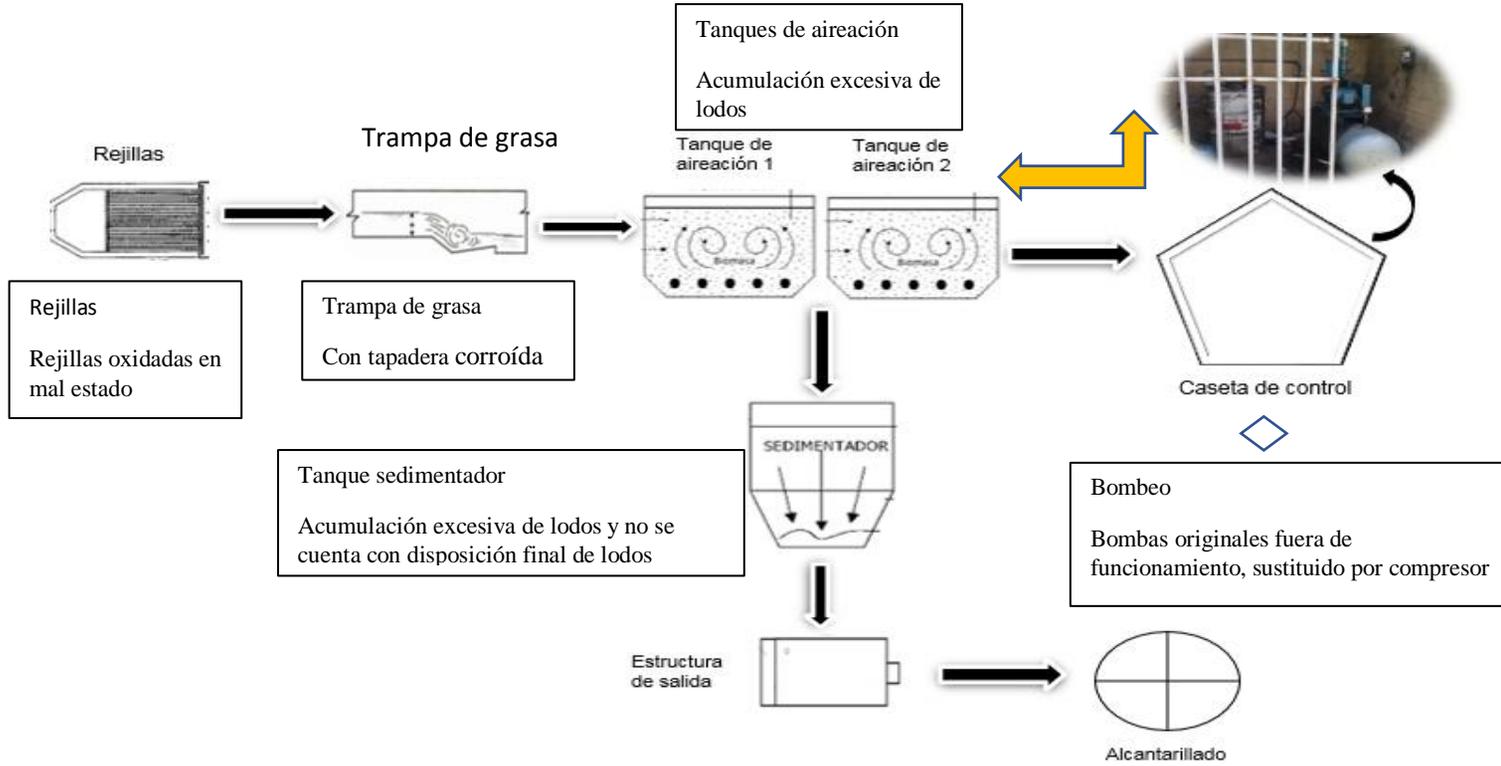
<b>Planta de Tratamiento: Unidad de Emergencias</b>						
	<b>Material</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Mal estado</b>	<b>Fuera de uso</b>		
➤ Rejillas ➤ Trampa de grasa	Concreto a excepción de las rejilla de metal			✓	No existen	
		✓				
➤ Reactor biológico 1 ➤ Reactor biológico 2		✓				
		✓				
➤ Tanque sedimentador ➤ Estructura de salida		✓				Durante el periodo de la investigación se encontraba al limite de su capacidad.
		✓				

La planta de tratamiento de la Unidad de **Emergencias** cubre un área superficial de cuatro metros cuadrados aproximadamente, el agua tratada en esta planta es específicamente de la unidad de emergencia, el agua entra a la planta de tratamiento pasando por un proceso preliminar que consta de rejillas que cumple la función de retener sólidos de gran tamaño y luego pasa por la trampa de grasa el cual permite retener grasas y aceites que puedan ser causa de obstrucciones en procesos posteriores, luego el agua ingresa al proceso primario que consta de dos compartimiento que son aireados por un compresor adaptado en sustitución de una bomba, con el objetivo de permitir que las bacterias presentes degraden la materia orgánica contaminante. Posteriormente el agua de los tanques de aireación pasa al tanque sedimentador el cual cumple también la función de almacenamiento de lodos,

finalmente el agua tratada es transportada a través de una estructura canaleta parshal para ser enviada al alcantarillado sanitario.

Las condiciones estructurales de los procesos unitarios antes descritos se encuentran de la siguiente manera: no se observó la presencia de rejillas que detiene los sólidos de gran tamaño a la entrada de la planta, las tapaderas de los procesos unitarios se encuentran en mal estado debido a la oxidación y algunas tapaderas se encuentran totalmente inservibles, las estructuras de concreto de los procesos unitarios se encuentran deteriorados; estas malas condiciones estructurales de la planta se perciben con mayor intensidad los malos olores y la proliferación de vectores como cucarachas a las zona aledañas generando un foco de infección y riesgo a la salud pública, además estas condiciones permite que los demás elementos de las plantas estén descubiertos y se obstaculicen con objetos que pueden dañarlos y afectar el proceso de la planta además de las malas condiciones estéticas y contaminación al ambiente.

CONDICIÓN ACTUAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS



SIMBOLO	SIGNIFICADO
→	Flujo de la línea de agua
◇	Bombeo

TABLA # 3

**CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE QUIRÓFANOS DE JAPÓN DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE 2017 A MARZO DE 2018**

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO					
	Material	Buen estado	Mal estado	Fuera de uso	observaciones
➤ Rejillas ➤ Tanque de agua cruda 1	Concreto a excepción de las rejillas que son de hierro.	✓			
		✓			
➤ Tanque compensación		✓			
➤ Tanque de medida de flujo		✓			
➤ Tanque de aeración 1		✓			
➤ Tanque de sedimentación		✓			
➤ Tanque de agua antiespumante ➤ Tanque de Desinfección ➤ Tanque de descarga ➤ Tanque de almacenamiento de lodo		✓			
		✓			
		✓			
		✓			

De manera general la planta de tratamiento de Quirófanos de Japón del Hospital Nacional Rosales, llamada así porque fue construida con financiamiento de Japón, posee un área superficial de seis metros cuadrados aproximadamente, por otra parte, es la única planta que se encuentra en su total funcionamiento, cuenta con un sistema de recirculación de lodos, lo cual permite un mejor tratamiento en las aguas residuales. Su particular estructura

en forma de tanque séptico, y el flujo de las aguas residuales es según los procesos unitarios que a continuación se describen: **Primero**, el efluente entra a un tanque de agua cruda que posee rejillas accionadas por bombeo, lo cual permite que los residuos de mayor tamaño queden atrapados, **Segundo**, pasa por decantación a un tanque de compensación donde se depositan las aguas residuales al alcanzar un nivel determinado que es controlado por los medidores de flujo es conducido por bombeo a través de una tubería vertical hacia arriba llegando al compartimiento de flujo donde se depositan las aguas residuales, **Tercero**, luego del tanque de compensación pasa al tanque de aireación, se da aireación a las aguas residuales repetidamente para que el agua y las bacterias encontradas en el tanque degraden la materia orgánica, **Cuarto**, las aguas residuales aireadas son enviadas al tanque de sedimentación, se sedimenta la parte lodosa de las aguas residuales la cual se regresa al tanque de aeración por la bomba de aire de elevación, **Quinto**, el agua con espuma es emulsificada a través de la aeración generada por la bomba instalada (actualmente fuera de funcionamiento) en este proceso unitario **Sexto**, el agua del tanque de sedimentación que se encuentra clara y se pasa al tanque de desinfección la que idealmente se tendría que desinfectar con hipoclorito de cloro (Actualmente no se desinfecta), **Séptimo**, El agua es enviada al tanque de descarga, en el que el agua es descargada por desbordamiento, y de todos los procesos unitarios anteriormente mencionados el tanque de descarga es el único que no acciona por medio de bombeo. **Octavo**, y último, que el lodo acumulando en el tanque de aeración se pasa al tanque de almacenamiento de lodo.

La planta de tratamiento de Quirófanos de Japón se encuentra libre de malos olores que puedan perjudicar la salud pública, asimismo los procesos unitarios se encuentran en buen estado y el funcionamiento de la planta es aceptable, con el único detalle que, al igual que las otras dos plantas anteriormente descritas, urge un próximo retiro de lodos, ya que el tanque de lodos se encuentra llegando al límite máximo de almacenamiento.

CONDICIÓN ACTUAL DE PLANTA QUIRÓFANOS DE JAPÓN

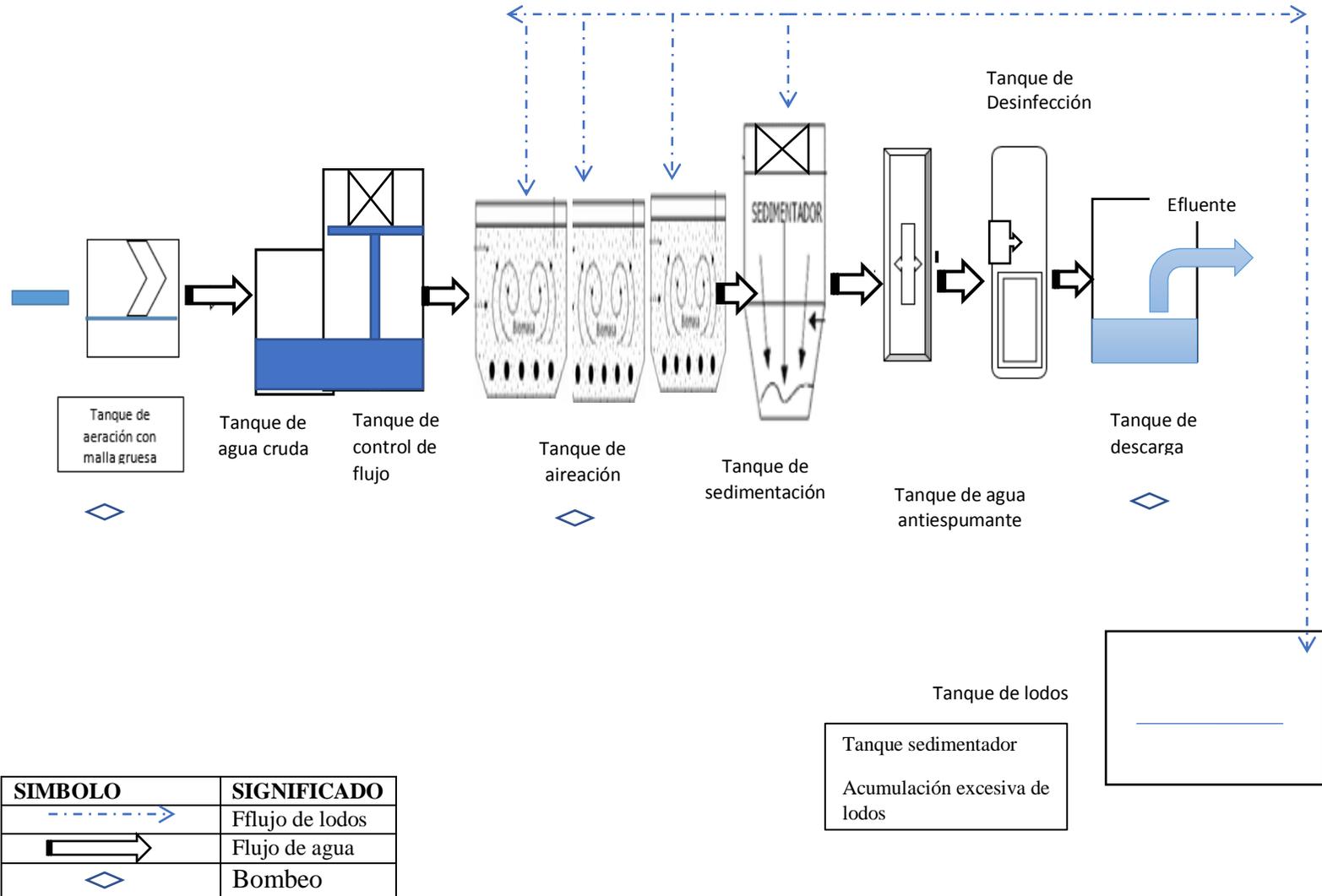


TABLA #4

**CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO						
	Material	Buen estado	Mal estado	Fuera de uso	observaciones	
➤ Rejillas 1 ➤ Rejillas 2 ➤ Trampa de grasa ➤ Tanque de compensación ➤ Tanque de aeración	Concreto a excepción de las rejillas	✓				
		✓				
		✓				
		✓				
		✓				
➤ Tanque de sedimentación			✓			
➤ Desinfección			✓			
➤ Tanque bomba de descarga			✓			
➤ Tanque de bomba de descarga.			✓			
➤ Digestión de lodos		✓				
➤ Deshidratación de lodos teknobag		✓				

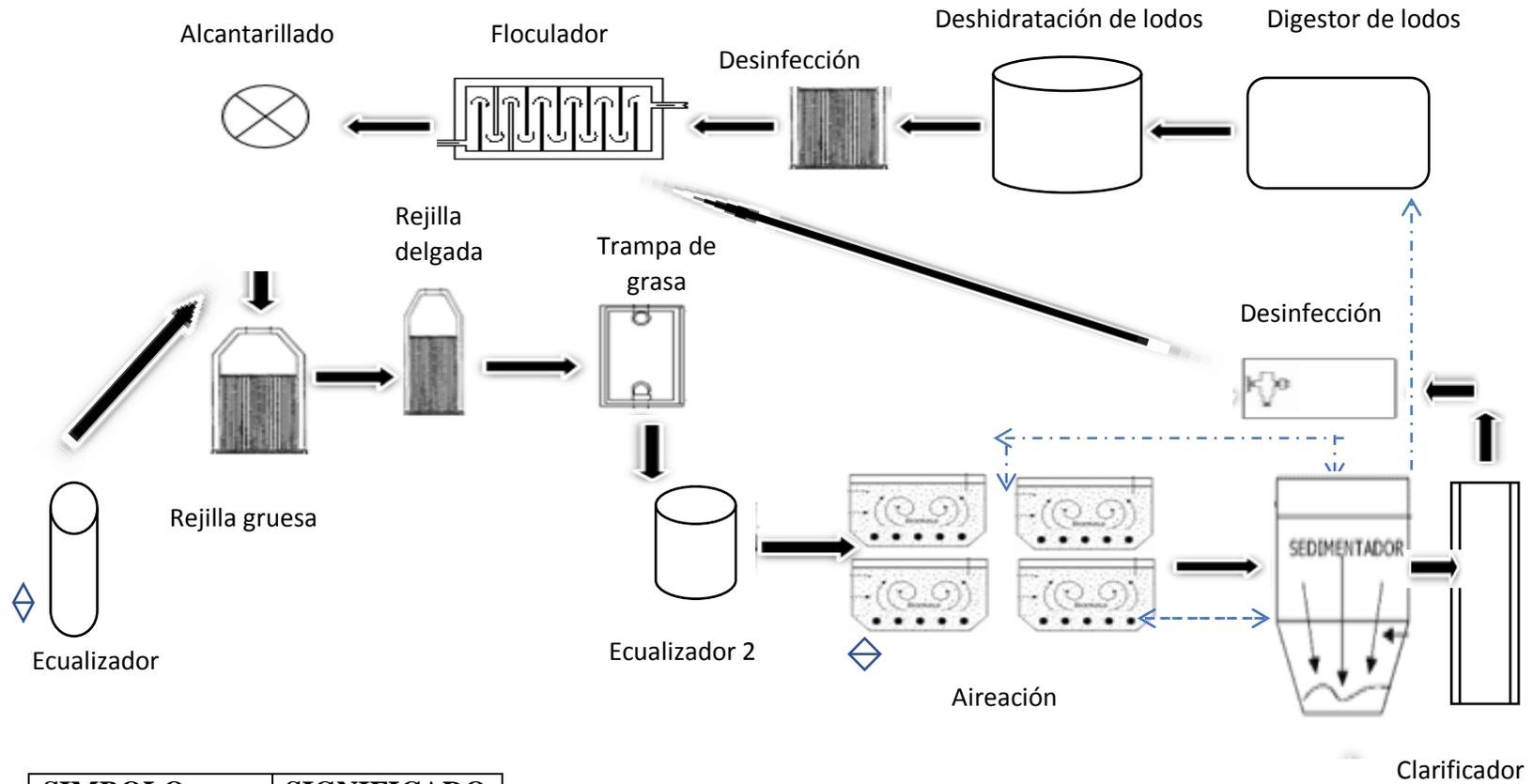
La planta de tratamiento de aguas residuales de la unidad de Especialidades cuenta con un área superficial de 8 metros de largo por 5 metros de ancho aproximadamente.

La línea de flujo del agua que alimenta la planta es la siguiente:

**Primero**, el vertido es enviado por bombeo desde un ecualizador ubicado en el sótano del edificio de especialidades, este ecualizador tiene la función principal de proveer un caudal constante de alimentación a la planta de tratamiento y cuenta con dos bombas de levantamiento y un aireador sumergible. **Segundo**, el vertido de agua cruda tiene dos

opciones de entrada ya sea por las rejillas gruesas que tienen por función obstaculizar el paso de elementos u objetos demasiado grandes, o por las rejilla delgadas que al igual que las rejillas gruesas tiene la misma función de obstaculizan el paso de objetos que puedan dañar los demás procesos unitarios, **Tercero**, el agua pasa a la trampa de grasa donde el diseño de dicha estructura permite que los flotantes sean retenidos por una mampara para luego ser retirados por el operador, **Cuarto**, el agua cruda es enviado a un tanque de compensación (ecualizador 2) en el que su función es retener el caudal fluctuante elevado del influente para que los procesos secundarios y terciarios reciben un caudal consistente. **Quinto** llega el tanque de aireación donde el oxígeno generado por cada una de las bombas permite la transformación de la materia orgánica contaminante presente en el agua residual en compuestos menos contaminantes, formándose en el procesos nueva masa de microorganismos, **Sexto**, posterior a la etapa de aireación, la mezcla de lodo y agua ya tratada, es conducida al tanque de sedimentación o clarificación, en el que se separa el agua tratada de los lodos activados los cuales sedimentan por gravedad en el fondo del tanque. **Séptimo**, el agua tratada y clarificada proveniente sedimentador es conducida a un tanque de cloración en donde las bacterias patógenas idealmente deben ser destruidas obteniendo finalmente una calidad de agua que cumple con los parámetros de descarga establecidos en la legislación vigente. **Octavo**, Digestión de lodos, en este tanque se recibe los lodos en exceso provenientes del tanque de aireación, a estos lodos se insufla aire por medio de un aireador sumergible con lo cual el lodo se va espesando y se continua degradando, en el que cada cierto tiempo será retirado a lechos de secado, y por ultimo **Noveno**, esta fase tiene la finalidad de deshidratar el lodo y reducir sensiblemente su volumen de tal manera que permita un fácil manejo una vez que este sea retirado del sistema de tratamiento. Esta operación se realizará por medio de filtros bolsa teknobag. Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales de Especialidades se encuentra fuera de uso, por daños en las cuatro bombas, y que han no se ha asignado presupuesto para su reparación, el agua generada en el área es conducida por medio de un bass pass directamente sin tratamiento al alcantarillado sanitario de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Cabe mencionar también que no existe personal asignado para la operación y mantenimiento de dicha planta.

