

# ***Instituto Tecnológico de Costa Rica***

**Escuela de Química  
Carrera de Ingeniería Ambiental**



**Acueductos y Alcantarillados  
Región Brunca**

***Plan de Seguridad de Aguas Residuales (PSAR) para la  
Ciudad de Pérez Zeledón – Costa Rica***

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OBTENER EL  
GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

***Óscar Leonicio Salas Mora***

***Enero, 2012***

***Plan de Seguridad de Aguas Residuales (PSAR) para la Ciudad de Pérez Zeledón, Costa Rica - TEC.***

**Documento presentado a la Escuela de Química - Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Ambiental con el grado de Licenciatura.**

**Miembros del Tribunal**

---

**Ing. Macario Pino Gómez  
Director de Tesis**

---

**Dra. Silvia Soto Córdoba  
Lector 1**

---

**MSc. Luis Guillermo Sánchez Solís  
Lector 2**

### ***AGRADECIMIENTOS***

A mi Dios en primer lugar, a mi director de tesis, el Ingeniero Macario Pino Gómez, quien estuvo presente para apoyarme y guiarme en la realización del proyecto, a la Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Ambiental, Ing. Lilliana Gaviria, por su apoyo incondicional y ayuda en la realización del proyecto, al Director regional de AyA-Región Brunca MSc Luis Guillermo Sánchez Solís, al Ingeniero Johan Mena Cubero, al Técnico Superior Laboratorista Químico Bernardo Morales Herrera, a la Lic. Sandra Quirós Morales y a todas las personas quienes contribuyeron en este trabajo, entre ellos a los lectores por su valiosa colaboración en la revisión del trabajo final de graduación.

### ***DEDICATORIA***

Le doy infinitas gracias a mi Dios que me ha dado la existencia y una magnífica familia y además siempre me ha dado la serenidad y habilidad para afrontar los obstáculos en la vida, pues nunca me ha abandonado, a mi madre, padre, familias y amigos quienes siempre me brindan su preciado y digno apoyo en todos los ámbitos y que han contribuido en mí de una u otra forma, los cuales llevaré en lo más profundo de mi conciencia y corazón.

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>RESUMEN</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I. OBJETIVOS</b> .....	3
A. Objetivo general .....	3
B. Objetivos específicos .....	3
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
A. Red de alcantarillado, subcolectores y colectores .....	5
B. Estaciones de bombeo .....	5
C. Planta de tratamiento, PTAR .....	6
D. Plan de Seguridad de Agua .....	8
E. Coeficiente de retorno .....	9
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	10
A. Visitas y aplicación de lista de verificación a los principales entes generadores. ....	10
B. Inspección del estado físico de la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento. ....	10
C. Evaluación de la calidad del agua residual y del sistema de tratamiento. ....	11
D. Proponer mejoras en el sistema tratamiento de aguas residuales .....	12
E. Desarrollo de programas complementarios (formación, prácticas de higiene, investigación y desarrollo, educación) .....	14
<b>IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS</b> .....	15
<b>I ETAPA. Entes generadores AR</b> .....	15
A. Entes de mayor riesgo .....	17
B. Casas de Habitación .....	26
<b>II ETAPA. Recolección y transporte de las aguas residuales</b> .....	27
A. Alcantarillado .....	27
B. Paso elevado .....	29
<b>III ETAPA. Planta de tratamiento</b> .....	32

<b>ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	34
<b>ASPECTOS DE OPERACIÓN</b> .....	40
<b>MEDIDAS DE CONTINGENCIA</b> .....	49
A. <i>Educación / sensibilización de los usuarios</i> .....	49
B. <i>Mejoras en infraestructura y control.</i> .....	51
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	54
<b>VII.BIBLIOGRAFÍA</b> .....	55
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	57
<b>Anexo 1. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INVENTARIO DE LOS ENTES GENERADORES</b> .....	57
<b>Anexo 2. ZONA DE ESTUDIO DENTRO DEL PLANO DIGITAL DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE PÉREZ ZELEDÓN.</b> .....	58
<b>Anexo 3. ESTUDIO DE ENTES GENERADORES DE AGUA RESIDUAL DE PEREZ ZELEDON.</b> .....	59
<b>Anexo 4. CONTROL DE AVERÍAS EN POZOS DE AGUAS RESIDUALES.</b> .....	64
<b>Anexo 5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS PARÁMETROS UNIVERSALES DE ANÁLISIS OBLIGATORIO DE AGUAS RESIDUALES.</b> .....	65
<b>Anexo 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL ESCALANTE PRADILLA REALIZADO POR EL LNA.</b> .....	66
<b>Anexo 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO REALIZADO POR EL LNA.</b> .....	67
<b>Anexo 8. MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.</b> .....	69