**CONDICION ACTUAL PLANTA DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES**



SIMBOLO	SIGNIFICADO
--->	Fflujo de lodos
→	Flujo de agua
◇	Bombeo

Durante el periodo de estudio fuera de funcionamiento

## OPERACIÓN

**TABLA #5**  
**ASPECTOS DE OPERACIÓN DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE**  
**AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL**  
**ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A**  
**MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
5. ¿Cantidad de operarios en las plantas de tratamiento de aguas residuales?				
➤ Cantidad de operarios:	✓		-	Mismo operario para ambas plantas
6. ¿Cuánto tiempo de funcionamiento tiene la planta de tratamiento de aguas residuales? ➤ 4 años ➤ 10 años ➤ Más				
			✓	Fuera de uso durante el periodo de investigación
	✓	✓		
7. ¿Según diseño, cuánto es el tiempo de vida útil de la planta de tratamiento de aguas residuales?				
➤ 10 – 30 años				Carece de esa información.
➤ 31 – 50 años				
➤ Otro				

Las plantas de tratamiento de la unidad de Emergencia y Quirófanos de Japón cuentan con una persona encargada de la operación, no así la planta de especialidades que no cuenta con personal que opere, debido a que esta no se encuentra en funcionamiento desde hace un año por fallas en las bombas, a pesar que se cuenta con un manual de operación para las dos primeras plantas antes mencionadas no se utiliza como una guía al momento de ejecutar las actividades de operación ya que se realiza de una manera empírica, sin embargo el operario manifiesta conocer el proceso, debido a la experiencia y el tiempo de realizar dichas actividades, a pesar de ello no se llevan a cabo todas las actividades según lo sugerido en el manual de operación existente, ni se cuenta con un horario establecido de operación en cada una de las plantas, por lo tanto se desconoce si el tiempo que trabajan las bombas es el adecuado según la capacidad de estas. La planta de especialidades cuenta con las siguientes bombas: una bomba sumergible de 0.40 kw, motor 0.50 hp; una bomba sumergible de 0.25 kw, motor 0.30 hp y una bomba dosificadora de 22w las cuales como se mencionó anteriormente se encuentran fuera de servicio. Las plantas de bloque quirúrgico de Japón y Emergencia se desconocen la capacidad de las bombas con las que cuentan. En el caso de la planta de emergencia la bomba originalmente dejó de funcionar hace dos años y actualmente funcionan con compresor de aire gracias a las adaptaciones provisionales hechas por el operario encargado de dicha planta.

De lo detallado anteriormente el principal problema radica en que si no se realiza una operación de las plantas utilizando criterios técnicos como los establecidos en manuales o guías técnicas puede presentar problemas que minimizan la eficiencia de estas. Además, solamente se cuenta con un operario encargado de las plantas el cual no solo tiene designada la labor de operación de las dos plantas, sino que realiza diversas actividades generales en el nosocomio, lo que no produce los resultados esperados. Según información brindada las plantas de tratamiento cuentan con un tiempo de funcionamiento de 10 años esto en el caso de las plantas de Quirófanos de Japón y Emergencia, en cuanto a la planta de Especialidades tiene 4 cuatro años de existir y solo un año funciono, no se cuenta con registros que indiquen el tiempo de vida útil para las que fueron diseñadas las plantas.

**MANTENIMIENTO**

**TABLA # 6**  
**ASPECTOS RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO DE LAS TRES PLANTAS**  
**DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL**  
**HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE**  
**OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
8. ¿Qué tipo de mantenimiento se realiza en las plantas de aguas residuales? ➤ Preventivo ➤ Correctivo				Especialidades fuera de funcionamiento durante el tiempo de la investigación
	➤	➤	-	
			-	
9. ¿Qué tipo de materiales o herramientas se le proporcionan para el mantenimiento de las plantas? ➤ Pala ➤ Pico ➤ Rastrillo ➤ Escoba ➤ Cepillos ➤ Colador				Especialidades fuera de funcionamiento.
	➤	➤	-	
	➤	➤	-	
	➤	➤	-	
	➤	➤	-	
	➤	➤	-	
	➤	➤	-	
10. ¿Frecuencia de mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales? ➤ Mañana ➤ Tarde ➤ Noche				Especialidades fuera de funcionamiento durante el tiempo de la investigación
	➤		-	Una vez al mes
		➤	-	
			-	

**TABLA # 6**  
**ASPECTOS RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO DE LAS TRES PLANTAS**  
**DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL**  
**HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE**  
**OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales						Observaciones
	Unidad de Emergencias		Quirófanos de Japón		Planta de Especialidades		
<b>11.</b> ¿En qué consiste el mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales?							
<b>Preventivo</b>	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
➤ Limpieza en cada proceso unitario	➤		➤		➤		
➤ Renovación de pintura		➤				-	
➤ Lubricado y engrasado		➤				-	
<b>Correctivo</b>							
➤ Cambios de equipo		➤	➤			-	
➤ Reparación de fugas		➤	➤			-	

Según los resultados obtenidos y según la información del operario en las plantas se realiza mantenimiento tanto preventivo como correctivo, las actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo incluye únicamente retiro de sólidos de mayor tamaño en los procesos unitarios, con una frecuencia de una vez al mes y utilizando herramientas como, escoba, rastrillo, pala, pico y colador y; el mantenimiento correctivo consiste principalmente en el cambio de repuestos, materiales dañados y reparación de fugas cada vez que se considere necesario, cabe mencionar existe un manual técnico de mantenimiento y operación de las plantas el cual no ha sido del conocimiento del operario por lo tanto no es una guía para las actividades que realiza ya que las realiza de una manera empírica, según lo observado durante la investigación las plantas presentan condiciones de

mantenimiento deficiente como falta de limpieza en los procesos unitarios y alrededores observando presencia de desechos sólidos y maleza, presencia de malos olores y presencia de vectores, las cuales dejan en evidencia la falta de mantenimiento de algunas de las plantas por ejemplo la planta de emergencia y especialidades, no así la planta de quirófanos de Japón que se encuentra en mejores condiciones de mantenimiento y no presenta malos olores y presencia de vectores.

Según información obtenida por parte de la población entrevistada las deficientes condiciones de mantenimiento de las plantas antes mencionadas se deben a falta de recurso humano, ya que solamente se cuenta con un operario para las tres plantas y sumado a que sus actividades no son específicamente el mantenimiento de las plantas, sino que realiza actividades varias, además no se realiza un mantenimiento basado en un manual técnico que especifique las actividades a realizar y la frecuencia. Esto permite que las plantas presenten condiciones de mantenimiento deficientes lo cual resulta notorio a simple vista, las malas condiciones de las estructuras y limpieza, sumado a los malos olores percibidos por empleados y usuarios del hospital que deben permanecer en establecimientos cerca de las plantas lo cual se convierte en un ambiente contaminado y que podría afectar la salud pública.

La causa de los problemas anteriormente detallados radica principalmente en la falta de recuso económicos que permita respaldar las acciones y condiciones de mejoramiento de las plantas ya que según información actualmente no se cuanta con un presupuesto asignado para este fin.

## LODOS GENERADOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

**TABLA #7**

**TRATAMIENTO DE LOS LODOS DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
12. Reciben tratamiento los lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales  ➤ Si ➤ No				Durante la investigación los lodos estaban acumulados desde hace un año
	✓	✓	✓	
13. ¿Cuentan con un costo aproximado de mantenimiento mensual de la planta de tratamiento?  ➤ Si ➤ No				
	➤	➤	➤	

Según la información obtenida los lodos resultantes de las tres plantas no reciben ningún tipo de tratamiento, la última extracción de lodos se realizó hace dos años por una empresa privada, en consecuencia a la falta de extracción de los lodos, en la actualidad los niveles de cada una de las plantas son las siguientes: planta de Emergencias, el nivel de lodos del tanque de sedimentación se encuentra al límite máximo de capacidad de almacenamiento lo cual produce malos olores que afecta a la comunidad hospitalaria en general especialmente al personal de la PNC que brinda custodia y se encuentran en las casetas cercanas a dicha planta y manifestaron su descontento además de eso, proliferación de vectores y un riesgo a la salud pública y medio ambiente; Quirófanos de Japón, a pesar

que se realiza un proceso de recirculación de lodos los niveles en el tanque de almacenamiento de lodos se encuentra en el límite máximo de su capacidad, a pesar de ello no se generan malos olores debido a que recibe por parte del operario un proceso de aireación y recirculación que en cierta forma permite un mayor tiempo de vida de las bacterias aerobias dentro del tanque evitando la generación de los malos olores; y por último la planta de tratamiento de Especialidades, debido a que esta planta se encuentra fuera de funcionamiento, y los lodos se encuentran acumulados en el tanque de almacenamiento de lodos hace dos años, existe un nivel elevado de lodos y un medio anaerobio que producen malos olores con un radio de mayor alcance afectando la salud pública y el medio ambiente.

**TABLA # 8**  
**MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS DE LAS TRES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018.**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
14. Se miden parámetros físicos – químicos en la planta de tratamiento ➤ Si ➤ No				
	➤	➤	➤	
15. ¿Existen bitácoras para la toma de parámetros físico – químico? ➤ Si ➤ No				
	➤	➤	➤	

En las plantas de tratamiento no se realiza la toma de parámetros físico químicos básicos necesarios para conocer las condiciones de temperatura, cloro residual, pH, oxígeno disuelto y sólidos disueltos, que determinen un diagnóstico periódico, ya que no se cuenta con el equipo básico para la toma de dichos parámetro, estas mediciones diarias son importantes ya que permiten obtener un conocimiento rápido y preciso de las condiciones que presentan las plantas y llevar un control por medio de bitácoras que permita tomar medidas cuando se presente problemas en el funcionamiento del proceso.

El operario puede también determinar las condiciones de funcionamiento que presentan las plantas observando cambios en la apariencia física del sistema y tomar nota de dichos aspectos, con solo una simple observación de algunas características tales como: tipo, color o extensión de espuma sobre la superficie del tanque de aireación, o por ejemplo

observando la presencia o ausencia de espuma en el tanque de sedimentación así como el incremento de flóculos que sube desde el fondo. Con una buena observación y la experiencia adquirida por el operador podrá determinarse que está ocurriendo en el sistema de tratamiento y lograr mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de las plantas, sin embargo actualmente nada de esto se realiza.

**CALIDAD DEL AGUA**

**TABLA # 9**  
**REGISTROS DE ANALISIS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES**  
**DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS ACTIVADOS DEL**  
**HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE**  
**OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
¿Las plantas de tratamiento poseen registros de análisis físico químico?				
➤ Si				
➤ No	➤	➤	➤	
¿las plantas de tratamiento poseen registros de análisis microbiológicos?				
➤ Si				
➤ No	➤	➤	➤	

Según la información brindada durante la investigación, no se cuenta con información de registros de análisis físico químicos y microbiológicos realizados a las aguas residuales de las plantas de tratamiento del Hospital Rosales que determine si la calidad de las aguas cumple con los parámetros establecidos por la Norma para regular la calidad de las aguas residuales de tipo especial descargada al Alcantarillado sanitario, por lo tanto durante el proceso de investigación se realizaron análisis físico químicos y microbiológicos que determinaron si las aguas son descargadas bajo parámetros máximos permisibles por la Norma antes mencionada.

**TABLA # 10**  
**CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN UN PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS</b>				
<b>Parámetros Análisis Físico Químico – Microbiológico</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>		<b>Límites según norma</b>
		<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	
Aceites y grasas	mg/l	19.00	22.50	150
DQO	mg/l O <sub>2</sub>	543.00	581.00	1000
Sólidos Sedimentables	mg/l	5.00	0.60	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	363.00	62.50	450
DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	124.07	117.88	400
Coliformes totales*	NMP/100MI	140000000	350000000	10,000
Coliformes fecales*	NMP/100mL	79,000,000	240,000,000	2000

Los resultados de los parámetros físicos químicos analizados en la planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Unidad de Emergencias se encuentran de acuerdo a los límites máximos permisibles según Norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario sin embargo se presenta un fenómeno no muy común, ya que algunos de los resultados son menores en la entrada y mayores en la salida; tal es el caso de los aceites y grasas donde entra con 19 mg/l y en la salida es 22.50mg/l y; la Demanda Química de Oxígeno entra con 543 mg/l O<sub>2</sub> y sale con 581 mg/l O<sub>2</sub>, los Sólidos Sedimentables y Suspendidos totales los resultados si son menores en la salida.

En el caso de los aceites y grasas el fenómeno menor salida mayor entrada puede deberse en primero la planta no cuenta con trampa de grasa y segundo que los procesos unitarios de las plantas no reciben mantenimiento y limpieza frecuentemente lo que permite la

acumulación de restos de grasas y aceites desde hace un largo tiempo y estos restos son arrastrados por el agua durante el recorrido hasta la salida del efluente lo que permite que las aguas presenten un mayor nivel a la salida que a la entrada sin embargo los resultados se encuentran bajo norma.

En el resultado de los análisis microbiológicos tomados, los resultados obtenidos en cuanto a Coliformes totales y Coliformes fecales son los que se detallaran en la tabla 13 donde igual que con las grasas y aceites se observa el mismo fenómeno de mayor salida - menor entrada esto debido a la falta de mantenimiento en los procesos unitarios desde hace mucho tiempo y de igual forma la acumulación de lodos en el tanque de almacenamiento sin ningún tipo de tratamiento , genera que la cantidad de población de microorganismos sea mayor y estos sean arrastrados durante el recorrido de las aguas y se presente mayor cantidad en el efluente que afluente.

Mas sin embargo la cantidad de microorganismos resultantes en los análisis realizados para determinar la calidad de las aguas no se comparó con la norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario ya que según esta no existe un parámetro de límite máximo permisible que permita comparar un rango que determine la cantidad máxima permisibles de microorganismos para el efluente descargado en alcantarillado sanitario. Por lo tanto los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles de la Norma referente a las aguas descargadas a los cuerpos receptores, donde los límites permitidos sobrepasan la cantidad de microorganismos presentes en el agua residual. Sin embargo la cantidad de microorganismos resultantes en el efluente puede verse disminuida si previo a la salida se realizara tratamiento de cloración que garantice una mayor calidad en las aguas descargadas al alcantarillado sanitario.

**TABLA # 11**  
**CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO QUIRÓFANOS DE**  
**JAPON DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL**  
**NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE**  
**2017 A MARZO DE 2018**

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE QUIRÓFANOS DE JAPÓN</b>				
<b>Parámetros Análisis Físico Químico – Microbiológico</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>		<b>Límites según norma</b>
		<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	
Aceites y grasas	mg/l	6.33	<0.79	150
Detergentes	mg/L	0.02	0.59	35
DQO	mg/l O <sub>2</sub>	639	39	1000
Sólidos Sedimentables	mg/l	10	1.00	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	310	8.50	450
DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	289	31.50	400
Coliformes totales*	NMP/100MI	11000000	330000	10,000
Coliformes fecales*	NMP/100mL	11000000	170000	2000

Según análisis físico químico en la Planta de Tratamiento de Quirófanos de Japón evidencia que los resultados de los parámetros de la Norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario se encuentran en niveles por debajo de los límites máximos permisibles, ésta planta es una de las mejores en funcionamiento y mantenimiento, por ende es coincidente que los resultados sean favorables.

La cantidad de microorganismos resultantes en los análisis realizados para determinar la calidad de las aguas no se comparó con la norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario ya que según esta no

existente un parámetro de límite máximo permisible que permita comparar un rango que determine la cantidad máxima permisibles de microorganismos para el efluente descargado en alcantarillado sanitario. Por lo tanto los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles de la Norma referente a las aguas descargadas a los cuerpos receptores, donde los límites permitidos sobrepasan la cantidad de microorganismos presentes en el agua residual. Sin embargo la cantidad de microorganismos resultantes en el efluente puede verse disminuida si previo a la salida se realizara tratamiento de cloración que garantice una mayor calidad en las aguas descargadas al alcantarillado sanitario

**TABLA # 12**  
**CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A MARZO DE 2018**

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES</b>				
<b>Parámetros Análisis Físico Químico – Microbiológico</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>		<b>Límites según norma</b>
		<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>	
Aceites y grasas	mg/l	5.00	-	150
Detergentes	mg/L	2.200	-	35
DQO	mg/l O <sub>2</sub>	304.00	-	1000
Sólidos Sedimentables	mg/l	0.10	-	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	13.33	-	450
DBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	250.83	-	400
Coliformes totales*	NMP/100MI	35000000	-	2,000
Coliformes fecales*	NMP/100mL	35000000	-	10,000

Los resultados de los análisis realizados en la Planta de tratamiento de la Unidad de Especialidades se encuentran dentro de los parámetros máximos permisibles de la Norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario, es importante mencionar que en esta planta solo se realizó muestreo en la entrada del afluente de la planta, ya que esta planta durante el tiempo de la investigación se encontraba fuera de funcionamiento, por lo que el afluente es enviado directamente al alcantarillado sanitario sin pasar por los procesos unitarios, sin embargo los resultados de las aguas analizadas sin que pasaran por ningún tipo de tratamiento fueron favorables según la norma ya mencionada.

La cantidad de microorganismos resultantes en los análisis realizados para determinar la calidad de las aguas no se comparó con la norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitario ya que según esta no

existente un parámetro de límite máximo permisible que permita comparar un rango que determine la cantidad máxima permisibles de microorganismos para el efluente descargado en alcantarillado sanitario. Por lo tanto los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles de la Norma referente a las aguas descargadas a los cuerpos receptores, donde los límites permitidos sobrepasan la cantidad de microorganismos presentes en el agua residual. Sin embargo la cantidad de microorganismos resultantes en el efluente puede verse disminuida si previo a la salida se realizara tratamiento de cloración que garantice una mayor calidad en las aguas descargadas al alcantarillado sanitario

**SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL DE LOS OPERARIOS**

**TABLA #13  
ASPECTOS RELACIONADOS A LA SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL  
DEL OPERARIO ENCARGADO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL  
ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A  
MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
<b>Equipo de protección personal</b>				
16. ¿Equipo de Protección Personal (EPP) con el que cuentan los operarios?				
➤ Guantes de hule				
➤ Mascarilla	✓	✓		
➤ Botas de hule	✓	✓		
➤ Vestimenta impermeable	✓	✓		
➤ Lentes	-	-	-	Jeans y gabacha azul
➤ Casco	✓	✓		
	✓	✓		
17. ¿El Equipo de Protección Personal se encuentra en buen estado?	✓	✓		
➤ Guantes de hule	Buen estado	Buen estado		
➤ Mascarilla	Buen estado	Buen estado		
➤ Botas de hule	Buen estado	Buen estado		
➤ Vestimenta	Buen estado	Buen estado		
➤ Lentes	Buen estado	Buen estado		
➤ Casco	Buen estado	Buen estado		
18. ¿Los operarios utilizan el Equipo de Protección Personal completo?				
➤ Si				
➤ No	➤	➤		

## CONTINUACION...TABLA #13

**ASPECTOS RELACIONADOS A LA SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL  
DEL OPERARIO ENCARGADO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL  
ROSALES, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017 A  
MARZO DE 2018**

Pregunta	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales			Observaciones
	Unidad de Emergencias	Quirófanos de Japón	Planta de Especialidades	
19. ¿Los operarios reciben dotación de Equipo de Protección Personal por parte de las autoridades correspondientes?				
➤ Si	➤	➤		
➤ No				Lentes, botas y casco
20. ¿Considera que el (EPP) es adecuado para las actividades que se realizan?				
➤ Tipo y calidad de material	Adecuada	Adecuada		
➤ Durabilidad y confort	Adecuada	Adecuada		
<b>Control medico</b>				
21. ¿Los operarios se realizan exámenes médicos?				
➤ Si				
➤ No	✓	✓		
Capacitaciones recibidas				
➤ Si				
➤ No	✓	✓		
<b>Accidentes de trabajo</b>				
➤ Si				
➤ No	✓	✓		

El operario asignado para las plantas de tratamiento de Emergencias y Quirófanos de Japón cuenta con equipo de protección personal para realizar las actividades, el cual se le prevé cuando él lo solicita, debido a que no existe una bitácora de entrega de equipo de protección personal, el equipo proporcionado cuenta con los siguiente elementos, guantes industriales, mascarilla, casco, lentes y botas de hule, no se cuenta con indumentaria impermeable adecuada para las actividad, solamente utiliza un uniforme asignado que consta de jeans, camisa y gabacha manga corta las cuales no son adecuado para el tipo de actividades realizadas ya que están expuestos al agua contaminada, a pesar que cuentan con los elementos antes mencionados estos no son utilizados por el operarios de manera completa, ni en todos las actividades realizadas diariamente sino que en algunas actividades específicas como el uso de guantes, mascarillas y lentes cuando realiza las actividades de limpieza de los procesos unitario de las plantas, esta práctica inadecuada del operario podría ser resultado de la falta de capacitaciones recibidas según manifiesta el operario lo cual contribuye a la falta de información sobre la importancia de utilizar el equipo de protección personal completo y sumado a que no se le exige ni supervisa el uso, por esta razón el operario se ve expuestos a contaminación por microorganismos patógenos que podrían ocasionar enfermedades.

No existe la evidencia de registros médicos en el que se lleve un control de los exámenes del operario, ya que según lo manifestado éste acude al doctor de manera personal cuando presenta problemas de salud, por lo tanto no se le exige un control de realización de exámenes básicos como exámenes generales de heces, orina y exámenes de sangre para conocer el estado de salud del operario, no cuentan tampoco con un control de inmunización que le garantice la protección contra enfermedades por virus y microorganismos patógenos a los cuales se encuentran expuestos por las características de la actividad que realiza, por lo tanto es importante que aparte de contar con el equipo de protección personal adecuado al momento de realizar las actividades de operación y mantenimiento, cuente con un adecuado control médico donde se le garantice un sistema de inmunización al menos dos veces al año y la realización de exámenes generales para garantizar así la salud del operario.