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Ecosistema de lagunas facultativas.....	6
Figura 2. Esquema general de las lagunas facultativas, Pérez Zeledón. ....	7
Figura 3. Trampas de grasas del sistema de aguas residuales de los entes generadores. ....	17
Figura 4. Pronóstico del tiempo extendido por ciudad.....	20
Figura 5. Punto de muestreo Mercado Municipal de Pérez Zeledón. ....	21
Figura 6. Punto de muestreo Hospital Escalante Pradilla. ....	21
Figura 7. Etiquetado y preservación de las muestras de aguas residuales. ....	22
Figura 8. Reparaciones del alcantarillado sanitario de Pérez Zeledón.....	28
Figura 9. Variación de caudal en caja de registro del HEP durante y después de las lluvias. ....	29
Figura 10. Paso elevado antes de realizar canalización del Río San Isidro.....	30
Figura 11. Reparación de averías del paso elevado sobre el rio San Isidro en el 2010.....	30
Figura 12. Estado actual del paso elevado sobre el Río San Isidro.....	31
Figura 13. Riesgo del Paso elevado durante lluvias y crecidas del Río San Isidro.....	32
Figura 14. Identificación de riesgos en el sistema de lagunas de oxidación de Pérez Zeledón. ...	33
Figura 15. Cajas de Registro sin sistema de protección para los trabajadores.....	35
Figura 16. Carencia de malla protectora del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.....	36
Figura 17. Fosa de sólidos del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón. ....	37
Figura 18. Cercanía del Río San Isidro al sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.....	37
Figura 19. Daños en la infraestructura de las lagunas del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón. ....	38
Figura 20. Llaves de paso para el control de sólidos suspendidos en el sistema lagunar de agua residual de Pérez Zeledón. ....	39
Figura 21. Cortos circuitos presentes en el sistema de tratamiento de Pérez Zeledón.....	41
Figura 22. Salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.....	42
Figura 23. Rediseño de las lagunas de oxidación de la ciudad de Pérez Zeledón.....	45
Figura 24. Lado A de brouchure con información del plan de seguridad agua residual. ....	49
Figura 25. Lado B de brouchure con información del plan de seguridad agua residual. ....	50
Figura 26. Informe de resultados de la descarga de aguas residuales de HEP de Pérez Zeledón. ....	66

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Dimensiones de las Lagunas de Tratamiento. ....	7
Tabla 2. Registro de caudal en planta de tratamiento. ....	13
Tabla 3. Entes generadores de aguas residuales del estudio sin trampas de grasa. ....	16
Tabla 4. Datos sobre muestreos realizados a entes en la ciudad de Pérez Zeledón. ....	22
Tabla 5. Resultados de análisis de calidad del agua residual del Mercado Municipal de Pérez Zeledón. ....	23
Tabla 6. Resultados de análisis de calidad del agua residual del HEP de Pérez Zeledón realizado en laboratorios del ITCR. ....	24
Tabla 7. Porcentajes de carga orgánica y agua aportados a la PTAR por parte del hospital y mercado municipal de Pérez Zeledón. ....	25
Tabla 8. Medidas del paso elevado sobre el Río San Isidro. ....	31
Tabla 9. Eficiencia de remoción de carga orgánica (DBO) del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón. ....	43
Tabla 10. Verificación del diseño actual del sistema de tratamiento de agua residual de Pérez Zeledón. ....	44
Tabla 11. Rediseño del sistema de tratamiento lagunar de AR de Pérez Zeledón con los parámetros de ingreso actuales. ....	46
Tabla 12. Rediseño del sistema de tratamiento lagunar de AR tomando en cuenta un crecimiento poblacional y de usuarios del alcantarillado sanitario de Pérez Zeledón. ....	47
Tabla 13. Áreas y volúmenes de los rediseños y sistema actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón. ....	48
Tabla 14. Entes generadores dentro de la zona central de estudio en la ciudad de Pérez Zeledón. ....	59
Tabla 15. Análisis del Hospital Escalante Pradilla como ente generador ....	62
Tabla 16. Entes generadores del Mercado Municipal de Pérez Zeledón. ....	63
Tabla 17. Resultados de análisis de la calidad del agua residual de la planta de tratamiento de agua residual de Pérez Zeledón, realizados por el Laboratorio nacional de Aguas de Acueductos y alcantarillados. ....	67

## **RESUMEN**

Acueductos y Alcantarillados (AyA) es la institución encargada de recolectar, transportar y dar tratamiento a las aguas residuales en la ciudad Pérez Zeledón. Para esto se cuenta con un sistema de tratamiento de lagunas de oxidación que tiene más de 35 años de estar en funcionamiento, el cual fue diseñado para una población 3000 habitantes y una carga orgánica de 150 Kg DBO/día. Este Sistema no consideró el crecimiento acelerado que se viene dando en los últimos años de la ciudad de Pérez Zeledón y en la actualidad el sistema debería estar tratando el agua residual de 12000 habitantes con una carga orgánica de 460 kg DBO/día. Sumado a esto el sistema presenta deficiencias en el diseño y funcionamiento de las lagunas de oxidación, entre los que se pueden citar: cortos circuitos, carencia de accesorios de control, Problemas de operación y control entre otros.

Para la evaluación del sistema de recolección-conducción y tratamiento de las aguas residuales se diseñó un Plan de Seguridad del Agua Residual (PASR) para tener un mayor control sobre la generación, recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales.

Dicho plan pretende dar una propuesta y recomendaciones para la estructuración de medidas para el control de riesgos que pueden afectar la calidad del agua residual. Del presente plan se visualizaron los riesgos más representativos y se propusieron los controles respectivos.

El alcance con este plan, es la evaluación para establecer acciones de prevención y control de los riesgos en el sistema de aguas residuales integrando a los entes generadores y población, en conjunto con AyA, así como un ordenamiento en los procesos mediante registros debidamente estructurados, para mejorar en la eficiencia del sistema de tratamiento y tener descargas de aguas residuales que cumplan con los parámetros establecidos en la legislación nacional para aguas residuales, una vez que se obtengan resultados favorables y se compruebe que el plan ayuda a la eficiencia del

sistema, se pueden elaborar planes destinados a todo el país y así mejorar el tratamiento de las aguas residuales en otras poblaciones.

Razón por la cual se planteó el objetivo general, el cual consiste en determinar y analizar los riesgos que afectan la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón mediante un plan de seguridad del agua residual.

Los riesgos encontrados en el PSAR se pueden diferenciar en dos tipos:

a. Riesgos que deben controlar y prevenir los usuarios del sistema en su generación, recolección y transporte de aguas como lo son: la calidad del agua residual que dispensan, tipos de redes y lo más importante la instalación de trampas de grasa/sólidos antes de descargar el volumen de AR a la red pública.

b. Riesgos que debe controlar y prevenir el ente o empresa que administra y opera el servicio de alcantarillado y tratamiento, en estos riesgos se destacan los siguientes:

- Deficiencias de infraestructura y del sistema de tratamiento.
- Deficiencias en la operación del sistema.
- Control sobre las descargas de los Entes Generadores de Aguas Residuales (EGAR).

Con el presente Plan de Seguridad del Agua Residual se obtiene una cuantificación de las características fisicoquímicas del vertido de los principales entes generadores, ordenamiento en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, además de la necesidad de diseñar planes de capacitación para orientar, concientizar y transmitir conocimiento a los pobladores y trabajadores sobre el buen uso del alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales.