Según los resultados de la investigación no se cuenta con un programa de capacitaciones establecidas ni se han impartido capacitaciones de inducción o temas de interés para los operarios desde inicios del funcionamiento de las plantas, las actividades de operación y mantenimiento de las plantas son realizadas de manera empírica sin ninguna guía técnica establecida, lo que dificulta el adecuado funcionamiento y eficiencia de las plantas por la falta de conocimientos técnicos del operario, además ponen en riesgo su salud por la falta de conocimiento de la importancia de utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) por el riesgo de estar expuestos a las aguas residuales hospitalarias que contienen una gran cantidad de microorganismos patógenos que pueden afectar su salud. Por lo mencionado anteriormente es de suma importancia que al operario se le brinde información necesaria para el buen funcionamiento de las plantas, por ejemplo conocimiento sobre aguas residuales en general, los principios básicos de las plantas de tratamiento por lodos activados, conocimiento para el adecuado mantenimiento y operación de las plantas y temas relacionados a la salud, el cuidado al medio ambiente y legislación de país relacionado al tema entre otros; los conocimientos técnicos en los operarios garantizará mayor eficiencia en las plantas de tratamiento.

Según la información obtenida no se han registrado ningún tipo de accidente relacionado al mantenimiento y operación de las plantas durante el tiempo de funcionamiento de estas, lo que es favorable porque, aunque no existen antecedentes de inducción o capacitación en el uso de equipo de protección personal y capacitaciones relacionados a la seguridad, a pesar de ello no se han producido ningún tipo de accidente, sin embargo es importante que el operario tenga conocimiento de los accidentes a los cuales pueden estar expuestos y poder tomar medidas y acciones que le brinden la seguridad al momento de realizar sus actividades.

# CAPITULO VI

## 6.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Las condiciones estructurales de las plantas de tratamiento de la unidad de Emergencia se encuentran en malas condiciones en algunos procesos unitarios como lo es en las rejillas que no se encontraron o la ausencia de bombas originalmete instaladas si no que se cuenta con adaptaciones de compresores en sustitución de dicha bomba, forma por la cual se manda aire a los tanques correspondientes.
- La planta de tratamiento de la unidad de Emergencia no cuenta con regjilla que retenga los sólidos a la entrada de la planta, lo que genera que solidos de gran tamaño pases a los procesos unitarios posteriores, quedando retenidos y obstaculizando el paso del efluente hasta su salida además carece de tapaderas en cada uno de los procesos unitarios, permitiendo la proliferación de vectores y malos olores.
- La planta de tratamiento de aguas residuales de la Unidad de Especialidades se encuentra fuera de funcionamiento por fallas en el equipo de bombas, lo que les obliga actualmente a enviar las aguas residuales directamente al alcantarillado sin pasar por ninguno de los procesos unitarios de las plantas.
- La no funcionabilidad actual de la planta de la Unidad de Especialidades genera condiciones de insalubridad en el área, debido a que las aguas y lodos se encuentran retenidos en los tanques desde hace un largo tiempo, sin que se realice ningún tipo de mantenimiento y limpieza en los procesos unitarios y alrededores de esta, lo que

genera malos olores en la zona y proliferación de vectores de enteros medico sanitario, como cucarachas, zancudos y roedores.

- En las plantas de tratamiento de aguas residuales no se realiza mantenimiento y limpieza de forma periódica y programada lo que evidencia las malas condiciones de estas, malos olores percibidos y la proliferación de vectores de interés medico sanitario. Cabe mencionar que en la planta de Quirófanos de Japón se presenten mejores condiciones de limpieza y mantenimiento ya que se realiza de manera más constante.
- El departamento de mantenimiento es el encargado de administrar las tres plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales, el cual solo tiene asignado un operario cargado del mantenimiento y operación solamente de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Quirófanos de Japón y unidad de Emergencia que además es el encargado de realizar todas las actividades de mantenimiento dentro del nosocomio, por lo tanto no existe un personal encargado específicamente para la operación y mantenimiento de las plantas.
- La persona encargada del mantenimiento y operación de las plantas no utiliza el Equipo de Protección Personal completo y tampoco ha recibido capacitaciones relacionadas al manejo de las plantas, salud y seguridad ocupacional, las actividades que realiza en la operación las hace de manera empírica ya que no se utiliza una guía técnica para realizar los procedimientos de operación y mantenimiento adecuados de las plantas, tampoco se realiza supervisión de los procedimientos realizados por la persona encargada.
- No se realiza ningún tipo de tratamiento de lodos en las tres plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, los lodos se encuentran retenidos en el tanque de

almacenamiento desde hace un largo tiempo, encontrándose niveles de acumulación que a niveles máximos.

- No se realiza proceso de cloración a la salida de los efluentes de las tres plantas de tratamiento que permita disminuir la carga microbiana al momento de ser descargada al Alcantarillado Sanitario
- No se cuenta con equipo básico el cual actualmente no cuenta con el equipo básico para determinar los parámetros in situ (cloro residual, pH, temperatura, sólidos, etc.) que manda la Norma para regular la calidad de las aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario
- Existe poca documentación e información de los antecedentes, diseños y funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Los resultados de los parámetros físico-químicos realizados en las tres plantas de tratamiento se encuentran bajo los límites máximos permisibles según Norma para Regular la Calidad de las aguas residuales de tipo Especial Descargadas al Alcantarillado Sanitaria garantizando que, en cuanto a la calidad de las aguas residuales es eficiente, sin embargo cabe mencionar que las condiciones de mantenimiento, específicamente la planta de Emergencias donde se observó deficiencia en el mantenimiento y Especialidades que no estaba en funcionamiento durante el periodo de la investigación comprometen la falta de eficiencia de las plantas la cual depende de un conjunto de factores, como la calidad del efluente, condiciones estructurales, funcionamiento, operación y mantenimiento.

## RECOMENDACIONES

- Para mejorar las condiciones estructurales de cada una de las plantas se recomienda realizar una inspección y revisión a detalle de las estructuras dañadas y faltantes como rejillas, tapaderas, bombas, etc y realizar un inventario que permita realizar un estimado de daños para gestionar y realizar las reparaciones y cambios de las estructuras dañadas para garantizar la mejor funcionabilidad de cada una de las plantas.
- Se recomienda realizar la gestión oportuna con las autoridades competentes para reestablecer el funcionamiento de la planta de tratamiento de la Unidad Especialidades que se encuentra fuera de funcionamiento desde hace 4 años y se encuentra con acumulación de aguas y lodos en los tanques que lo convierten en un foco de contaminación ambiental y riesgos a la salud pública.
- Es importante el mantenimiento preventivo y correctivo de cada uno de los procesos unitarios, así como la limpieza periódica en las plantas y sus alrededores, por lo tanto, es importante contar con personal encargado de esas funciones específicas y brindarle la información y conocimientos necesarios a través de capacitaciones relacionados a temas de interés que garanticen un mantenimiento y operación efectiva.
- Es importante contar con guías y/o manuales técnicos que especifiquen al personal encargado de operar y dar mantenimiento a las plantas cuales deben ser los pasos que seguir para garantizar la efectividad de funcionamiento y la vida útil de los elementos que componen las plantas de tratamiento.

- Se recomienda garantizar en cada una de las plantas implementar un proceso de cloración con una dosificación específica que permita disminuir la cantidad de microorganismos al momento de descargar las aguas al alcantarillado sanitario.
- De igual forma recomienda gestionar con una empresa especializada y acreditada en brindar tratamiento a los lodos para que los retire de las plantas cuando estos alcancen niveles considerados para su retirada para su tratamiento y disposición final.
- Es importante realizar la gestión con las autoridades competentes para la adquisición de un equipo básico para determinar los parámetros in situ que determina la norma para regular la calidad de las aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario, como el cloro residual, pH, Temperatura entre otros.
- Disponer de información escrita de los antecedentes y acontecimientos relacionados a las plantas de tratamientos de aguas residuales es de suma importancia por lo que se recomienda recopilar y archivar toda la información obtenida existente y registrar la nueva información generada con las plantas para garantizar el control y cuidados de estos recursos importantes para el nosocomio.
- Se recomienda que el ente encargado del Hospital proporcione el Equipo de Protección Personal completo y adecuado al personal encargado de realizar la operación y mantenimiento y garantizar que el operador lo utilice durante la jornada laboral como medida de prevención del riesgo existente en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

- Con fines de reducir costos y aumentar la efectividad de las plantas de tratamiento y la seguridad del personal encargado de su operación, se debe priorizar el desarrollo del programa de capacitación y el manual de operación y mantenimiento (ver anexo 6) elaborados por el equipo ejecutor, los cuales fueron estructurados con temas básicos en el área, que puestos en práctica generan buscar un impacto de manera significativa para el desarrollo de las actividades en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ABC ES [Internet]. España: Madrid; 2015 [Actualizado 2 de feb. de 2015; citado 15 mar de 2017] Disponible en: <http://www.abc.es/sociedad/20150202/abci-aguas-residuales-informe-201502021601.html>
2. Academia. Edu. [Internet]. Argentina: Campo de Mayo. 2006. [Actualizado 25 de mar de 2017]. Disponible en: [http://www.academia.edu/1480336/Monitoreo de efluentes tratados de un hospital. Caracter%C3%ADsticas f%C3%ADsticas qu%C3%ADmicas y microbiol%C3%B3gicas](http://www.academia.edu/1480336/Monitoreo_de_efluentes_tratados_de_un_hospital._Caracter%C3%ADsticas_f%C3%ADsticas_qu%C3%ADmicas_y_microbiol%C3%B3gicas)
3. Banco Mundial. [Internet] Estados Unido; 2013 [Actualizado 31 de dic. de 2013; citado 20 de mar de 2017] Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>.
4. Hnr. [Internet]. El Salvador. 2016 [Actualizado, may. 30 de 2016, citado 31 de mar. de 2017] Disponible en. <http://www.hnr.gob.sv/index.php/institucion2>
5. HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA MEDICINA [Internet]. México D.F, México Comisión Nacional de Arbitraje Médico, México D.F, México .[Actualizada 22 de ene. De 2010; citado 27 de feb de 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2010/gm103j.pdf>.
6. Higiene y Sanidad Ambiental. [Internet]. Argentina: 2004. [citado 25 de mar de 2017] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228912200\\_Aguas\\_residuales\\_de\\_un\\_centro\\_hospitalario\\_de\\_Buenos\\_Aires\\_Argentina\\_caracteristicas\\_quimicas\\_biologicas\\_y\\_toxicologicas](https://www.researchgate.net/publication/228912200_Aguas_residuales_de_un_centro_hospitalario_de_Buenos_Aires_Argentina_caracteristicas_quimicas_biologicas_y_toxicologicas)
7. SCIELO. [Internet]. Argentina: Bueno Aires; 2011 [Actualizado 30 de may. De 2012; citado 27 de feb. De 2017]. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-37432012000100002](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432012000100002).

# ANEXOS

## ANEXO 1: GUÍA DE ENTREVISTA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA  
LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL



**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS  
ACTIVADOS DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL HOSPITAL  
NACIONAL ROSALES, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO  
DE SAN SALVADOR, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE 2017 A  
MARZO DE 2018**

**GUÍA DE ENTREVISTA A PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES.**

**Objetivo:** obtener información necesaria por medio de la entrevista para la elaboración del diagnóstico de la planta de tratamiento de emergencia en el hospital Nacional Rosales.

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_

### **GENERALIDADES DE LAS PLANTA DE TRATAMIENTO**

1. ¿Entidad responsable de la gestión ambiental de la planta de tratamiento de emergencia?  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cuentan con los planos o copias de los diseños de la planta de tratamiento de emergencia?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
3. ¿Se cuenta con el permiso legal por parte de ANDA para verter las aguas residuales al alcantarillado Sanitario? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
4. ¿Hace cuánto tiempo se cuentan con los permisos legales para el vertido de las aguas residuales al Alcantarillado?  
5 años \_\_\_\_\_ 10 años \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_ mas \_\_\_\_\_

### **OPERACIÓN**

1. ¿Cuánto tiempo de funcionamiento tiene la planta de tratamiento de aguas residuales de emergencia?  
5 años \_\_\_\_\_ 10 años \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_ mas \_\_\_\_\_
2. ¿Según diseño, cuánto es el tiempo de vida útil de la planta de tratamiento de aguas residuales de emergencia?  
30 años \_\_\_\_\_ 50 años \_\_\_\_\_ mas \_\_\_\_\_
3. ¿Número de operarios en las plantas de tratamiento de emergencia?  
N<sup>0</sup> \_\_\_\_\_
4. ¿Los operarios cuentan con equipo completo de protección persona(EPP)l?
  - Guantes de hule
  - Mascarilla
  - Botas de hule
  - Vestimenta impermeab<sup>r</sup>
  - Lentes
  - Casco

5. ¿El equipo de protección personal (EPP) se encuentra en buen estado?

<b>Equipo EPP</b>	Buen estado	Mal estado
Guantes de hule		
Mascarilla		
Botas de hule		
Vestimenta impermeable		
Lentes		
Casco		

6. ¿Los operarios utilizan el equipo de protección personal completo?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

7. ¿Los operarios reciben dotación de equipo de protección personal (EPP) por parte de las autoridades correspondientes?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

8. Si su respuesta a la interrogante anterior fue si ¿Con que frecuencia se les proporciona?

\_\_\_\_\_

9. ¿Los operarios se realizan exámenes médicos?

Si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

10. ¿Tipos de exámenes médicos que se realizan?

General de orina \_\_\_\_\_ General de heces \_\_\_\_\_  
Hemograma \_\_\_\_\_ Hepatitis \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

11. ¿Frecuencia de realización de exámenes médicos?

Seis meses \_\_\_\_\_ 1 año \_\_\_\_\_

12. ¿Lugar o instancia donde se realiza los exámenes médicos? \_\_\_\_\_

13. Relativo a la operación, ¿Los operarios han recibido capacitaciones?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

14. Tipo de capacitaciones recibidas

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

15. ¿Institución que los ha capacitado?

---

16. ¿Ha tenido accidentes durante la operación de la planta de emergencia?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

17. ¿Qué tipo de accidentes?

---



---

**MANTENIMIENTO:**

18. ¿Que tipo de mantenimiento se realiza en la planta de aguas residuales de emergencia?

preventivo \_\_\_\_\_ correctivo \_\_\_\_\_

19. ¿Qué tipo de materiales o herramientas se le proporcionan para el mantenimiento de la planta?

<b>Materiales</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Pala		
Pico		
Rastrillo		
Escola		
Cepillos		
Colador		

20. ¿Cuentan con un horario establecido de mantenimiento

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

21. ¿Cuál es el horario establecido?

<b>Turno</b>	<b>Hora</b>
Mañana	
Tarde	
Noche	

22. ¿Tipo de productos químicos y de limpieza utilizado en el mantenimiento de la planta de tratamiento?

Químicos:

---

Limpieza:

---

23. Cuentan con la ficha técnica de los productos químicos de mantenimiento.  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
24. ¿Se cuenta con bodega para el almacenamiento de los productos químicos?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
25. ¿El personal encargado de la bodega de productos químicos utiliza equipo de protección personal(EPP)?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
26. ¿El personal encargado de la bodega de productos químicos a recibido capacitación para la adecuada manipulación de los productos químicos?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
27. ¿Cuentan con un costo aproximado de mantenimiento mensual de la planta de tratamiento?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

### **CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE FUNCIONAMIENTO**

28. ¿Cuáles son los procesos unitarios que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de emergencia?

<b>Procesos Unitarios</b>	<b>Material</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Mal estado</b>	<b>Fuera de uso</b>	<b>Observaciones</b>
➤ Rejillas					
➤ Desarenadores					
➤ Trampa de grasa					
➤ Tanque de aireación					
➤ Tanque sedimentador					
➤ Digestión aerobia					
➤ Desinfección					
➤ Lechos de secado					
➤ Otros procesos.					

### **CALIDAD DEL AGUA**

29. ¿Cuáles son las fuentes de generación de caudal para la planta de tratamiento de aguas residuales de emergencia?

<b>Lugares de fuente de generación</b>
➤
➤
➤
➤

30. ¿Tipo de fuente de generación?

Domestica \_\_\_\_\_ Especial \_\_\_\_\_

31. ¿Cuentan con registros de medición de caudal para la planta ?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

32. Si su respuesta en la interrogante anterior es Si,

- ¿Quién lo realizó? \_\_\_\_\_
- ¿Hace cuánto tiempo? \_\_\_\_\_
- ¿Qué método se utilizó? \_\_\_\_\_
- ¿Cuáles fueron los resultados? \_\_\_\_\_

33. ¿Cuál es el caudal en la entrada de la planta según la medición realizada?

m<sup>3</sup>/seg \_\_\_\_\_

34. ¿Cuál es el caudal en la salida de la planta según la medición realizada?

m<sup>3</sup>/seg \_\_\_\_\_

35. ¿Poseen registros de análisis físico químico?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

36. ¿Poseen registros de análisis microbiológicos?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

37. Si su respuesta a la interrogante anterior es Si ¿Cuál es la entidad responsable de realizarlo? \_\_\_\_\_

## ANEXO 2: GUIA DE OBSERVACIÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA  
LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL



**DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS  
ACTIVADOS DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL HOSPITAL  
NACIONAL ROSALES, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO  
DE SAN SALVADOR, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE OCTUBRE DE 2017  
A MARZO DE 2018**

**GUÍA DE OBSERVACION A PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN HOSPITAL NACIONAL ROSALES.**

**Objetivo:** obtener información necesaria por medio de la observación para la elaboración del diagnóstico de la planta de tratamiento de emergencia en el Hospital Nacional Rosales.

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_

### **GENERALIDADES DE LAS PLANTA DE TRATAMIENTO**

5. ¿Entidad responsable de la gestión ambiental de la planta de tratamiento de emergencia?  
\_\_\_\_\_
6. ¿Se observan los planos o copias de los diseños de las plantas?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
7. ¿Se observó permiso escrito legal por parte de ANDA para verter las aguas residuales al alcantarillado Sanitario?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

### **OPERACIÓN.**

1. ¿Se observa caseta de control de la planta de tratamiento?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. ¿Si su respuesta en la interrogante anterior es si, responda lo siguiente?
- ¿Con que elementos cuenta?  
\_\_\_\_\_
  - ¿Cuál es su estado estructural?  
Buen estado \_\_\_\_\_ Mal estado \_\_\_\_\_
3. ¿Número de operarios que se observan en las plantas de tratamiento?  
Nº \_\_\_\_\_
4. ¿Se observa una buena manipulación del panel de control por parte de los encargados al momento de operar la planta de tratamiento?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
5. ¿Los operarios utilizan equipo completo de protección personal (EPP)?
- Guantes de hule
  - Mascarilla
  - Botas de hule
  - Vestimenta impermeable

- Lentes
- Casco

6. El equipo de protección personal (EPP) cómo se observa:

<b>Equipo EPP</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Mal estado</b>
Guantes de hule		
Mascarilla		
Botas de hule		
Vestimenta impermeable		
Lentes		
Casco		

**MANTENIMIENTO:**

7. ¿Qué tipo de mantenimiento se observa que se realiza en la planta?  
 Preventivo \_\_\_\_\_ Correctivo \_\_\_\_\_

8. ¿Tipo de mantenimiento preventivo?  
 \_\_\_\_\_

9. ¿Tipo de mantenimiento correctivo?  
 \_\_\_\_\_

10. ¿Qué tipo de materiales o herramientas se observa para el mantenimiento de la planta?

<b>Materiales</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Pala		
Pico		
Rastrillo		
Escola		
Cepillos		
Colador		

11. ¿Se observa bitácora de horario establecido de mantenimiento  
 Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

12. ¿La planta se observa en buenas condiciones de mantenimiento?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

13. ¿Tipo de productos que se observa tanto químicos como de limpieza utilizado en el mantenimiento de la planta de tratamiento?

Químicos: \_\_\_\_\_

Limpieza: \_\_\_\_\_

¿Se observa la ficha técnica de los productos químicos de mantenimiento?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

14. ¿Se observa bodega de almacenamiento de productos químicos?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

15. ¿La bodega de almacenamiento de productos químicos cuenta con los requerimientos mínimos según lo establecido por la ley? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## CONDICIONES ESTRUCTURALES Y DE FUNCIONAMIENTO

16. Procesos unitarios que conforman la planta de tratamiento

Procesos Unitarios	Material	Buen estado	Mal estado	Fuera de uso	Observaciones
➤ Rejillas					
➤ Desarenadores					
➤ Trampa de grasa					
➤ Tanque de aireación					
➤ Tanque sedimentador					
➤ Digestión aerobia					
➤ Desinfección					
➤ Lechos de secado					
➤ Otros procesos.					

## CALIDAD DEL AGUA

17. ¿Cuáles son las fuentes de generación de caudal para las plantas de tratamiento de emergencia?

Lugares de fuente de generación
➤
➤
➤
➤

18. ¿Tipo de fuente de generación?

Domestica\_\_\_\_\_

Especial\_\_\_\_\_

19. ¿Cuál es el caudal en la entrada de la planta según las mediciones realizadas durante la investigación?  $m^3/seg$ \_\_\_\_\_

20. ¿Cuál es el caudal en la salida de la planta según las mediciones realizadas durante la investigación?  $m^3/s$ \_\_\_\_\_

21. ¿Se observó registros de análisis físico químico?

Si\_\_\_\_\_

No\_\_\_\_\_

22. ¿Se observó registros de análisis microbiológicos?

Si\_\_\_\_\_

No\_\_\_\_\_

## ANEXO 3: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.



### MARN

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 17-0584  
 Identificación de la Muestra : Entrada  
 Solicitante : Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 30/11/2017  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 30/11/2017  
 Fecha de Inicio de Análisis : 30/11/2017  
 Fecha de Finalización de Análisis : 19/12/2017  
 Fecha de Generación de Reporte : 20/12/2017  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Superficial  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua Residual  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

#### PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	30/11/2017	
HORA	11:00 a.m.	
pH	No Reportado	Unidades
Temperatura de la Muestra	No Reportado	°C
Conductividad Eléctrica	No Reportado	µS/cm
TDS	No Reportado	ppm

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA		UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Aceites y Grasas	19.00	±	0.91	mg/l	0.79	SMWW 5520 Modificado
Demanda Química de Oxígeno	543	±	49	mg/l O <sub>2</sub>	6	SMWW 5220D
Sólidos Sedimentables	5.00	±	0.05	m/l	0.1	SMWW 2540 F
Sólidos suspendidos totales	363.00	±	11.62	mg/l	2.34	SMWW 2540 D'
DBO <sub>5</sub>	124.07	±	10.17	mg/l O <sub>2</sub>	1.99	SMWW 5210 B

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

#### Notas

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)

Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Coliformes totales y Coliformes fecales.

  
 Lic. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla,  
 Colonia Las Mercedes,  
 MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

Teléfono: (503) 2132 6276

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Página web: [marn.gob.sv](http://marn.gob.sv)

Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



**MARN**  
Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia : 17-0585  
 Identificación de la Muestra : Salda  
 Solicitante : Roberto Avellan/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 1/2, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 30/11/2017  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 30/11/2017  
 Fecha de Inicio de Análisis : 30/11/2017  
 Fecha de Finalización de Análisis : 19/12/2017  
 Fecha de Generación de Reporte : 20/12/2017  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Superficial  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua Residual  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	COMENTARIOS
FECHA	30/11/2017		Expresado como
HORA	11:30 a.m.		
pH	No Reportado		Unidades
Temperatura de la Muestra	No Reportado		°C
Conductividad Eléctrica	No Reportado		µS/cm
TDS	No Reportado		ppm

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Aceites y Grasas	22.50	± 1.08	mg/l	0.79	SMWW 5520 Modificado
Demanda Química de Oxígeno	581	± 52	mg/l O <sub>2</sub>	6	SMWW 5220D
Sólidos Sedimentables	0.60	± 0.01	m/l	0.1	SMWW 2540 F
Sólidos suspendidos totales	62.50	± 2.00	mg/l	2.34	SMWW 2540 D'
DBO <sub>5</sub>	117.88	± 9.67	mg/l O <sub>2</sub>	1.99	SMWW 5210 B

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

**Notas**

•Este informe de resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Agua.  
 •Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.

•El Laboratorio no realiza muestras

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02-16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)

Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Coliformos totales y Coliformos fecales.

  
 L.C. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 1/2 Carretera a Santa Tecla,  
 Calle y Colonia Las Mercedes,  
 Edificio MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6270  
 Correo electrónico: [medioambiente@marn.gob.sv](mailto:medioambiente@marn.gob.sv)  
[facebook.com/marn.gob.sv](https://www.facebook.com/marn.gob.sv)  
 Twitter: @MARN\_Oficial\_SV


**MARN**

 Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia	:	17-0595
Identificación de la Muestra	:	Salida
Solicitante	:	Roberto Avellar/Saneamiento Ambiental
Dirección	:	Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras	:	30/11/2017
Fecha de Recepción en Laboratorio	:	30/11/2017
Fecha de Inicio de Análisis	:	30/11/2017
Fecha de Finalización de Análisis	:	19/12/2017
Fecha de Generación de Reporte	:	20/12/2017
Responsable de Toma de Muestra	:	Kevin Mejía
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial)	:	Agua Superficial
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc)	:	Agua Residual
Observaciones y Apariencia de la Muestra	:	

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

	Expresado como
FECHA	30/11/2017
HORA	11:30 a.m.
pH	No Reportado
Temperatura de la Muestra	No Reportado
Conductividad Eléctrica	No Reportado
TDS	No Reportado

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Aceites y Grasas	22.50	± 1.08	mg/l	0.79	SMWW 5520 Modificado
Demanda Química de Oxígeno	581	± 52	mg/l O <sub>2</sub>	6	SMWW 5220D
Sólidos Sedimentables	0.60	± 0.01	m/l	0.1	SMWW 2540 F
Sólidos suspendidos totales	62.50	± 2.00	mg/l	2.34	SMWW 2540 D <sup>1</sup>
DBO <sub>5</sub>	117.88	± 9.67	mg/l O <sub>2</sub>	1.96	SMWW 5210 B

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMMWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

\*Este informe de resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Agua.

\*Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.

\*El Laboratorio no realiza muestras

 Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02-16 para el alcance detallado [www.osa.gub.ar](http://www.osa.gub.ar)

 Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Coliformos totales y Coliformos fecales.

Lic. Regina Cortez  
Coordinadora del Laboratorio

 Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
Calle y Colonia Las Mercedes,  
Edifício MARN, complejo ISTA,  
San Salvador, El Salvador, Centro América.



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS BACTERIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia	:	17-0585
Identificación de la Muestra	:	Salida
Solicitante	:	Roberto Avelar /Saneamiento Ambiental
Dirección	:	Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras	:	30/11/2017
Fecha de Recepción en Laboratorio	:	30/11/2017
Fecha de Inicio de Análisis	:	30/11/2017
Fecha de Finalización de Análisis	:	04/12/2017
Fecha de Generación de Reporte	:	05/12/2017
Responsable de Toma de Muestra	:	Kevin Mejía
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial)	:	Agua Superficial
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc)	:	Agua Residual
Observaciones y Apariencia de la Muestra	:	Turbia amarilla con sedimento

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

		Expresado como
FECHA	30/11/2017	
HORA	11:30 am	
pH	No reportado	Unidades
Temperatura de la Muestra	No reportado	°C
Conductividad Eléctrica	No reportado	µS/cm
TDS	No reportado	ppm
Oxígeno Disuelto	No reportado	mg/l
Turbidez	No reportado	NTU

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	PRECISION	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Coliformes totales	35000000	± 1100	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 B
Coliformes fecales	24000000	± 710	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 E

**Abreviaturas:**

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater, 21st Edition, 2005

NMP: Número Más Probable

**Notas:**

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-07-16 para el alcance detallado [www.osa.gub.sv](http://www.osa.gub.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspensivos Totales, Cloruro, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Coliformes totales y Coliformes fecales.

  
Lic. Regina Cortez  
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
Calle y Colonia Las Mercedes,  
Edificio MARN, complejo ISTA,  
San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6276  
Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv  
facebook.com/marn.gob.sv  
Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 18-0059  
 Identificación de la Muestra : E Jap 1  
 Solicitante : Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 24/01/2018  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 24/01/2018  
 Fecha de Inicio de Análisis : 24/01/2018  
 Fecha de Finalización de Análisis : 21/02/2018  
 Fecha de Generación de Reporte : 22/02/2018  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Residual  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): PTAR H. Rosales Japón  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	24/01/2018	
HORA	12:30 p.m.	
Temperatura Ambiente	No Reportada	°C
Temperatura de la Muestra	No Reportada	°C
pH	No Reportada	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportada	µS/cm
Turbidez	No Reportada	NTU
Oxígeno Disuelto	No Reportada	mg/l
Saturación de Oxígeno Disuelto	No Reportada	%
TDS	No Reportada	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Aceltes y Grasas	6.33	± 0.30	mg/l	0.79	SMWW 5520 Modificado
Detergentes	0.02	± 0.00	mg/L	0.002	HACH 8028
DQO	639	± 57	mg/l O <sub>2</sub>	6	SMWW 5220 D
Sólidos Sedimentables	10.00	± 0.10	ml/l	0.10	SMWW 2540 F
Sólidos Suspendedos Totales	310.00	± 9.92	mg/l	2.34	SMWW 2540 D
DBO <sub>5</sub>	289.00	± 23.70	mg/l O <sub>2</sub>	1.99	SMWW 5210 B

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez.

  
 Lic. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
 Calle y Colonia Las Mercedes,  
 Edificios MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6276  
 Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv  
 facebook.com/marn.gob.sv  
 Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS BACTERIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia : 18-0059  
 Identificación de la Muestra : E Jap 1  
 Solicitante : Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 24/01/2018  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 24/01/2018  
 Fecha de Inicio de Análisis : 24/01/2018  
 Fecha de Finalización de Análisis : 26/01/2018  
 Fecha de Generación de Reporte : 05/02/2018  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Residual  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): PTAR H. Rosales Japón  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra : Turbia amarilla con sedimento

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

		Expresado como
FECHA	24/01/2018	
HORA	12:30 p.m.	
Temperatura Ambiente	No Reportada	°C
Temperatura de la Muestra	No Reportada	°C
pH	No Reportada	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportada	µS/cm
Turbidez	No Reportada	NTU
Oxígeno Disuelto	No Reportada	mg/l
Saturación de Oxígeno Disuelto	No Reportada	%
TDS	No Reportada	mg/l

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	PRECISION	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Coliformes totales	11000000	± 250	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 B
Coliformes fecales	11000000	± 250	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 E

**Abreviaturas:**

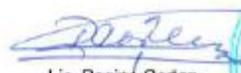
SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater, 21st Edition, 2005

NMP: Número Más Probable

**Notas:**

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: Coliformes totales y Coliformes fecales.

  
 Lic. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
 Calle y Colonia Las Mercedes,  
 Edificios MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6276  
 Correo electrónico: [medioambiente@marn.gob.sv](mailto:medioambiente@marn.gob.sv)  
[facebook.com/marn.gob.sv](https://www.facebook.com/marn.gob.sv)  
 Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia : 18-0060  
 Identificación de la Muestra : S Jap 2  
 Solicitante : Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 24/01/2018  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 24/01/2018  
 Fecha de Inicio de Análisis : 24/01/2018  
 Fecha de Finalización de Análisis : 21/02/2018  
 Fecha de Generación de Reporte : 22/02/2018  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Superficial  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): PTAR Japón H. Rosales  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

		Expresado como
FECHA	24/01/2018	
HORA	1:00 p.m.	
Temperatura Ambiente	No Reportada	°C
Temperatura de la Muestra	No Reportada	°C
pH	No Reportada	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportada	µS/cm
Turbidez	No Reportada	NTU
Oxígeno Disuelto	No Reportada	mg/l
Saturación de Oxígeno Disuelto	No Reportada	%
TDS	No Reportada	mg/l

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Aceites y Grasas	< 0.79	± 0.05	mg/l	0.79	SMWW 5520 Modificado
Detergentes	0.59	± 0.00	mg/L	0.002	HACH 8026
DQO	39	± 3	mg/l O <sub>2</sub>	6	SMWW 5210 D
Sólidos Sedimentables	1.00	± 0.01	ml/l	0.10	SMWW 2510 F
Sólidos Suspendidos Totales	8.50	± 0.27	mg/l	2.34	SMWW 2540 D
DBO <sub>5</sub>	31.50	± 2.59	mg/l O <sub>2</sub>	1.99	SMWW 5210 B

Abreviaturas: ND: No Detectable    NR: No Realizado    SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

**Notas:**

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez.

  
 Lic. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
 Calle y Colonia Las Mercedes,  
 Edificios MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6276  
 Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv  
 facebook.com/marn.gob.sv  
 Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



# MARN

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS BACTERIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia	:	18-0060
Identificación de la Muestra	:	S Jap 2
Solicitante	:	Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental
Dirección	:	Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras	:	24/01/2018
Fecha de Recepción en Laboratorio	:	24/01/2018
Fecha de Inicio de Análisis	:	24/01/2018
Fecha de Finalización de Análisis	:	26/01/2018
Fecha de Generación de Reporte	:	05/02/2018
Responsable de Toma de Muestra	:	Kevin Mejía
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial)	:	Superficial
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc):	:	PTAR Japón H. Rosales
Observaciones y Apariencia de la Muestra	:	Turbia con Sedimento

### PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	24/01/2018	
HORA	1:00 p.m.	
Temperatura Ambiente	No Reportada	°C
Temperatura de la Muestra	No Reportada	°C
pH	No Reportada	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportada	µS/cm
Turbidez	No Reportada	NTU
Oxígeno Disuelto	No Reportada	mg/l
Saturación de Oxígeno Disuelto	No Reportada	%
TDS	No Reportada	mg/l

### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

PARAMETRO	RESULTADO	PRECISION	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Coliformes totales	330000	± 70	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 B
Coliformes fecales	170000	± 40	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 E

#### Abreviaturas:

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater, 21st Edition, 2005

NMP: Número Más Probable

#### Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: Coliformes totales y Coliformes fecales.

  
Lic. Regina Cortez  
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
Calle y Colonia Las Mercedes,  
Edificios MARN, complejo ISTA,  
San Salvador, El Salvador, Centro América.

Tel: (503) 2132 6276  
Correo electrónico: [medioambiente@marn.gob.sv](mailto:medioambiente@marn.gob.sv)  
[facebook.com/marn.gob.sv](https://www.facebook.com/marn.gob.sv)  
Twitter: @MARN\_Oficial\_SV



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

**DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA  
AREA DE ANALISIS BACTERIOLOGIA  
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA**

Pag. 1/1

Número de Referencia : 18-0061  
 Identificación de la Muestra : Esp 1  
 Solicitante : Roberto Avelar/Saneamiento Ambiental  
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador  
 Fecha de toma de muestras : 24/01/2018  
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 24/01/2018  
 Fecha de Inicio de Análisis : 24/01/2018  
 Fecha de Finalización de Análisis : 26/01/2018  
 Fecha de Generación de Reporte : 05/02/2018  
 Responsable de Toma de Muestra : Kevin Mejía  
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Residual  
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): PTAR Especialidades H. Rosales  
 Observaciones y Apariencia de la Muestra : Turbia Amarilla con sedimento

**PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS**

		Expresado como
FECHA	24/01/2018	
HORA	1:30 p.m.	
Temperatura Ambiente	No Reportada	°C
Temperatura de la Muestra	No Reportada	°C
pH	No Reportada	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportada	µS/cm
Turbidez	No Reportada	NTU
Oxígeno Disuelto	No Reportada	mg/l
Saturación de Oxígeno Disuelto	No Reportada	%
TDS	No Reportada	mg/l

**RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO**

PARAMETRO	RESULTADO	PRECISION	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
Coliformes totales	35000000	± 1100	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 B
Coliformes fecales	35000000	± 1100	NMP/100 mL	1.8	SMEWW 9221 E

**Abreviaturas:**

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater, 21st Edition, 2005

NMP: Número Más Probable

**Notas:**

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02-16 para el alcance detallado [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: Coliformes totales y Coliformes fecales.

  
 Lic. Regina Cortez  
 Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,  
 Calle y Colonia Las Mercedes,  
 Edificios MARN, complejo ISTA,  
 San Salvador, El Salvador, Centro América.

## ANEXO 4: PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE CAUDAL

### 1. CALCULO CAUDAL QUIROFANOS DE JAPON

El método utilizado es el volumétrico para el cual la fórmula utilizada es la siguiente

**$Q=V/T$**  Donde:

Q: Es el Caudal

V: Volumen (Litros)

T: tiempo (Segundos)

Los datos obtenidos son los siguientes:

Tiempo (s)	Volumen conocido
Tiempo 1: 1.20	Volumen conocido de una cubeta de 3 galones
Tiempo 2: 1.10	
Tiempo 3: 1.25	
Tiempo 4: 1.35	
Tiempo 5: 1.15	

Primero, se determina el promedio de los tiempos, el cual resulta:

La sumatoria de los tiempos es 6.05 segundos, dicho valor se divide entre el número de veces que se tomó el tiempo, por tanto el  $T_{promedio} = 1.21$  segundos

Segundo, se convierte el volumen conocido a litros,

1 galon= 3.78L

3galones.....X

Entonces  $X = \frac{3 \text{ galones} * 3.78 \text{ Litros}}{1 \text{ galón}}$

**X=11.34 litros**

Obtenidos los valores del volumen en litros y el tiempo promedio se procedió de la siguiente manera;

$Q = 11.34L / 1.21 \text{seg}$

**$Q=9.37L/\text{seg}$ . El cual significa que son 9.37 litros por segundo de caudal que la planta de Quirófanos de Japón da tratamiento**

**ANEXO 5. FOTOGRAFIAS****Planta de tratamiento Unidad de Emergencias**

Imagen 1. Estructura completa de planta de tratamiento de la Unidad de Emergencia.



Imagen 2. Tapa de la entrada de caudal deteriorada, oxidada sin poder cumplir función

## Planta de tratamiento Unidad de Emergencias



Imagen 3. Sedimentador con acumulación de lodos de más de un año, presencia de malos olores y vectores perjudiciales a la salud.



Imagen 4. Caseta de bombeo, sin protección que restrinja el paso a cualquier persona.

## Planta de tratamiento Quirofanos de Japon



Imagen 5. Panta de tratamiento de Quirofanos de Japon, y equipo fuera de uso del hospital Nacional Rosales.



Imagen 6 . Rejillas con sistema de aireación, efluente que luego pasa al tanque de regulación de flujo.

Planta de tratamiento Unidad de Especialidades



Imagen 7. Panta de tratamiento de Unidad de Especialidades.

## Muestreo de aguas residuales



Imagen 8. Muestreo de aguas residuales para análisis Microbiológico y físico químico de planta de tratamiento de la Unidad de Emergencias



Imagen 9. Muestreo de aguas residuales para análisis Microbiológico y físico químico de planta de tratamiento Quirofanos de Japon.

**ANEXO 6: PROPUESTA DE CAPACITACIÓN Y MANUAL DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL  
ROSALES.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA MÉDICA  
LICENCIATURA EN SALUD AMBIENTAL



**PROGRAMA DE CAPACITACION SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DIRIGIDA AL PERSONAL ENCARGADO DE REALIZAR LABORES ASOCIADAS A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO POR LODOS ACTIVADOS DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL HOSPITAL NACIONAL ROSALES, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR**

**ELABORADO POR:**

**Marta Córdova Ortiz  
Glenda Yamileth Escobar**

**San Salvador, noviembre de 2018**

## Contenido

<b>I. Antecedentes</b> .....	3
<b>II. Objetivo General</b> .....	4
<b>III. Meta</b> .....	5
<b>V. Metodología</b> .....	7
<b>VI. Perfil de los participantes</b> .....	7
<b>VII. Recursos</b> .....	8
<b>VIII. Evaluación, seguimiento y monitoreo.</b> ....	8
<b>IX. Cronograma</b> .....	9
<b>X. Propuesta de programa de jornadas de capacitación</b> .....	10
<b>a) Generalidades de aguas residuales</b> .....	10
<b>Generalidades de aguas residuales</b> .....	10
<b>b) Sistemas de tratamiento de aguas residuales</b> .....	16
<b>c) Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales</b> .....	26
<b>Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales</b> .....	26
<b>3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.</b> ....	27_Toc523633612
<b>a) Legislación: Norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario</b> .....	34
<b>Norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario</b> .....	34

## **I. Antecedentes**

La operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales se hace una tarea difícil cuando además de la variabilidad propia de la tecnología implementada se le suma por un lado la complejidad simultánea de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos. Dicha complejidad resulta en un mal funcionamiento de la planta de tratamiento, donde se pierden los rendimientos esperados de remoción de contaminantes además de los riesgos a los que el personal encargado se ve expuesto por los procesos inadecuados al momento de operar las plantas de tratamiento.

Para controlar estos incidentes, se hace necesario un seguimiento de las acciones que se realizan durante el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Sin embargo, este control es insuficiente cuando el personal a cargo no se tiene el conocimiento básico para la realización de los procesos necesarios para mantener la planta de tratamiento dentro de su correcto funcionamiento sin poner en riesgo su seguridad.

Por lo anterior la importancia de la capacitación a todos los trabajadores que realizan labores en instalaciones asociadas a plantas de tratamiento, deben ser instruidos en los riesgos identificados y los procedimientos seguros que deben seguir.

## **II. Objetivo General**

Desarrollar conocimientos generales y técnicos al personal encargado de realizar labores relacionadas a las plantas de tratamiento por lodos activados de las aguas residuales generadas en el Hospital Nacional Rosales que les permita realizar las actividades asignadas y prevenir los riesgos expuestos

## **III. Objetivos específicos**

- 1- Que los participantes conozcan sobre las Generalidades de aguas residuales, Tipos de aguas residuales y las Características, que les permitan tener un conocimiento más amplio sobre el tema.
- 2- Que los participantes obtengan el conocimiento básico sobre los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales que existen, así como de las ventajas y desventajas de cada tipo de tratamiento de aguas residuales.
- 3- Dar a conocer la importancia que se realice una buena operación y mantenimiento de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales.
- 4- Que los participantes conozcan la importancia de identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos y tomar las medidas de protección para garantizar su salud y seguridad.
- 5- Que los participantes conozcan la importancia de identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos y tomar las medidas de protección para garantizar su salud y seguridad.

#### IV. Meta

Numero de personal encargado de la administración, operación y mantenimiento u otra actividad relaciona a las plantas de tratamiento de aguas residuales del hospital Nacional Rosales.