## **ABSTRACT**

Acueductos y Alcantarillados (AyA) is the institution responsible for collecting, transport and give treatment to the waste waters in the city of Perez Zeledon. They possess a system based upon oxidation treatment lagoons that has more than 35 years of being in functioning, which was design for a population of 3000 inhabitants and an organic load of 150 Kg DBO/day. This system did not consider the rapid growth that has occurred in the last year in the city of Perez Zeledon and now the system should be treating the wastewater of 12000 inhabitants with an organic load of 460 Kg DBO/day. Added to this the system's weaknesses in the design and operation of the oxidation lagoons, among which may include: short circuit, lack of control accessories, operation and control issues among others.

To evaluate the pickup-conduction of the system and treatment of the wastewaters a safety plan for wastewaters was design to have greater control over the generation, recollection, transport and wastewater treatment. This plan aims to provide a proposal and recommendations for the structuring of measures to control risks that could affect the quality of the residual water. From this plan were visualized the most representative risk and proposed the respective controls.

The scope of this plan, is the evaluation to establish preventive actions and risk control in the system of residual waters integrating the generating entities and the population, together with AyA, and an ordering in the processes through properly structured records, to improve the efficiency of the treatment system and having wastewater discharges that meet the parameters set in national legislation for wastewater, once favorable results are obtained and verify that the plan helps the efficiency of the system, plans can be elaborated for the whole country, and improve the treatment of wastewater in other populations.

Reason why the general objective was raised, which consists in determining and analyze risks affecting the efficiency of the sanitary sewer system and wastewater treatment of Perez Zeledon through a safety plan wastewater. Risks found in the PSAR can be differentiated into two types:

- a. Risks that need to control and prevent users of the system in its generation, collection and transport of water such as: the quality of wastewater that dispense types of networks and most importantly the installation of grease traps / solids before discharging the volume AR to the public.
- b. Must control risks and prevent or business entity that manages and operates the sewerage and treatment, these risks are the following:
  - Inadequate infrastructure and treatment system
  - Deficiencies in the operating System

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

AR: Agua Residual.

AyA: Acueductos y Alcantarillados.

PSAR: Plan de Seguridad de Agua Residual.

PTAR: Planta Tratamiento de Agua Residual.

LNA: Laboratorio Nacional de Aguas.

EGAR: Ente Generador de Aguas Residuales.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

HEP: Hospital Escalante Pradilla.

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## **INTRODUCCIÓN**

El sistema de recolección, transporte, tratamiento y descarga final de las aguas residuales de la ciudad de Pérez Zeledón consta de: redes de alcantarillado sanitario, cajas de registro, dos lagunas facultativas y descarga de las aguas tratadas al río San Isidro, este sistema tiene una eficiencia del 60% en promedio, dado que el sistema fue diseñado y construido hace más de 35 años para una población (3000 habitantes), una carga orgánica (150 KgDBO/día) y donde el caudal de diseño no se encuentra reportado, hoy en día el sistema de tratamiento posee un caudal (1715 m<sup>3</sup>/día) y carga orgánica (460 KgDBO/día) que sobrepasan los parámetros de diseño, además el sistema de tratamiento según observaciones posee deficiencias en las que se destacan las siguientes: zonas donde se observan cortos circuitos en el flujo, se desconoce capacidades de las lagunas, falta de accesorios para realizar los controles de entrada y salida, acumulación de lodos, etc.) que hacen que la calidad del agua en la salida no cumpla con la legislación nacional (reglamento de vertido y reuso de agua residual, Anexo 5), con lo que se está afectando una corriente de agua (Río San Isidro), por lo cual es necesario buscar una solución para remediar este problema.

El Plan de Seguridad del Agua aplicado a las aguas residuales, es una metodología innovadora, lo que busca es evaluar el sistema de agua residual, mediante la visualización de los principales riesgos que afecten la calidad del agua residual que recibe el sistema de tratamiento y así hacer que el sistema soporte la carga que ingresa y se pueda dar un tratamiento que cumpla la normativa vigente.