Personal	# de Personal	Total personal capacitado
Jefatura de mantenimiento		
Operarios de las plantas		
Comité de salud y seguridad ocupacional		
Epidemiología		

Nota: El número de personal capacitado será definido por las autoridades correspondientes

#### V. CONTENIDO

Dentro del programa de capacitación se desarrollan temas que incluyan como mínimo los contenidos detallados a continuación:

TEMAS	CONTENIDO	OBJETIVO
Generalidades de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos</li> <li>• Tipos de aguas residuales</li> <li>• Características de aguas residuales</li> </ul>	Que los participantes conozcan sobre las Generalidades de aguas residuales, Tipos de aguas residuales y las Características, que les permitan tener un conocimiento más amplio sobre el tema.
Sistemas de tratamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos</li> <li>• Tipos de sistemas de tratamiento</li> <li>• Ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento</li> </ul>	Que los participantes obtengan el conocimiento básico sobre los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales que existen, así como de las ventajas y desventajas de cada tipo de tratamiento de aguas residuales.
Operación y mantenimiento de las plantas de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptos</li> <li>• Operación</li> <li>• Mantenimiento</li> </ul>	Dar a conocer la importancia que se realice una buena operación y mantenimiento de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales.
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de riesgos</li> <li>• Medidas de prevención</li> <li>• Uso correcto del equipo de protección personal (EPP)</li> </ul>	Que los participantes conozcan la importancia de identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos y tomar las medidas de protección para garantizar su salud y seguridad.
Legislación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de la norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario</li> </ul>	Brindar el conocimiento básico sobre las normativas de país relacionadas a las aguas residuales, a través de la revisión de la norma nacional de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario.

## VI. Metodología

Para que el proceso de conocimiento permita un eficiente aprendizaje, se proponen los siguientes métodos y técnicas:

- a) **Talleres:** a través de esta metodología se integran la teoría y la práctica, enfatizando en la solución de problemas a través de la construcción colectiva, acompañándolo en lo posible con demostraciones prácticas, donde se requiere un alto nivel de participación de los y las asistentes.
- b) **Participación dialogada:** por medio de los espacios abiertos, los y las participantes exponen sus ideas e intercambiando posturas sobre los temas facilitados con el propósito de lograr acuerdos.
- c) **Discusión de grupo:** a través de esta técnica se permita el intercambio "cara a cara" entre personas que poseen un interés común para discutir un tema, resolver un problema, tomar una decisión o adquirir información por el aporte recíproco. Todo ello dentro de un máximo de espontaneidad y libertad de acción, limitando solamente por el cumplimiento más o menos flexible de algunas normas generales que favorecen el proceso

## VII. Perfil de los participantes

- Pertenecer al personal del hospital Nacional Rosales.
- Que los participantes desarrollen actividades relacionadas al manejo de las plantas de aguas residuales.
- Los participantes deben de demostrar actitudes e intereses con relación a las temáticas desarrolladas.

## VIII. Recursos

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Pliegos de papel bond (papelones)		
Lapiceros		
Folders de cartulina		
Resmas de papel bond		
Cajas de plumones permanentes		
Cajas de plumones para pizarra		
fotocopias de material de lectura		
Tirro y plumones		
Disco con material de lectura.		
Otro material didáctico que se considere necesario		
<b>TECNOLÓGICOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Proyector Multimedia	<b>1</b>	
Computadora (Laptop)	<b>1</b>	
<b>HUMANO</b>		
Personal técnico capacitado en los temas impartidos		

Nota: los costos dependen de la cotización que se realice.

## IX. Evaluación, seguimiento y monitoreo.

- Se sugiere la organización de un equipo del departamento de mantenimiento para la evaluación, seguimiento y monitoreo de los procesos de capacitación y medir los conocimientos adquiridos mediante una prueba antes y después de las jornadas de capacitación, con la ayuda de un Pre test y un Post Test y una evaluación al completar el procedimiento. Este equipo será el responsable de establecer los criterios de la evaluación.
- De igual forma las visitas a las plantas de tratamiento con el fin de verificar las actividades que se llevan posterior a los conocimientos adquiridos y seguimiento a las acciones para la prevención y reducción de riesgos en las plantas.

## X. Cronograma

#	Temas	Fechas					
		1	2	3	4	5	6
1	Generalidades de aguas residuales						
2	Sistemas de tratamiento de aguas residuales						
3	Operación y mantenimiento de las plantas de aguas residuales						
4	Prevención de riesgos						
5	Legislación						

Nota: las fechas serán definidas por el equipo coordinador del proceso de capacitación o el área asignada.

## XI. Propuesta de programa de jornadas de capacitación

### a) Generalidades de aguas residuales

**Objetivo General:** Que los participantes conozcan sobre las Generalidades de aguas residuales, Tipos de aguas residuales y las Características, que les permitan tener un conocimiento más amplio sobre el tema.

TEMA	ACTIVIDADES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS	RESPONSABLE	TIEMPO
<b>Generalidades de aguas residuales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de conceptos básicos de aguas residuales,</li> <li>Conocimiento de los tipos de aguas residuales y sus características de aguas residuales</li> </ul>	Que los participantes, conozcan conceptos básicos sobre aguas residuales, tipos y sus características	Desarrollo de talleres donde se darán a conocer los conceptos básicos a través de presentación con diapositivas y/o material didáctico.	<p><b>Humanos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal técnico</li> <li>Participantes</li> </ul> <p><b>Materiales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> <li>Presentación</li> <li>Material didáctico</li> </ul>	Administración del hospital será el encargado de la contratación de personal capacitado en el tema para la ejecución del presente programa	2 horas

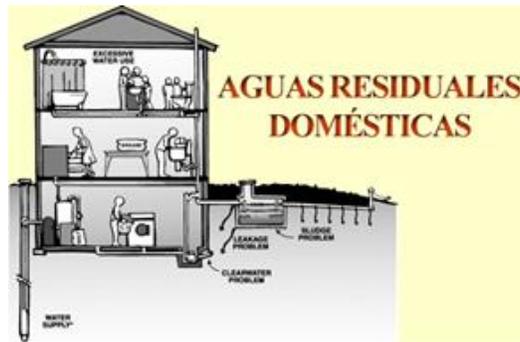
## DESARROLLO DE CONTENIDO

### 1. AGUAS RESIDUALES

#### Orígenes de las aguas residuales

Las aguas residuales, como se menciona anteriormente pueden tener uno o diversos orígenes, entre esos podemos obtener que sea de origen doméstico, industrial, pecuario, agrícola, recreativo, entre otras, los cuales determinan sus características que estas aguas puedan tener. Las aguas residuales se clasifican de la siguiente manera

**Agua Residual Doméstica (ARD):** Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales.



Estas, además, se pueden subdividir en:

- **Aguas Negras:** Se caracterizan por ser Aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro.
- **Aguas Grises:** Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora.



- **Agua Residual Municipal o Urbana (ARU):** Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de un conglomerado urbano; de lo cual tiene actividades domésticas e industriales, transportadas por una red de alcantarillado.

- **Agua Residual Industrial (ARI):** Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos provenientes de procesos productivos industriales, las cuales pueden tener origen agrícola o pecuario.



- **Aguas lluvias (ALL):** Estas aguas se caracterizan por ser originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias las cuales fluyen por los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Dentro de las aguas lluvias se pueden determinar que los primeros flujos que se obtienen son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie.
- **Residuos Líquidos Industriales (RLI):** Estas aguas se caracterizan por ser provenientes de los diferentes procesos industriales, por lo cual su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo proceso industrial, así mismo se puede determinar sus características diferentes en industrias diferentes.
- **Aguas Residuales Agrícolas (ARA):** Estas aguas se caracterizan por ser las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión.

## 1.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las características de las aguas residuales se subdividen en fisicoquímicas y microbiológicas, a continuación, se detalla cada una de ellas.

### ➤ **Características fisicoquímicas de las aguas residuales**

Las aguas residuales presentan diferentes características con las Fisicoquímicas las cuales se pueden tener en cuenta para poder tener un manejo del agua para ser tratadas, de acuerdo a esto si no se el buen manejo obedecería a una mala caracterización de las aguas, ya que impide seleccionar correctamente los tratamientos y aplicar criterios adecuados para el diseño.

A continuación, se deben tener en cuenta:

- **Materia orgánica:** Son fracciones relevantes que se dan de los elementos contaminantes en las aguas residuales domésticas y municipales debido a esto se refleja como la causante del agotamiento de oxígeno de los cuerpos de agua.  
La Materia Orgánica está compuesta principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes).
- **Oxígeno disuelto:** Es un parámetro fundamental que se contempla en el ecosistema acuático y su valor debería estar por encima de los 4 mg/L para así mismo asegurar la sobrevivencia de los organismos superiores. El oxígeno se usa como indicador de la contaminación para los cuerpos hídricos. Para el correcto funcionamiento de los tratamientos aerobios de las aguas residuales, es necesario asegurar una concentración mínima de 1 mg/L.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, se usa para determinar el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** También una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra.
- **Sólidos:** La materia orgánica se presenta en forma de sólidos. Estos sólidos pueden ser suspendidos (SS) o disueltos (SD), los que también pueden ser volátiles (SV), los cuales se presumen orgánicos, o fijos (SF) que suelen ser inorgánicos. Parte de los sólidos suspendidos pueden ser también sedimentables (SSed). Lo anterior ellos se determinan gravimétricamente (por peso).

- **Potencial de hidrógeno (pH):** Controla los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR). La mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.
- **Nitrógeno:** Componente principal de las proteínas y es un nutriente esencial para las algas y bacterias que intervienen en la depuración del agua residual. Puede presentarse en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal y formas oxidadas como nitritos y nitratos. Los valores excesivamente altos de nitrógeno amoniacal (>1500 mg/L) se consideran inhibitorios para los microorganismos responsables del TAR.
- **Fósforo:** Es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos. No obstante, valores elevados pueden causar problemas de hipereutrofización en los cuerpos de agua lóticos como en lagos, embalses, lagunas.

#### ➤ Características microbiológicas de las aguas residuales

Las aguas residuales presentan diferentes características con las Microbiológicas, las cuales aportan gran cantidad de materia orgánica que sirve de alimento para hongos y bacterias encargados de la descomposición.

A continuación, se deben tener en cuenta:

- **Bacterias:** Responsables de la degradación y estabilización de la materia orgánica contenida en las aguas residuales. Su crecimiento ocurre a pH entre 6,5, y 7,5. De lo cual algunas de las bacterias son patógenas, como la *Escherichia coli*, indicador de contaminación de origen fecal.



- **Hongos:** Los Hongos predominan en las aguas residuales de tipo industrial debido que resisten a valores de pH bajos y a escasez de nutrientes.



la

- **Protozoos:** Se alimentan de bacterias y materia orgánica, para mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las PTAR.
- **Actinomicetos:** Son bacterias filamentosas conocidas por causar problemas en reactores de lodos activados, generando la aparición de espumas y la pérdida de sedimentabilidad del lodo, hinchamiento o filamentosos, incrementando los sólidos del efluente y la disminución de la eficiencia del TAR.



**b) Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

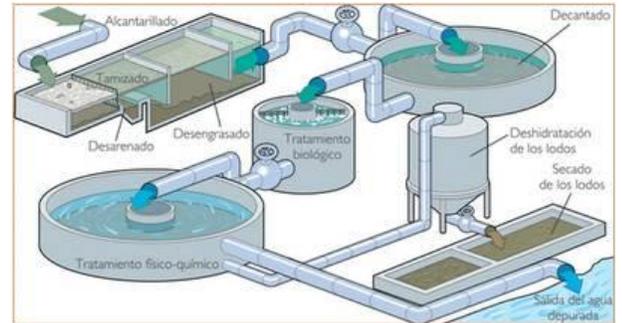
**Objetivo General:** Que los participantes obtengan el conocimiento básico sobre los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales que existen, así como de las ventajas y desventajas de cada tipo de tratamiento de aguas residuales.

TEMA	ACTIVIDADES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS	RESPONSABLE	TIEMPO
<b>Sistemas de tratamiento de aguas residuales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición de conceptos</li> <li>Identificación de tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales, sus ventajas y desventajas</li> </ul>	Que los participantes obtengan el conocimiento básico sobre los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales que existen, así como de las ventajas y desventajas de cada tipo de tratamiento de aguas residuales.	Desarrollo de talleres teóricos practico, para conocer e identificar los diferentes sistemas de tratamiento existentes en el país.	<p><b>Humanos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal técnico</li> <li>Participantes</li> </ul> <p><b>Materiales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> <li>Presentación</li> <li>Material didáctico</li> </ul>	Administración del hospital será el encargado de la contratación de personal capacitado en el tema para la ejecución del presente programa	4 horas teóricas 4 horas practicas

## DESARROLLO DE CONTENIDO

### 2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.



#### ➤ MÉTODOS DE TRATAMIENTO

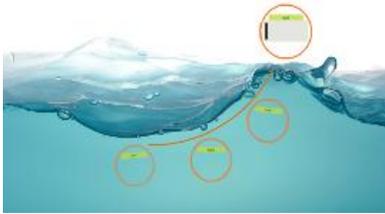
El principal objetivo del tratamiento del agua residual es producir un efluente que pueda ser descargado sin causar daños al medio ambiente. Los contaminantes del agua residual pueden ser eliminados por unidades, físicas químicas y biológicas

#### ➤ Métodos físicos

Tratamiento en el cual se llevan a cabo cambios a través de la aplicación de fuerzas físicas. Las unidades típicas incluyen cribado, mezclado, adsorción, deserción, transferencia de gas, flotación, sedimentación y filtración.



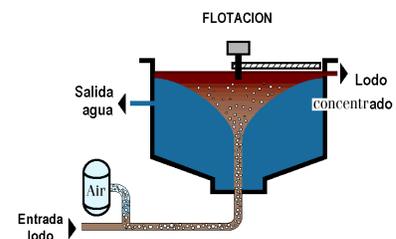
### ➤ Métodos químicos



Operaciones en las cuales la remoción o tratamiento de los contaminantes se realiza mediante la adición de reactivos que llevan a cabo diferentes reacciones químicas. La precipitación química, el ajuste del pH, la coagulación y la desinfección son los principales.

### ➤ Métodos biológicos

En éstos, la remoción de los contaminantes se realiza a través de la oxidación biológica de la materia orgánica. El principal uso del tratamiento biológico es la remoción de los compuestos orgánicos biodegradables nutrientes. El ejemplo más conocido es el de lodos activados, pero existen varios más.



En la literatura, los esquemas de tratamiento se conocen como:

- Primarios
- Secundarios
- Terciarios (avanzados)

En términos generales se puede definir los tratamientos de las aguas residuales en las siguientes categorías:

### ✚ Tratamiento preliminar

Sirve para aumentar la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y a eliminar cantidades excesivas de grasas y aceites. Se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

- Rejas de barras o más finas
- Tamices
- Desmenuzadores (molinos, cortadores o trituradores)

- Desarenadores
- Tanques de pre - aireación.

### **Tratamiento primario**

Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas negras sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación. Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad de flujo. En un tratamiento primario convencional, cerca de un 40 – 60 % de los sólidos suspendidos y un 25 – 35% de la DBO presentes en las aguas residuales pueden ser removidos; los compuestos solubles no pueden ser eliminados por este tipo de tratamiento. Los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- Tanque séptico
- Tanque de doble acción. (tanque imhoff)
- Tanque de sedimentación con eliminación mecánica de lodos
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

### **Tratamiento secundario**

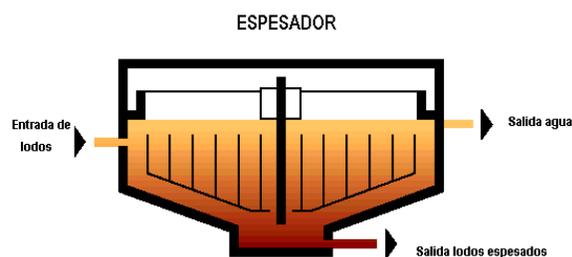
El objetivo del tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Esta remoción se efectúa fundamentalmente por medio de procesos biológicos. Varios son los mecanismos usados para llevar a efectos el proceso anterior, entre los cuales suelen destacarse:

- Los lodos activados
- Los filtros percoladores
- Laguna de estabilización
- Biodiscos

### **Tratamiento terciario**

La necesidad de tratamiento terciario o avanzado se hecho necesaria, a medida que se han percibido los efectos de compuestos que se escapan al tratamiento secundario de las aguas residuales. Entre estos compuestos se pueden citar el nitrógeno, el fosforo, metales pesados, DQO soluble y también se pueden incluir el tratamiento y disposición de lodos.

**Tratamiento de los lodos.** El tratamiento de los lodos se realiza con dos propósitos, primero, disminuir su volumen, eliminando parcial o totalmente el agua que contienen y segundo, descomponer los sólidos orgánicos putrescibles, formándolas en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Este tratamiento puede hacerse con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:



- Espesamiento
- Digestión (anaerobia y aerobia)
- Secados en lechos de arena (cubierto o descubierto)
- Acondicionamiento con productos químicos
- Filtración al vacío
- Incineración
- Centrifugación

## SISTEMAS DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Para la remoción de la DBO carbonácea, la coagulación de los sólidos no sedimentables disueltos y la estabilización de la materia orgánica, intervienen una serie de diferentes microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos utilizan la materia orgánica coloidal y disuelta como alimento para llevar a cabo todas sus funciones metabólicas, como crecimiento y reproducción, generando como productos finales, varios tipos de gases y materia inorgánica y más células (biomasa). Ya que la gravedad específica de la biomasa es ligeramente mayor que la del agua, éstas pueden removerse por sedimentación.

Para un diseño efectivo de un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales es necesario entender claramente los siguientes puntos:

- a) Las necesidades nutricionales de los microorganismos
- b) Los factores ambientales que afectan el crecimiento microbiano
- c) El metabolismo de los microorganismos
- d) La relación entre el crecimiento biológico y la utilización del sustrato

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables, y la estabilización de materia orgánica se consiguen, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos se utilizan para convertir la materia orgánica carbonosa coloidal y disuelta en diferentes gases y material celular (biomasa). Dado que esta biomasa tiene un peso específico ligeramente superior al agua, se puede eliminar por sedimentación. Es importante señalar que, salvo que la biomasa que se produce a partir de la materia orgánica se separe del agua, no se alcanzará un tratamiento completo. Debido a que la biomasa que es de naturaleza orgánica aparecerá como parte de la medida de la DBO del efluente. Si no se separan las células, el único tratamiento que se habrá



llevado a cabo es el asociado con la conversión bacteriana de una fracción de la materia orgánica presente originalmente en diversos productos gaseosos finales. Los microorganismos importantes en el tratamiento biológico del agua residual son: los microorganismos procariotes (eubacterias y arqueobacterias) que suelen denominarse simplemente bacterias, y son primordiales en el tratamiento biológico. El grupo de los microorganismos eucariotes incluye a las plantas, animales

y las protistas. Los organismos eucariotes importantes en el tratamiento biológico de las aguas residuales incluyen:

- Hongos
- Protozoos y rotíferos
- Algas

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica, el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y, en muchos casos, la eliminación de nutrientes (como el nitrógeno y el fósforo). A menudo, la eliminación de compuestos a nivel traza que puedan resultar tóxicos, también constituyen un objetivo de importancia en el tratamiento. En el caso de aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. A menudo, puede ser necesario llevar a cabo un pretratamiento previo, debido a la potencial toxicidad de estos compuestos para los microorganismos. Para el caso de las aguas de retorno de usos agrícolas, el principal objetivo es la eliminación de los nutrientes que puedan favorecer el crecimiento de plantas acuáticas.

En los procesos biológicos, la materia orgánica contaminante es utilizada como alimento por los microorganismos presentes en los tanques o reactores. De esta forma pueden obtener la energía necesaria para reproducirse y llevar a cabo sus funciones vitales y la materia orgánica es transformada en nuevas células y otros productos que pueden ser más fácilmente separados del agua.

La principal división entre los procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales, se hace con base en la forma en que los microorganismos utilizan el oxígeno.

Así se tienen los procesos aerobios (requieren oxígeno) y los anaerobios (requieren ausencia total de oxígeno). Esto se traduce en sistemas muy diferentes entre sí, tanto en su microbiología, como en sus aplicaciones, su ingeniería y su control. Dado que los microorganismos son los

responsables de llevar a cabo el proceso biológico, sus características metabólicas determinarán el tipo de aplicación, así como sus ventajas y desventajas. En ésta se observa que la energía contenida en la materia orgánica contaminante, utilizada por los microorganismos como demanda química de oxígeno (DQO) o como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es transformada en diversos productos dependiendo del metabolismo aerobio o anaerobio de la célula. En general, las bacterias anaerobias utilizarán el 10% de la energía contenida en su alimento o sustrato para funciones de reproducción, lo que da origen a nuevas células y el 90% restante lo dirigirá a la producción de metano y bióxido de carbono. Por su parte, las bacterias aerobias emplearán en presencia del oxígeno, de un 60 a 65% de la energía del sustrato en la síntesis de nuevas células, mientras que la fracción restante es disipada en forma de calor.

#### ➤ **Tecnologías en el tratamiento biológico de las aguas residuales**

La tecnología que utilizar dependerá de muchos factores como el caudal a tratar, la calidad de agua cruda y agua tratada y los costos de inversión y operación y mantenimiento.

Existe una gran variedad de tecnologías utilizadas en el saneamiento de las aguas residuales. Estas tecnologías se dividen principalmente en dos grupos, dependiendo del tipo de microorganismos que remueven la materia orgánica: procesos aerobios (proceso principal de nuestro estudio) y procesos anaerobios.

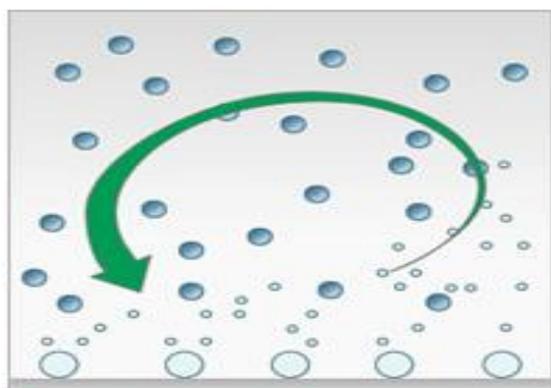
##### • **Procesos anaerobios**

Los procesos anaerobios tienen las principales ventajas de un menor requerimiento de energía, menor producción de lodo y producción de metano que puede ser utilizado para generación de energía. Sin embargo, estos procesos tienen un largo periodo de arranque, no se lleva a cabo la remoción biológica de nitrógeno y fósforo y generalmente se requiere una etapa aerobia posterior para cumplir con la calidad de agua tratada requerida.

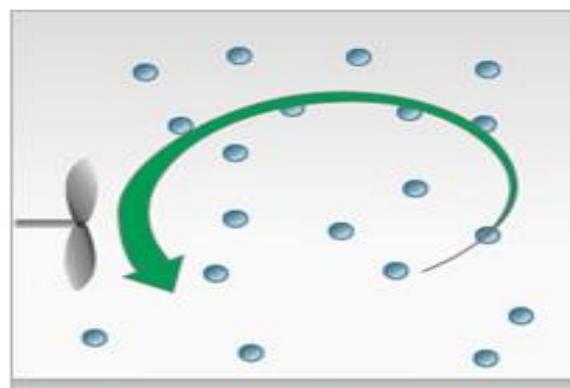
- **Procesos aerobios**

Los procesos aerobios son los más comúnmente usados y se dividen principalmente en procesos con biomasa suspendida y procesos con biomasa adherida, aunque también existen algunos híbridos.

En los procesos con biomasa suspendida, siendo el más común el de lodos activados, los microorganismos se encuentran suspendidos o flotando libremente en el agua y se separan por medio de sedimentación o membranas. Estos requieren de una corriente de retorno de lodos activados para obtener la concentración de biomasa requerida en el reactor.



Reactor aerobio



Reactor anaerobio o anóxico

En los procesos con biomasa adherida, los microorganismos o biomasa forman una biopelícula que se adhiere a algún medio fijo o móvil. Dado que la biomasa está adherida, esta permanece en el reactor, sin embargo, a una concentración menor que en los procesos de biomasa suspendida.

Los procesos aerobios, aunque tienen las desventajas de un gran consumo de energía y una mayor producción de lodos, permiten obtener una mejor calidad de agua tratada, son más fáciles de operar, y remueven nitrógeno y fósforo además de la materia orgánica.

La descomposición de la materia orgánica por vía aerobia se divide en tres fases principales: La hidrólisis de las moléculas orgánicas complejas en sus respectivos monómeros, la descomposición de estos monómeros en intermediarios comunes y la final en la que se realiza el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria, en donde el aceptor final de electrones es el oxígeno molecular, para formar agua como producto final, junto con el bióxido de carbono y el amoníaco.

La tecnología del tratamiento de aguas residuales por vía aerobia está bien desarrollada y es sin duda la más comúnmente aplicada. La experiencia acumulada y las altas eficiencias en la remoción de materia orgánica son algunas de las razones de su aceptación.

Existe un buen número de modalidades en los procesos aerobios y son:

- Tipo extensivo (lagunas)
- Procesos de biomasa en suspensión (lodos activados en sus diversas modalidades)
- Procesos de biopelícula (filtros percoladores y biodiscos).

Uno de los principales tratamientos biológicos aerobios son los tratamientos por lodos activados.

### c) Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales

**Objetivo General:** Dar a conocer la importancia de realizar una adecuada operación y mantenimiento de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales

TEMA	ACTIVIDADES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS	RESPONSABLE	TIEMPO
<b>Operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición y diferenciación de los conceptos de mantenimiento y operación</li> <li>Ventajas y desventajas de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.</li> </ul>	Dar a conocer la importancia de realizar una adecuada operación y mantenimiento de los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales	Desarrollo de talleres teóricos – demostrativos de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.	<p><b>Humanos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal técnico</li> <li>Participantes</li> </ul> <p><b>Materiales.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> <li>Presentación</li> <li>Material didáctico</li> </ul>	Administración del Hospital será el encargado de la contratación de personal capacitado en el tema para la ejecución del presente programa	4 horas teóricas

## DESARROLLO DE CONTENIDO

### 3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.

#### Generalidades

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de los unidades y componentes industriales (mecánicos, eléctricos, y electrónicos) de los procesos dentro de las instalaciones de una planta industrial. El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango de performance, lo cual está basado en la carencia de errores y fallas. El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual está sometido el sistema. El mantenimiento además debe estar destinado a:

- Optimizar la producción del sistema
- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar "fallando" pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma performance que un equipo en óptimas condiciones. Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no producción. Inevitablemente todo equipo, maquinaria, instrumento, o edificación se va a deteriorar por el paso del tiempo.

## Tipos de mantenimiento

- **Mantenimiento Preventivo**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.



- **Manteniendo correctivo,**

Aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario.

Tres factores deben tenerse en cuenta para el debido mantenimiento:

- Diseño,
- Construcción y
- Operación.

Si el diseño básico de la planta es apropiado y la planta se construye con buenos materiales y según las reglas de la técnica, la operación debe lograrse con un mínimo de mantenimiento.

Los planos o copia de los diseños de la planta, mostrando las dimensiones, así como las tuberías, válvulas compuertas, etc. deben tenerse a la mano para referencia inmediata.



Los registros oportunos y completos son auxiliares necesarios para el control de los procedimientos y lo más importante, es que esas constancias van a servir para la interpretación de los resultados de las aguas residuales.

El alto costo (por construcción, mantenimiento y operación) en una gran parte de los procesos de tratamientos de aguas residuales, preocupa a la mayoría de las sociedades incluyendo países desarrollados. Esto ha llevado a la ingeniería a investigar, crear métodos, sistemas, funciones etc. que permitan tener bajos costos y altas eficiencias.

Los costos por operación y mantenimiento pueden dividirse en cuatro categorías: personal, energía, químicos y mantenimiento, donde los costos por personal y consumo energético son los más altos.

La cantidad de personal en la mayoría de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está en función del tamaño, tipo de PTAR y al grado de optimización de esta. Sin embargo el consumo energético es el mayor aportante en el total de costos de operación en una PTAR (Tsagarakis, Mara et al. 2003), lo que lo convierte en un ítem primordial a inspeccionar.

El consumo energético, es aproximadamente una tercera parte del costo total de operación de una PTAR (Tsagarakis, Mara et al. 2003; Fika, Chachuat et al. 2005), de esta parte, la energía consumida por el proceso de aireación en una planta de lodos activados se encuentra aproximadamente entre el 50 y 65% del consumo total

Los sistemas de lodos activados utilizan el oxígeno para realizar el proceso oxidación de la materia orgánica, lo que convierte a la aireación en un proceso con un fuerte consumo energético, ya que este debe ser inyectado por máquinas, por lo tanto controlar la concentración de oxígeno disuelto (OD) que ingresa al reactor aeróbico, es esencial para este tipo de tratamientos (Samuelsson and Carlsson 2002; Chachuata, Rocheb et al. 2005; Rieger, Alex et al. 2006).

Debido a que una muy baja concentración de OD podría generar un pobre crecimiento del lodo y una baja remoción en los contaminantes, a su vez una alta concentración de OD podría presentar una pobre eficiencia de sedimentación del lodo al igual que un bajo rendimiento en la remoción (Fernández, M.C.Castro et al. 2011), adicionalmente el exceso de OD requiere de una alta tasa de caudal de aire (Lindberg 1997).

Por lo tanto los sistemas de automatización o control, juegan un rol muy importante en la reducción de costos de operación en plantas de tratamiento de aguas residuales e industriales (Bongards 1999).

Existen algunos métodos para determinar la eficiencia de las plantas de tratamiento y poder determinar así la efectividad de la operación y mantenimiento.

A continuación, se describe un método utilizado para tal fin.



#### d) Prevención de riesgos

**Objetivo General:** Que los participantes conozcan la importancia de identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos y tomar las medidas de protección para garantizar su salud y seguridad.

TEMA	ACTIVIDADES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS	RESPONSABLE	TIEMPO
<b>Prevención de riesgos laborales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptualización de términos relacionados a riesgos laborales</li> <li>• Identificación de riesgos laborales</li> <li>• Medidas de prevención y uso correcto del equipo de protección personal (EPP)</li> </ul>	Que los participantes conozcan la importancia de identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos y tomar las medidas de protección para garantizar su salud y seguridad.	Desarrollo de talleres participativos y demostrativos en el adecuado uso de las medidas preventivas	<b>Humanos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal técnico</li> <li>• Participantes</li> </ul> <b>Materiales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laptop</li> <li>• Proyector</li> <li>• Presentación</li> <li>• Material didáctico</li> </ul>	Administración del Hospital será el encargado de la contratación de personal capacitado en el tema para la ejecución del presente programa	45 min.

## DESARROLLO DE CONTENIDO

### 4. Prevención de riesgos laborales

Las plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos (riles) se encargan de reducir o mitigar los contaminantes generados por las empresas, sometiendo a los efluentes líquidos a tratamientos físicos, químicos y/o biológicos. Este sistema de tratamiento se basa en procesos de reducción de la carga orgánica presente, mediante acción biológica, normalmente asociadas al concepto de “lodos activados”, proceso que requiere, junto con el monitoreo de las condiciones del proceso, un control efectivo sobre la composición y contenido del flujo de entrada. Los procesos que se realizan en este tipo de instalaciones cuentan con un alto grado de automatización, lo que reduce los riesgos ocupacionales en plantas de tratamiento de efluentes líquidos permite que funcionen las 24 horas del día. En ellas el personal es reducido en proporción a la magnitud de las instalaciones y sus tareas se reducen a:

- Labores de vigilancia.
- Control del funcionamiento.
- Mantenimiento.
- Toma de muestras y análisis de laboratorio.
- Labores que implican recorrido de las diferentes instalaciones (piscinas, estanques, reactores, sedimentadores, filtros, canchas de secado, plantas elevadoras y otras)
- Labores que requieren del tránsito a través de diferentes vías (pasarelas, rampas, escaleras, cámaras de inspección y otras vías de acceso y/o aproximación) La mayor tasa de accidentabilidad está presente en aquellas actividades que tienen que ver con el mantenimiento preventivo y reparaciones de emergencia. Los incidentes que más se repiten son:
  - Caídas de distinto nivel.
- Golpes y cortes con herramientas.
- Contacto con sustancias cáusticas y corrosivas.
- Proyección de fragmentos y/o partículas metálicas.
- Contacto con gases asfixiantes y/o mezclas explosivas en recintos confinados. •
- Contacto directo con animales e insectos.
- Alergias e infecciones por agentes microbiológicos.

### AGENTES CONTAMINANTES EN OPERACIONES ASOCIADAS A TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Las redes de alcantarillado y plantas de tratamiento sanitario han sido diseñadas para recibir y transportar efluentes líquidos del tipo domiciliario. Por esta razón es posible encontrar una gran variedad de sustancias transportadas por agua, fluidos biológicos, excretas, detergentes, restos de materia orgánica, sales solubles y microorganismos, además de otros agentes, principalmente químicos. Agentes químicos Las diferentes sustancias, al mantenerse dentro de rangos de concentración aceptables no favorecen la corrosión, incrustación u obstrucción de las redes de alcantarillado, formación de gases tóxicos o mezclas explosivas en las mismas, ni producen interferencias en los sistemas de tratamiento de aguas servidas. Agentes Biológicos En términos

generales, para que se produzca una infección no basta que existan microorganismos patógenos en el ambiente, sino que deben estar en una cantidad tal que constituyan dosis infectantes y que además éstos ingresen al organismo por una vía no controlada, como pudiera ser vía respiratoria, digestiva o dérmica. En este tipo de ambientes existen cuatro tipos de organismos patógenos para el hombre: bacterias, virus, protozoos y helmintos. El riesgo de exposición se encuentra asociado al tipo de agente, su concentración relativa y nivel de exposición. Las consecuencias de la exposición a estos agentes son:

- Afecciones gastrointestinales: por inhalación de aerosoles ingesta involuntaria de un producto al entrar en contacto la mano con la boca (al fumar, por ejemplo), u otras faltas de higiene.
- Daños en la piel: por cortes, mordeduras de animales (como ratones, por ejemplo) u otras lesiones.

Si se mantienen buenas prácticas higiénicas que eviten la ingestión y/o inoculación accidental, además de buenas prácticas de aseo y lavado de manos, no deberían producirse infecciones. Sin embargo, en el caso de que ocurra un accidente se pueden implementar programas de vacunación preventiva, para generar capacidad inmunológica ante agentes biológicos habitualmente presentes en este tipo de ambientes. En este contexto, en Chile, dadas las características endémicas y prevalencia, se recomienda a los trabajadores de este rubro considerar un programa de vacunación preventiva contra tétanos, hepatitis A, hepatitis B y fiebre tifoidea. Gases, vapores y líquidos combustibles: las filtraciones de gases (de uso doméstico y/o industrial) pueden provenir del deterioro de las redes subterráneas. Mientras, los vapores y líquidos pueden proceder de vertidos en el llenado de estanques de estaciones de servicio, garajes y domiciliarios, vertidos de vehículos u otros. También se pueden presentar atmósferas con vapores de solvente, mezclados con gases, debido al vertido no autorizado que pueden realizar laboratorios, lavasecos, tintorerías, laboratorios de revelado fotográfico, entre otras.

a) **Legislación: Norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario**

**Objetivo general:** Brindar el conocimiento básico sobre las normativas de país relacionadas a las aguas residuales, a través de la revisión de la norma nacional de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario.

TEMA	ACTIVIDADES	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS	RESPONSABLE	TIEMPO
<b>Norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de la norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario</li> </ul>	Brindar el conocimiento básico sobre las normativas de país relacionadas a las aguas residuales, a través de la revisión de la norma nacional de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario	Desarrollo de talleres para la revisión de la norma de aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario.	<b>Humanos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal técnico</li> <li>Participantes</li> </ul> <b>Materiales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> <li>Presentación</li> <li>Material didáctico</li> </ul>	Administración del Hospital será el encargado de la contratación de personal capacitado en el tema para la ejecución del presente programa	20 min.

## DESARROLLO DE CONTENIDO

### 5. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR.

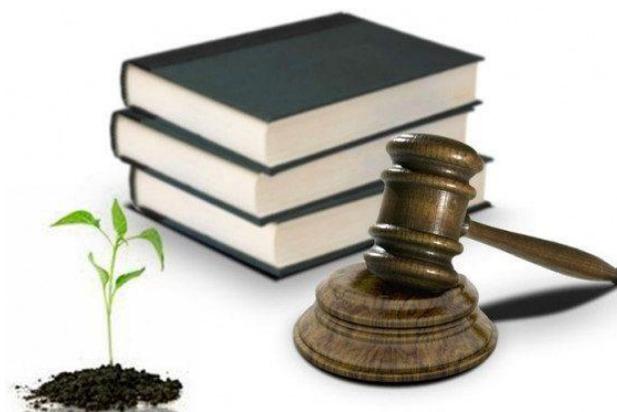
Existe una jerarquía de base legal relacionada a la protección del medio ambiente, desde la Constitución de República de El Salvador en su artículo 117 que expresa que es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible.



#### ➤ LEY DE MEDIO AMBIENTE.

#### PARTE I DISPOSICIONES GENERALES

#### TITULO I DEL OBJETO DE LA LEY



Capítulo Único OBJETO DE LA LEY. Art. 1.- La presente ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también, normar la gestión ambiental, pública y privada y la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general; y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia.

## TITULO XII

### INFRACCIONES, SANCIONES, DELITOS Y RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

#### CAPÍTULO I RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA Y CIVIL RESPONSABILIDAD

POR CONTAMINACIÓN Y DAÑOS AL AMBIENTE Art.85.-Quien por acción u omisión, realice emisiones, vertimientos, disposición o descarga de sustancias o desechos que puedan afectar la salud humana, ponga en riesgo o causare un daño al medio ambiente, o afectare los procesos ecológicos esenciales o la calidad de vida de la población, será responsable del hecho cometido o la omisión, y estará obligado a restaurar el medio ambiente o ecosistema afectado. En caso de ser imposible esta restauración, indemnizará al Estado y a los particulares por los daños y perjuicios causados.

#### ➤ **REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE**

## TITULO IV

### DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

#### CAPITULO UNICO DE LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

De los criterios para formular normas técnicas de calidad

Art. 64.- Para la formulación y actualización de las normas técnicas de calidad ambiental, deberá tomarse en cuenta: a. Que la contaminación no exceda los límites que pongan en riesgo la salud humana o el funcionamiento de los ecosistemas; b. Que la contaminación no rebase la capacidad de carga de los medios receptores; c. Que la contaminación de los medios receptores no exceda los límites permisibles para cualquier uso, y para la conservación de la sostenibilidad de los ecosistemas.

## ➤ **POLÍTICA NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

Los objetivos y las líneas prioritarias de acción de la Política Nacional del Medio Ambiente 2012 tienen enunciados simples, pero sumamente ambiciosos. Implican un esfuerzo nacional de gran magnitud que deberá sostenerse por años e incluso décadas con el accionar coordinado del Estado y el respaldo y participación de toda la ciudadanía.

Ante esa problemática el objetivo general de la Política Nacional del Medio Ambiente 2012 es: Revertir la degradación ambiental y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático.

- Revertir la degradación de ecosistemas
- Revertir la insalubridad ambiental
- Gestionar de manera sostenible el recurso hídrico
- Ordenar ambientalmente el uso del territorio
- Fomentar una cultura de responsabilidad y cumplimiento ambiental
- Reducir el riesgo climático

En consonancia con los objetivos específicos, se proponen las siguientes líneas prioritarias de acción:

- Restauración de ecosistemas y paisajes degradados
- Saneamiento ambiental integral
- Gestión integrada del recurso hídrico
- Integración de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial
- Responsabilidad y cumplimiento ambiental
- Adaptación al cambio climático y reducción de riesgos

### **Saneamiento ambiental integral**

Para revertir la insalubridad ambiental generalizada que afecta a El Salvador y alcanzar niveles mínimos aceptables de salubridad ambiental, es imprescindible seguir avanzando en el manejo sanitario del agua potable, aguas residuales, excretas y residuos sólidos, así como en el comportamiento higiénico que reduce los riesgos para la salud y previene la contaminación.

El saneamiento ambiental en El Salvador se enfocó en el alcantarillado sanitario en las áreas urbanas y en la letrización en las áreas rurales. En los últimos años, también se priorizó el manejo de los desechos sólidos y se iniciaron acciones para atender el grave problema ocasionado por el mal manejo de los desechos peligrosos. Ahora deben integrarse en la agenda de saneamiento acciones de envergadura para atender el problema de las descargas directas sin tratar de aguas negras y de vertidos industriales y agroindustriales.

En todos los casos, es necesario asegurar la sostenibilidad de los sistemas de manejo de desechos, materiales peligrosos y de aguas residuales. Es esencial también desarrollar un marco regulatorio para la prestación de los servicios de saneamiento por empresas privadas, socios público-privados, o empresas municipales, que garantice la calidad del servicio, una sana competencia, y tarifas razonables que eviten los abusos pero que permitan recuperar los costos de inversión, operación, mantenimiento y futuras ampliaciones. En cualquier caso, siempre será necesario algún tipo de subsidio para garantizar que toda la población y especialmente los grupos más vulnerables puedan acceder a los servicios de saneamiento.

A fin de lograr una mayor coherencia y eficacia, se propone que las acciones que ya se están impulsando y otras que están siendo consideradas se organicen e integren en una Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental bajo los siguientes programas:

**Saneamiento rural y urbano:** en zonas rurales, este Programa debe mejorar el manejo de excretas, aguas grises, aguas negras, desechos sólidos y pozos de abastecimiento de agua, promoviendo la aplicación de tecnologías apropiadas. En zonas urbanas, debe garantizar la ampliación de la cobertura de alcantarillado sanitario y del tratamiento de las aguas residuales domiciliarias en los cascos urbanos municipales, así como la implementación de los arreglos institucionales que permitan garantizar la sostenibilidad financiera y administrativa de los sistemas de saneamiento.