El objetivo general es determinar y analizar, mediante un plan de seguridad, los riesgos del sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento de las aguas residuales de Pérez Zeledón, por consiguiente se realizó una evaluación de las condiciones de las descargas de agua residual de los principales EGAR, analizando el estado de infraestructura, diseño del sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales, para proceder a la elaboración de las medidas o propuestas de contingencia para el control de riesgos que

alteran la calidad del agua residual en el sistema de alcantarillado y tratamiento. Con lo cual se espera obtener una reducción de contaminantes y cumplimiento de la legislación.

Mediante la elaboración del plan, también es necesario realizar un inventario de entidades que ayude en la cuantificación de las características fisicoquímicas del agua residual, disponer de un manual de operación y mantenimiento, con el fin de tener una herramienta de orden y apoyo integral para el sistema de AR, y diseñar planes de educación y capacitación para orientar, concientizar y transmitir conocimientos a los pobladores y trabajadores del sistema de alcantarillado sobre el buen uso del alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales.

## **I. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

Determinar y analizar los riesgos que afectan la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón mediante un plan de seguridad del agua residual.

### **B. Objetivos específicos**

1. Evaluar la condición de las descargas de agua residual de los principales entes generadores a la red de alcantarillado sanitario.
2. Analizar el estado de la infraestructura y del sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales.
3. Elaborar medidas de contingencia para el control de riesgos que alteren la calidad del agua residual en el sistema de alcantarillado y tratamiento.

## **II. MARCO TEÓRICO**

El Sistema de Alcantarillado Sanitario de la ciudad de San Isidro de Pérez Zeledón fue construido hace más de treinta y cinco años, sin embargo, en los últimos años, la zona ha experimentado un crecimiento desmedido debido a la actividad agroindustrial y comercial, generando un incremento bastante significativo de la población.

El sistema de alcantarillado sanitario de San Isidro de Pérez Zeledón, fue construido mediante el proyecto Cinco Ciudades entre 1971 y 1974, ejecutado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, cuyo proyecto consistió en:

1. Red de alcantarillado sanitario completa en el centro de la ciudad.
2. Instalación de conexiones domiciliarias.
3. Construcción de sistema de tratamiento de aguas residuales el cual consiste de: Dos lagunas facultativas y estructuras accesorias en terrenos bajos al sur de la ciudad.

El sistema es administrado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y actualmente cubre además del centro de la ciudad, las urbanizaciones Las Rosas y El Clavel, algunos sectores de Barrio El Prado, Ciudadela Blanco y los Barrios de Santa Cecilia, Boruca y La Shell. Según un estudio realizado por la empresa Geotécnica existen conexiones a la red de alcantarillado sanitario, las cuales, se distribuyen según el tipo de tarifa, a saber de los 3178 entes que representan el 21,5 % (12 000 habitantes) de la población de Pérez Zeledón : el 64,3% de las conexiones al alcantarillado sanitario son categoría domiciliar, 27,2% ordinaria (Agua residual generada por las actividades normales del hombre, uso de inodoros, lavamanos, y otros), 1,3% preferencial, 1,1% gubernamental, y 6,1% reproductiva. El sistema de tanque séptico individual se emplea en el 76,8% de las viviendas restantes, un 1,1% usa tanque séptico colectivo, 0,3% descargan directamente a las quebradas de la zona, 0,3% descargan directamente a los caños. En resumen el 21,5% de la población de Pérez Zeledón usa el sistema de alcantarillado sanitario. (AyA, 2010).

### **A. Red de alcantarillado, subcolectores y colectores**

La red está construida en tubería de concreto con excepción de algunas conexiones en tubería de PVC, como es el caso del Hospital Dr. Escalante Pradilla, la avenida sur del estadio, así como los barrios antes descritos.

La red colectora está compuesta de la siguiente manera:

- Las aguas del sur de la ciudad son recolectadas en tuberías de PVC, con 680 m de longitud en un diámetro de 300 mm, y está dividida en siete tramos con ocho pozos de registro, y transporta las AR desde el pozo de registro 110 hasta las lagunas facultativas.