**Tratamiento y reuso de aguas residuales:** las aguas residuales son un recurso valioso y bajo este Programa debe fomentarse su aprovechamiento. Las aguas residuales con alto contenido de materia orgánica pueden generar metano y una vez tratadas también pueden ser utilizadas en el

riego, en vez de que sean vertidas a los cuerpos de agua. En el caso de las aguas residuales de la industria, se pueden recuperar otros materiales para ser reutilizadas en el proceso de producción.

El manejo de aguas residuales debe potenciar su tratamiento con tecnologías apropiadas que prioricen tratamientos físicos y biológicos sobre tratamientos químicos o mecanizados, fomentando al mismo tiempo el aprovechamiento y reuso de aguas residuales tratadas, por ejemplo, en la agricultura. En el caso de los vertidos industriales y agroindustriales, es vital fortalecer las acciones desde el Estado que promuevan el cumplimiento de la normativa ambiental por parte de las empresas que exige su tratamiento previo. En el caso de las descargas domiciliarias, un programa de inversiones modestas pero coordinadas y focalizadas en el territorio que rehabilite plantas de tratamiento existentes y maximice el reuso de las aguas residuales tratadas para evitar su descarga en los cuerpos de agua tendría un alto impacto.

## ➤ **REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN**

DECRETO 50.

### TITULO I

#### Disposiciones Fundamentales

Art. 1. -El presente Reglamento tiene por objeto desarrollar los principios contenidos en la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos y a las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

### TITULO III

#### Autorización de Vertidos

Art. 19.-Ninguna descarga de residuos sólidos, líquidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento poder ser efectuada sin la previa autorización de la Autoridad Competente.

#### TITULO IV

#### NORMAS SOBRE DEPURACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS

Art. 38.-Cuando las condiciones impuestas en una autorización de vertido impliquen la operación de un sistema de tratamiento, el usuario estar obligado a controlar los efluentes en la forma que establezca la Autoridad Competente y a conservar esta información en un registro que poder ser inspeccionado por la misma, cuando así lo requiera. La Autoridad Competente poder realizar también los análisis que sean necesarios.

➤ **NORMA SALVADORENA OBLIGATORIA: NSO.13,49.01:09 "AGUAS. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR**

**OBJETO** Esta norma establece las características y valores fisicoquímicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

**CAMPO DE APLICACION** Esta norma se aplica en todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros. El aprovechamiento del suelo como elemento para el reuso o tratamiento de las aguas residuales queda sujeto a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, los respectivos permisos ambientales emitidos y la norma de Reuso de Aguas Residuales que se adopte.

➤ **REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES**

CAPITULO I

OBJETO Y COMPETENCIA

Objeto Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Ámbito de aplicación

Art. 2.- Las disposiciones del presente Reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la procedencia y destino de las aguas residuales; sin perjuicio de las normas contenidas en la Ley del Medio Ambiente, en lo sucesivo la Ley, y sus demás reglamentos

La normativa aplicable a este tipo de vertido que será sujeto a estudio de investigación es la siguiente:

➤ **NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO.**

En el que su objeto, ámbito de aplicación y parámetros insta lo siguientes

• **OBJETO**

Esta Norma tiene por objeto regular las descargas de aguas residuales para proteger los sistemas de alcantarillado sanitario y evitar las interferencias con los tratamientos biológicos.

- **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Las disposiciones de esta norma serán aplicables a todas las descargas de los efluentes líquidos de actividades comerciales, industriales, agroindustriales, hospitalarias o de cualquier otro tipo que afecten o pudiesen afectar directamente a los sistemas de alcantarillado sanitario, en propiedad o administrados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA.

- **PARÁMETROS**

Los niveles máximos permisibles de los parámetros de ésta Norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos o adecuación de procesos. Para alcanzar dichos niveles no será permitida descargas de:

1. Materias sólidas y líquidas, que por si solas o por interacción con otras, puedan solidificarse o dar lugar a obstrucciones o dificulten el normal funcionamiento de los sistemas de recolección de aguas residuales.
  - Fragmentos de piedra, cenizas, vidrio, arena, basura, fragmentos de cuero, textiles
  - Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio
  - Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán, lacas
  - Gasolina, petróleo, aceites lubricantes, aceites vegetales, grasas, ácidos y álcalis
  - Fosgeno, sulfuro de hidrógeno, cianuro de hidrógeno.
  - Otras sustancias con propiedades similares.
2. Líquidos explosivos o inflamables.
3. Líquidos volátiles, gases y vapores inflamables o tóxicos.

4. Materias que por su naturaleza, propiedades y cantidad, ya sea por ellas mismas o por interacción con otras, puedan originar la formación de mezclas inflamables o explosivas con el aire o bien produzcan olores desagradables.
5. Sustancias químicas tales como plaguicidas y productos farmacéuticos no regulados en ésta Norma.
6. Elementos o sustancias radioactivas en cantidades y concentraciones que infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto por las autoridades competentes.
7. Residuos provenientes de establecimientos hospitalarios, clínicas, laboratorios clínicos y otros similares que no posean tratamientos especiales para eliminar los desechos biológicos infecciosos.
8. No se acepta la dilución con aguas ajenas al proceso del establecimiento emisor como procedimiento de tratamiento de los efluentes líquidos, para lograr una reducción de cargas contaminantes.
9. En caso de descargas discontinuas deberá utilizarse un sistema adecuado a fin de regular el flujo, evitando descargas puntuales de grandes volúmenes.
10. Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de los sistemas de tratamiento de efluentes líquidos no podrán disponerse en sistemas de recolección de aguas residuales para su disposición final.
11. Descargas de aguas lluvias al Sistema de Alcantarillado Sanitario.
12. Las descargas al alcantarillado en cualquier punto sin autorización.

Entre los parámetros obligatorios que deben analizarse según norma son: **grasas y aceites, DBO, DQO5, Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos Totales**

# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR Lodos Activados DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES



**EMERGENCIAS**



**JAPON**



**ESPECIALIDADES**



## Contenido

I. INTRODUCCION .....	2
II. OBJETIVOS .....	3
III. ¿QUÉ SABER DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES?.....	4
IV. PROPUESTA PLANTA DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS: DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS .....	5
V. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE QUIROFANOS DE JAPON .....	8
VI. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES.....	11
VII. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN .....	14
VIII. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....	17
IX. EQUIPO Y HERRAMIENTAS NECESARIOS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO .....	20
X. FRECUENCIA DE MUESTREO AGUAS RESIDUALES .....	21
XI. HIGIENE PERSONAL .....	22

## **I. INTRODUCCION**

El trabajo de operación y mantenimiento en un sistema de tratamiento es necesario que se ejecute de manera adecuada para lograr una buena eficiencia en la remoción de material contaminante de acuerdo con lo esperado considerando los parámetros de diseño.

Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o descuidos imprevisibles, el presente manual está elaborado de acuerdo a los problemas encontrados en el “Diagnostico de las Plantas de Tratamiento por Lodos Activados de las Aguas Residuales Generadas en el Hospital Nacional Rosales en el Municipio de San Salvador, departamento de San Salvador, en el periodo comprendido de octubre de 2017 – agosto 2018”

El conocimiento teórico que a continuación se describe para los encargados de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales se vuelve una herramienta útil para llevar a cabo la práctica de las actividades tanto de operación como de mantenimiento

Primeramente se describe el funcionamiento de las tres plantas de tratamiento de aguas residuales: planta de la Unidad de Emergencias, Planta de Quirófanos de Japón y Planta de la Unidad de Especialidades; luego se describen las actividades de operación y mantenimiento que debe realizar la persona encargada en cada una de las plantas de tratamiento, asimismo la importancia de una adecuada higiene y seguridad del operario,

## **II. OBJETIVOS**

1. Describir el funcionamiento de las tres plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos Actividad del Hospital Nacional Rosales
2. Establecer los procedimientos para el mantenimiento y operación diaria de las plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados del Hospital Nacional Rosales.
3. Detallar los procedimientos de higiene y seguridad del personal encargado de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales por lodos activados del Hospital Nacional Rosales.

### **III. ¿QUÉ SABER DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES?**

El Hospital Nacional Rosales cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales se encargan de tratar las aguas hospitalarias generadas en dicho establecimiento de salud, las plantas de tratamiento se denominan de acuerdo al nombre de los edificios donde se encuentran ubicadas:

1. Planta de tratamiento de la Unidad de Emergencias (Edificio de Emergencias)
2. Planta de tratamiento Quirófanos de Japón (Edificio de Quirófanos)
3. Planta de tratamiento de la Unidad de Especialidades (Edificio de Especialidades)

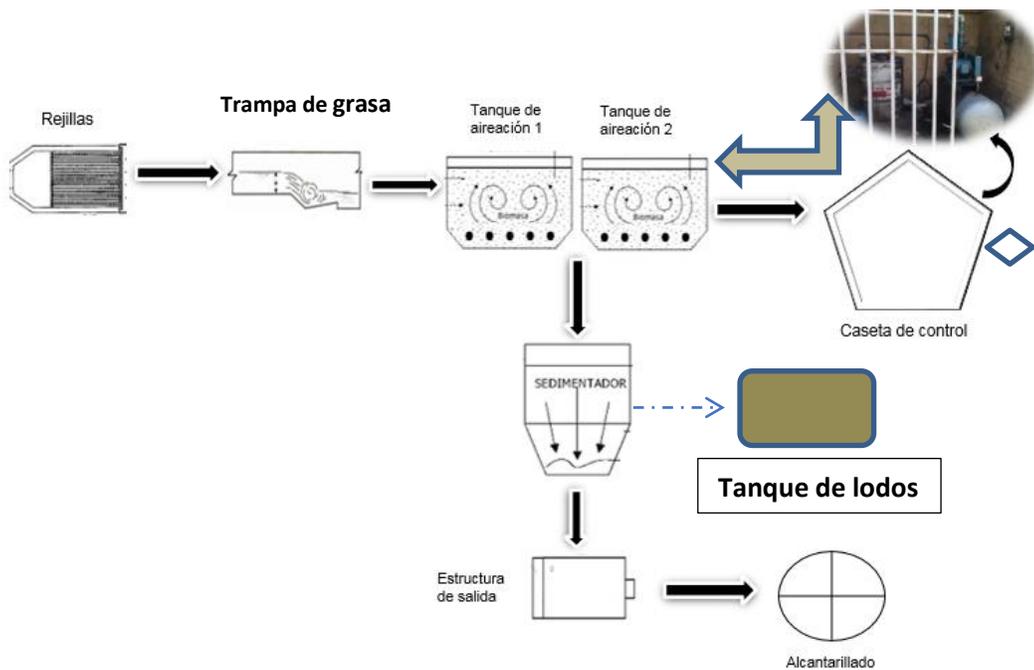
Las aguas residuales generadas son tratadas en un sistema de lodos activados, en su modalidad de Aireación Extendida, en este proceso actúan bacterias aeróbicas que transforman la materia orgánica contaminante ( $\text{DBO}_5$ ) presentes en el agua residual en compuestos inocuos ( $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ) formándose en el proceso nueva masa de microorganismos. Esta masa de microorganismos es la responsable de la remoción de contaminantes y se le conoce como Lodos Activados.

Los lodos activados son el elemento central de la planta, es importante saber que el sistema de lodos activados requiere oxígeno para su funcionamiento, los microorganismos presentes en el tanque de aireación oxidan la materia orgánica, transformados estos compuestos orgánicos en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , En condiciones naturales, la tasa de consumo de oxígeno por parte de estos microorganismos en un momento determinado excede la tasa de transferencia de oxígeno atmosférico hacia el agua, produciéndose un déficit de oxígeno que eventualmente conlleva a una situación anaeróbica, es por esta razón que es muy importante mantener un cierto nivel de oxígeno en el tanque de aireación que garantice que en todo momento habrá oxígeno disponible para los microorganismos aerobios: el operador deberá controlar que al menos exista una concentración de 2 ml/l de  $\text{O}_2$ , en cualquier punto del tanque de aireación y en todo momento, esta medición se puede realizar por medio de un medidor de oxígeno portátil, el cual es una herramienta importante para el buen control de funcionamiento de la planta.

A continuación se detalla los flujogramas de los proceso unitarios de cada una de las plantas de tratamiento por lodos activados del Hospital Nacional Rosales ,así como el procedimiento e instrucciones técnicas sugeridas para una adecuada operación y mantenimiento como la identificación y prevención de los riesgos a los que pueden estar expuestos el personal encargado.

## IV. PROPUESTA PLANTA DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS: DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS

### PROPUESTA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS



SIMBOLO	SIGNIFICADO
→	Flujo de la línea de agua
◇	Bombeo
- - - - ->	Flujo de lodos

## ➤ OPERACIONES UNITARIAS PLANTA DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS

Los dispositivos o procesos unitarios para cada una de las plantas se detallan a continuación.

- Rejilla

Constituido por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas cuya función es retener sólidos gruesos en suspensión y cuerpos flotantes como plásticos, trozos de madera, trapos y otros reduciendo la carga contaminante y protegiendo contra obstrucciones las tuberías, válvulas, bombas y equipos de tratamiento posteriores.

- Desarenador

Conocido también como canaleta Parshall, estructura rectangular construida con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad asimismo reduce la velocidad del flujo del agua que será enviada al siguiente proceso.

- Tanque de aireación 1 tanque de aireación 2

Una vez que el agua ha pasado por la fase uno constituyente del proceso preliminar, es conducida hasta el tanque de aireación, donde es insuflado aire a través del sistema de bombeo instalado en la caseta de control, con el objetivo de permitir que las bacterias presentes degraden la materia contaminante.

- Tanque sedimentador

Posterior a la etapa de aireación, la mezcla de lodo y agua ya tratada, es conducida al tanque de sedimentación o clarificación. Este tanque tiene la finalidad de separar el agua tratada de los lodos activados, los cuales sedimentan por gravedad en el fondo del tanque. Para mantener un balance de lodos en el sistema, una parte de estos deben ser nuevamente recirculados al tanque de aireación, el exceso de lodos que no reingresa al sistema debe ser retirado periódicamente para evitar una acumulación para reducir su volumen y facilitar el manejo posterior del mismo.

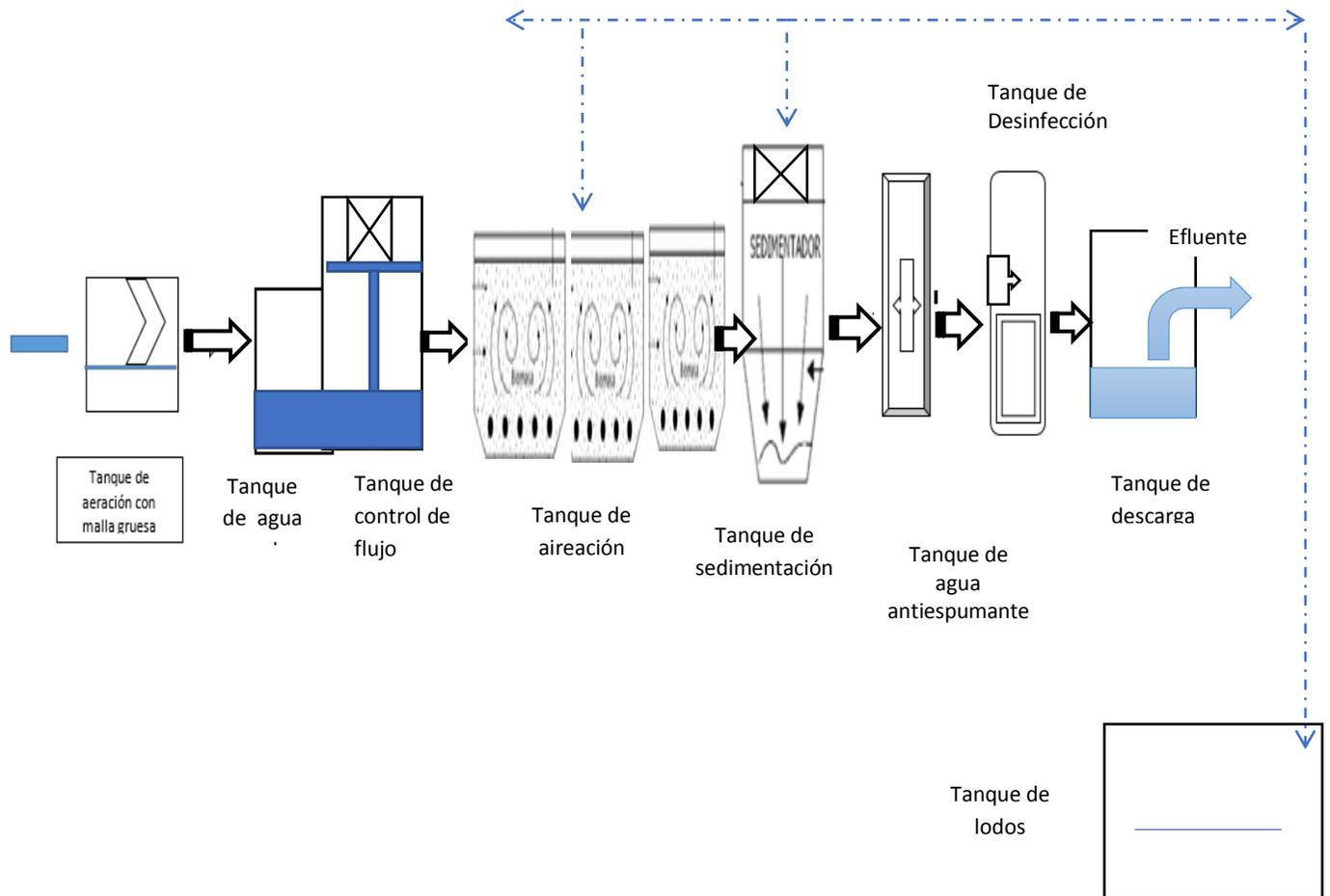
### **Propuesta: Tanque de almacenamiento de lodos**

El exceso de lodos en el tanque sedimentador debe ser retirado a un tanque de almacenamiento de lodos, mientras estos son retirados del sitio para dar tratamiento, un exceso de lodos en el tanque sedimentador contiene partículas no hidrolizables y biomasa resultado del metabolismo celular.

Para finalizar el efluente es conducido directamente al alcantarillado sanitario.

## V. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE QUIROFANOS DE JAPON

CONDICION ACTUAL DE PLANTA QUIROFANOS DE JAPON



SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Fflujo de lodos
	Flujo de agua
	Bombeo



## ➤ DESCRIPCION DE PROCESOS UNITARIO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE QUIROFANOS DE JAPON

De manera general la planta de tratamiento de Quirófanos de Japón del Hospital Nacional Rosales, llamada así porque fue construida con financiamiento de Japón, posee un área superficial de seis metros cuadrados aproximadamente

Su particular estructura en forma de tanque séptico, y el flujo de las aguas residuales es según los procesos unitarios que a continuación se describen:

**Rejillas:** El flujo del agua llega al compartimiento donde se encuentran las rejillas, las cuales son accionadas por bombeo, lo cual permite que los residuos de mayor tamaño queden atrapados

**Tanque de compensación:** El flujo pasa por decantación a un tanque de compensación donde se depositan las aguas residuales al alcanzar un nivel determinado que es controlado por los medidores de flujo es conducido por bombeo a través de una tubería vertical hacia arriba llegando al tanque de compensación de flujo donde se depositan las aguas residuales.

**Tanque de aireación:** Luego del tanque de compensación el flujo pasa al tanque de aireación, se da aireación a las aguas residuales repetidamente para que el agua y las bacterias encontradas en el tanque degraden la materia orgánica.

**Tanque de sedimentación:** Las aguas residuales aireadas son enviadas al tanque de sedimentación, se sedimenta la parte lodosa de las aguas residuales la cual se regresa al tanque de aeración por la bomba de aire de elevación.

**Tanque de agua antiespumante:** El efluente con espuma es emulsificada a través de la aeración generada por la bomba instalada (actualmente fuera de funcionamiento) en este proceso unitario

**Tanque de desinfección:** El agua del tanque de sedimentación que se encuentra clara y se pasa al tanque de desinfección la que idealmente se tendría que desinfectar con hipoclorito de calcio (Actualmente no se desinfecta)

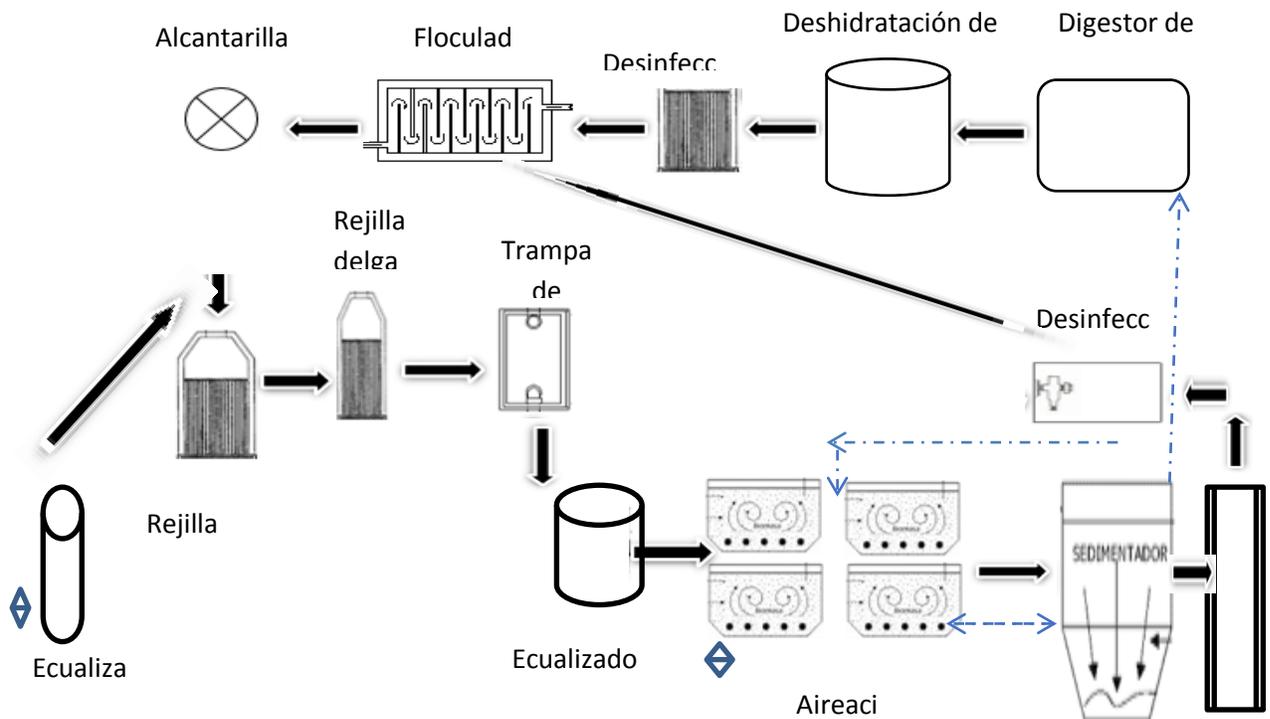
**Tanque de descarga:** El agua es enviada al tanque de descarga, en el que el agua es descargada por desbordamiento, y de todos los procesos unitarios anteriormente mencionados el tanque de descarga es el único que no acciona por medio de bombeo.

**Tanque de almacenamiento de lodo,** y último, el lodo acumulado en el tanque de aeración se pasa al tanque de almacenamiento de lodo.

La planta de tratamiento de Quirófanos de Japón se encuentra libre de malos olores que puedan perjudicar la salud pública, asimismo los procesos unitarios se encuentran en buen estado y el funcionamiento de la planta es aceptable, con el único detalle que, al igual que las otras dos plantas anteriormente descritas, urge un próximo retiro de lodos, ya que el tanque de lodos se encuentra llegando al límite máximo de almacenamiento.

## VI. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS UNITARIOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES.

### CONDICION ACTUAL PLANTA DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES



SIMBOLO	SIGNIFICADO
--->	Fflujo de lodos
→	Flujo de agua
◇	Bombeo



➤ **DESCRIPCION DE PROCESOS UNITARIOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DE LA UNIDAD DE ESPECIALIDADES**

La planta de la unidad de especialidades denominada así porque principalmente trata las aguas residuales provenientes del edificio de Especialidades.

**La descripción del flujo es el siguiente:**

**Primero**, el vertido es enviado por bombeo desde un **ecualizador** ubicado en el sótano del edificio de especialidades, este ecualizador tiene la función principal de proveer un caudal constante de alimentación a la planta de tratamiento y cuenta con dos bombas de levantamiento y un aireador sumergible.

**Segundo**, el vertido de agua cruda tiene dos opciones de entrada ya sea por las **rejillas gruesas** que tienen por función obstaculizar el paso de elementos u objetos demasiado grandes, o por las **rejilla delgadas** que al igual que las rejillas gruesas tiene la misma función de obstaculizan el paso de objetos que puedan dañar los demás procesos unitarios.

**Tercero**, el agua pasa a la **trampa de grasa** donde el diseño de dicha estructura permite que los flotantes sean retenidos por una mampara para luego ser retirados por el operador.

**Cuarto**, el agua cruda es enviada a un **tanque ecualizador 2 o tanque de compensación** en el que su función es retener el caudal fluctuante elevado del influente para que los procesos secundarios y terciarios reciban un caudal consistente.

**Quinto**, llega el **tanque de aireación** donde el oxígeno generado por cada una de las bombas permite la transformación de la materia orgánica contaminante presente en el agua residual en compuestos menos contaminantes, formándose en el procesos nueva masa de microorganismos.

**Sexto**, posterior a la etapa de aireación, la mezcla de lodo y agua ya tratada, es conducida al tanque de **sedimentación o clarificación**, en el que se separa el agua tratada de los lodos activados los cuales sedimentan por gravedad en el fondo del tanque.

**Séptimo**, el agua tratada y clarificada proveniente del sedimentador es conducida a un **tanque de cloración** en donde las bacterias patógenas idealmente deben ser destruidas obteniendo finalmente una calidad de agua que cumple con los parámetros de descarga establecidos en la legislación vigente.

**Octavo, Digestión de lodos**, en este tanque se recibe los lodos en exceso provenientes del tanque de aireación, a estos lodos se insufla aire por medio de un aireador sumergible con lo cual el lodo se va espesando y se continua degradando, en el que cada cierto tiempo será retirado a lechos de secado, y por ultimo.

**Noveno**, esta fase tiene la finalidad de deshidratar el lodo y reducir sensiblemente su volumen de tal manera que permita un fácil manejo una vez que este sea retirado del sistema de tratamiento. Esta operación se realizará por medio de **filtros bolsa teknobag**.

Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales de Especialidades se encuentra fuera de uso, por daños en las cuatro bombas, y que han no se ha asignado presupuesto para su reparación, el agua generada en el área es conducida por medio de un bass pass directamente sin tratamiento al alcantarillado sanitario de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Cabe mencionar también que no existe personal asignado para la operación y mantenimiento de dicha planta.

## VII. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN

A continuación se presentan los procedimientos para la adecuada operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales, en la cual se han aplicado para su diseño los criterios de lodos activados en su modalidad de aireación extendida.

- **Puesta en marcha de las plantas de tratamiento de aguas residuales.**

El control operacional deberá realizarse diariamente por la persona encargada. La secuencia del procedimiento de puesta en marcha es la siguiente:

1. Planta de Emergencias se inicia encendiendo el compresor que ha sido adaptado en la caseta de control.
2. Para el caso de la planta de Quirófanos de Japón y la planta de la Unidad de Emergencias el proceso de operación se inicia cuando la planta de tratamiento alcanza niveles hidráulicos en todo el sistema.
  - a. Encender el panel de control
  - b. Observar el comportamiento de los equipos y la planta durante un periodo corto para determinar problemas en algunas de sus secciones. Operar manualmente los equipos.
  - c. Extracción de lodos del clarificador y evacuación de lodos al tanque de almacenamiento de lodos.

### 7.2. Control operacional en las Plantas de Tratamiento

**Control de la Concentración de Oxígeno en el sistema:** El operador deberá controlar que al menos exista una concentración de 2mg/l O<sub>2</sub> en cualquier punto del tanque de aireación y en todo momento, esta medida se puede realizar por medio de un medidor de oxígeno portátil, el cual es una herramienta importante para el buen control del funcionamiento de la planta.

**Control por medio de la concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles SSV:** Para el caso de las plantas de Quirófanos de Japón y la planta de Especialidades que cuentan con un sistema de recirculación, el control de estas siempre estará asociada a mantener una cantidad de lodo adecuado en el sistema. Una de las formas de controlar la cantidad de lodo en el sistema es tomando una muestra del tanque de aireación y determinar la concentración SSV cuando se ha conseguido obtener muy buenos resultados; por ejemplo si el operador encuentra que a una concentración de 2,500 mg/l de SSV la planta opera adecuadamente entonces el operador no realiza ninguna acción, si la concentración es lodo en el tanque de aireación es mayor que 2500mg/l, entonces el operador decidirá sacar más lodo del sistema

hasta alcanzar la concentración de 2500 mg/l; si la concentración es menor entonces el operador reducirá la cantidad de lodo que eliminara del sistema por medio de la bomba evacuada de lodos. El operador deberá controlar la concentración de lodos en el tanque de aireación al menos una vez por semana.

*Otro criterio importante que el operador deberá tener en cuenta es la acumulación de lodo que se pueda observar a simple vista en el clarificador, si esta acumulación de lodos es tal que está provocando arrastre del lodo fuera del sistema, el operador deberá valorar la necesidad de extraer lodo del mismo, hasta un nivel tal que no afecte la concentración optima dentro del tanque de aireación.*

**Aplica para Planta de Quirófanos de Japón y Planta de Emergencias**

### 7.3. Problemas con los Equipos: Sistema de Aireación.

El operador deberá observar el funcionamiento de los equipos durante el proceso de operación normal de la planta de tratamiento porque de su funcionamiento depende el buen funcionamiento del sistema completo. A lo largo de la operación los equipos sufren desgaste y la probabilidad de falla no está ajena sino se lleva un monitoreo continuo del funcionamiento de los mismos. A continuación enumeramos una serie de problemas comunes que se presentan en los equipos, sus posibles causas y soluciones. Para problemas más específicos remitirse al manual del fabricante de cada equipo.

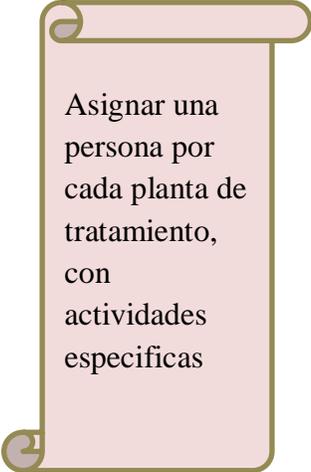
Tabla de Posibles Problemas, Causas y Soluciones

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
<b>Sistema de aireación:</b> 1. El aireador falla al encender o enciende pero se apaga	- La bomba está obstruida.	- Desarmar la bomba, limpiar y revisar la zona de impulsión.
2. El aireador enciendo pero no inyecta aire.	- Giro del motor está invertido - Línea de toma de aire esta obstruida	- Verificar sentido de giro del motor - Inspeccionar si está abierta o obstruida válvula del silenciador en la toma de aire
3. La bomba opera pero no bombea agua	- La bomba o la tubería de conducción está bloqueada. - La tubería está parcialmente rota o la válvula está mala	- Revisar la entrada de la bomba y la línea de conducción. - Revisar tubería de conducción y válvulas.

Las recomendaciones que se detallan permitirá al operador conocer los principios generales de funcionamiento de la planta, sin embargo el conocimiento y comprensión del proceso, la experiencia y el buen sentido práctico son herramientas insustituibles, por lo que el operador se convierte en un elemento clave para la determinación del momento adecuado en que se deberá realizar cada operación.

Las recomendaciones de operación que debe realizar la persona encargada de cada una de las plantas de tratamiento son las siguientes:

1. Las autoridades correspondientes del contrato de personal para la operación y mantenimiento de las plantas deberán garantizar el fortalecimiento de capacidades teóricas - prácticas de los manuales existentes..
2. Llevar registros diarios de programación de las horas de funcionamiento y descanso de cada una de las bombas que permitirá conocer las actividades diarias realizadas y los antecedentes durante el tiempo de funcionamiento de las plantas.
3. Garantizar que durante las actividades de operación el personal utilice específicamente el Equipo de Protección Personal correspondiente (EPP):
  - a. Casco
  - b. Protección auricular
  - c. Guantes aislantes (en caso de realizar actividades que represente riesgo eléctrico)
  - d. Uniforme
  - e. Zapatos con suela de goma
  - f. Cualquier otro elemento que se considere necesario



Asignar una persona por cada planta de tratamiento, con actividades específicas

## VIII. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

La persona elegida para las actividades de mantenimiento de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Hospital Nacional Rosales deberá siempre portar con Equipo de Protección Personal el cual incluye los siguientes elementos.

- ✓ Redecillas
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes
- ✓ Uniforme impermeable
- ✓ Zapato adecuado

El departamento responsable deberá asignar Equipo de Protección Personal a los operarios cada cierto tiempo, con el objetivo de prevenir riesgos a la salud.

Existen actividades de mantenimiento preventivas y correctivas:

El **mantenimiento preventivo** trata de un conjunto de tareas de mantenimiento que tienen como objetivo mantener las instalaciones anticipándose a las averías.



### **Mantenimiento Correctivo:**

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos

El tipo de mantenimiento al que se hace énfasis principalmente en el presente manual es el Preventivo.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Las actividades de mantenimiento se vuelven indispensables para el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, las actividades a realizar son las siguientes:

- ✚ El operador debe realizar limpieza diaria en el perímetro de la plantas de tratamiento, eliminando así los residuos que se encuentren disminuyendo la probabilidad que se alberguen vectores de interés medico sanitario

- ✚ Retirar de las rejillas cada vez que sea necesario (a diario), materiales que puedan obstruir los demás procesos de la planta de tratamiento, los materiales retirados se colocan en un recipiente al que se le hacen pequeñas perforaciones en el fondo para escurrir el contenido de agua del material.
- ✚ Con ayuda de la malla y con el debido cuidado retirar posibles materiales que se encuentren en los procesos unitarios como lo son los tanques de aireación o sedimentación, al igual que en el ítem anterior, los materiales retirados se colocan en un recipiente al que se le hacen pequeñas perforaciones en el fondo para escurrir el contenido de agua del material.
- ✚ Limpiar la trampa de grasa rutinariamente para asegurar que opere adecuadamente, la limpieza diaria ayuda a reducir la cantidad de aceites y grasas, luego una vez retirado el material sobrenadante, una forma de eliminación puede considerarse depositar en bolsas para luego ser incinerado o enterrado, cuando se observen costras en las paredes del tanque, deben rasparse para eliminarlas y evitar su paso a las unidades siguientes.
- ✚ Llevar un registro (Bitácora) diario de los parámetros in situ (pH, temperatura, cloro residual, oxígeno disuelto) necesarios para determinar el funcionamiento de la planta (Anexo 2).
- ✚ Diariamente se debe inspeccionar que la desinfección sea óptima y que el efluente permanezca el tiempo de contacto (30 min) necesario para ser enviado al alcantarillado.
  - En caso de utilizar dosificación en tabletas de cloro, conocer la concentración y cada cuanto tiempo se debe cambiar. Si se utiliza cloro granulado (al 90 % recomendado) **realizar mediciones antes que el efluente sea enviado a la red de alcantarillado.**
- ✚ En las plantas de tratamiento aunque se realicen actividades de mantenimiento existen problemas que parecieran inexplicables pero tal es el comportamiento de los microorganismos que generan ciertos fenómenos los cuales la experiencia es la mejor enseñanza.

El operador deberá observar si se presentan cambios en la apariencia física del sistema y deberá tomar notas de esos aspectos. Se puede aprender acerca del funcionamiento de la planta con solo una simple observación de algunas características tales como: color o extensión de la espuma sobre la superficie del tanque de aireación, o por ejemplo observando la ausencia o presencia de espuma en el tanque de sedimentación así como el posible incremento de floculo que suben desde el fondo. Con una buena observación y con experiencia adquirida el operador podrá determinar qué es lo que está ocurriendo en el sistema de tratamiento asignado.

➤ **PROBLEMAS COMUNES QUE PUEDEN PRESENTARSE EN LAS DIFERENTES PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL NACIONAL ROSALES**

El operador deberá conocer si se presentan cambios en la apariencia física del sistema y deberá tomar notas de esos aspectos. Muchos se puede aprender acerca del funcionamiento de la planta con solo una simple observación de algunas características tales como: tipo, color o extensión de la espuma sobre la superficie del tanque de aireación, o por ejemplo observando la ausencia o presencia de espuma en el tanque de sedimentación así como como el posible incremento de floculos que suben desde el fondo. Con una buena observación y con experiencia adquirida el operador podrá determinar qué es lo que está ocurriendo en el sistema de tratamiento.

<b>PROBLEMAS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>SOLUCION</b>
<b>Color negro del agua en el tanque de aireación</b>	Falta de oxigeno	Ampliar la capacidad de oxigenación del sistema
<b>Acumulación de espuma fina de color blanquecina</b>	Edad del lodo muy baja	Reducir la tasa de descarga de lodos
<b>Acumulación de espuma grasosa y densa</b>	Edad del lodo muy alta	Incrementar la cantidad de descarga de lodos
<b>Arrastre de solidos fuera del decantador</b>	Nivel de lodo demasiado alto en el floculador	Incrementar la cantidad de descarga de lodos
<b>Generación de gas en el sedimentador</b>	Edad del lodo demasiada grande, condiciones anaeróbicas en el sedimentador	Incrementar la tasa de descarga de lodos
<b>Formación de grumos de color gris y de apariencia grasosa</b>	Condiciones anaeróbicas en el decantador	Incremento de la tasa de recirculación de lodos

## **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan a largo plazo, cuando la vida útil de equipos o infraestructuras está finalizando o porque las actividades de mantenimiento preventivas no se realizan adecuadamente, entre las actividades de mantenimiento correctivo podemos mencionar las siguientes:

- ❖ Cambio o reparación de piezas dañadas en equipos del sistema
- ❖ Mejoramiento o adaptación de infraestructuras.
- ❖ Reingeniería de sistemas que no funcionan con la eficiencia esperada



## **IX. EQUIPO Y HERRAMIENTAS NECESARIOS PARA REALIZAR MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO**

El buen mantenimiento de las plantas de tratamiento depende en gran medida que se proporcione a la persona encargada de los materiales y equipos que permita realizar las actividades relacionadas a la operación y mantenimiento.

Para la realización de las actividades de mantenimiento se requerirá de los siguientes materiales básicos elementales:

- Pala
- Malla de limpieza
- Bolsas plásticas
- Carretilla
- Otros

Una vez utilizados los materiales lavarlos y desinfectarlos adecuadamente, depositando el agua generada en la misma planta de tratamiento. Posteriormente asignar un lugar específicamente para su almacenamiento

Equipo para tomar muestras de parámetros in situ; entre las actividades de operación a realizar, se deberán usar los siguientes equipos para la determinación de los parámetros in situ según NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO,

- Un medidor de oxígeno portátil para el control de la concentración de oxígeno en el tanque de aireación y control de la temperatura
- Kit de cloro
- Un pH metro portátil
- 3 Probetas de 1000mL
- Un cono imhoff.
- Termómetro manual

Se recomienda, leer las instrucciones de uso de los equipos, (Inducción previa) , asimismo lavarlos y desinfectarlos después de usarlos y asignar un almacenamiento



Los parámetros in situ que se determinaran diariamente serán vaciados en una bitácora (Anexo 1), como registros del buen funcionamiento o no de la planta de tratamiento y partiendo de los resultados obtenidos, realizar mejoras encaminadas a una mejor eficiencia de la planta.

## X. FRECUENCIA DE MUESTREO AGUAS RESIDUALES

Realizar las actividades de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales es fundamental, pero, como saber si las actividades se están realizando correctamente siguiendo lineamientos y procesos, por lo que se sugiere que según NORMA PARA REGULAR CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL DESCARGADAS AL ALCANTARILLADO SANITARIO, el muestro físico químico del

agua residual tratada con las plantas debe realizarse anualmente por una empresa certificada.

Los parámetros que a continuación se presentan son los que exige la norma en mención

- DBO5
- DQO
- pH
- Aceites y Grasas
- Sólidos Sedimentables
- Sólidos Suspendedos Totales
- Temperatura
- 



Los cuales determinaran si el mantenimiento de las plantas se está haciendo correctamente o si existen aspectos que necesitan ser mejorados para obtener mejores resultados

## XI. HIGIENE PERSONAL

Es importante resaltar que aparte de las actividades de operación y mantenimiento a realizar en cada una de las plantas de tratamiento, se debe tener presente considerar de suma importancia la higiene personal de los operarios, en la que poniendo en práctica una serie de medidas se pretende disminuir los riesgos a la salud humana.

La persona encargada de las actividades de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento deberá siempre antes y después realizar lo siguiente:

- Lavarse las manos con suficiente agua y jabón antes y principalmente después de realizar las actividades.

El operador deberá tener estrictos cuidados en la



l, ya  
e las  
s  
ede  
a la

- Evitar contacto con ojos, boca, nariz u otra parte del área facial
- Almacenar en un lugar específico los materiales y equipos utilizados
- Para retirarse del lugar de trabajo llevar otra ropa la cual debe estar limpia y en buen estado, de tal manera evitar cualquier contaminación en el establecimiento de salud con la ropa de trabajo la cual debe ser colocada en bolsas plásticas y lavarla todos los días.

### **CHEQUEO MEDICO**

El personal encargado de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento del Hospital Nacional Rosales están expuestos a diario a adquirir riesgos a la salud debido al tipo de actividad que realizan, motivo por el cual resulta de vital importancia que se sometan a un chequeo médico obligatorio el cual permita inmunizar su sistema.

1. Es responsabilidad de la entidad encargada de los operarios de las plantas de tratamiento velar que se sometan a un chequeo médico cada 6 meses
2. Revisión médica (Cada 6 meses)
3. Los exámenes que se deben contemplar en la revisión médica son: Examen de orina, heces, hemograma, hepatitis B, y cualquier otro que se requiera pertinente