- La tubería principal de la red, inicia frente al Liceo UNESCO, en tubería de 150 mm de diámetro, siguiendo por la avenida 9 hasta la calle 6, donde continúa dos cuadras al sur, para luego cruzar sobre la avenida 3, dos cuadras al este, a partir de aquí el diámetro aumenta a 200 mm, cruza al sur, pasando por el costado oeste del parque hasta la avenida 4, donde aumenta a 250 mm, cruza una cuadra al oeste y se dirige hacia el sur sobre la calle 4, sigue hasta el final de esta calle y cruza una cuadra al este, donde llega al pozo de registro 160, a partir de donde arranca propiamente el colector. La longitud de esta tubería es de 2870 m, incluyendo los tres diferentes diámetros, está dividida en 33 tramos con 34 pozos de registro.

Las restantes líneas del sistema de alcantarillado descargan sobre la línea principal en diferentes pozos de registro. El diámetro de todas estas tuberías (PVC) es de 150 mm y su longitud es de 7800 m, y contiene en todo su recorrido 76 pozos de registro. En total la red posee una longitud de 11350 m. (AyA, 2010).

### **B. Estaciones de bombeo**

Existe una estación de bombeo, que impulsa las aguas residuales producidas de las urbanizaciones Las Rosas y El Clavel hasta la altura de la Carrera Interamericana en tubería de PVC, con 680 m de longitud en un diámetro de 300 mm; las restantes redes del sistema funciona por gravedad anteriormente descritas.

### C. Planta de tratamiento, PTAR

Las lagunas facultativas funcionan a través de la acción de algas y bacterias, con la influencia de la luz solar y de la fotosíntesis. La materia orgánica contenida en los desechos es estabilizada, en parte, transformándose en materia más estable en forma de celdas de algas, y convirtiéndose en productos inorgánicos finales que salen con el efluente.

Importante indicar que la laguna está compuesta por tres zonas a mencionar: Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica; una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias, y una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas.

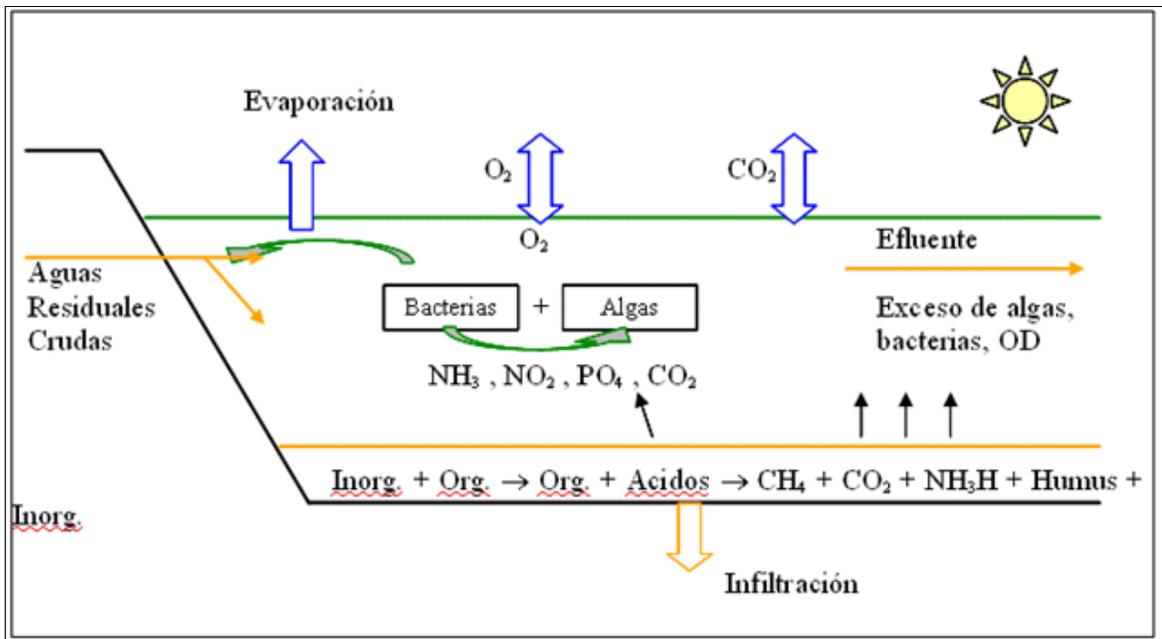


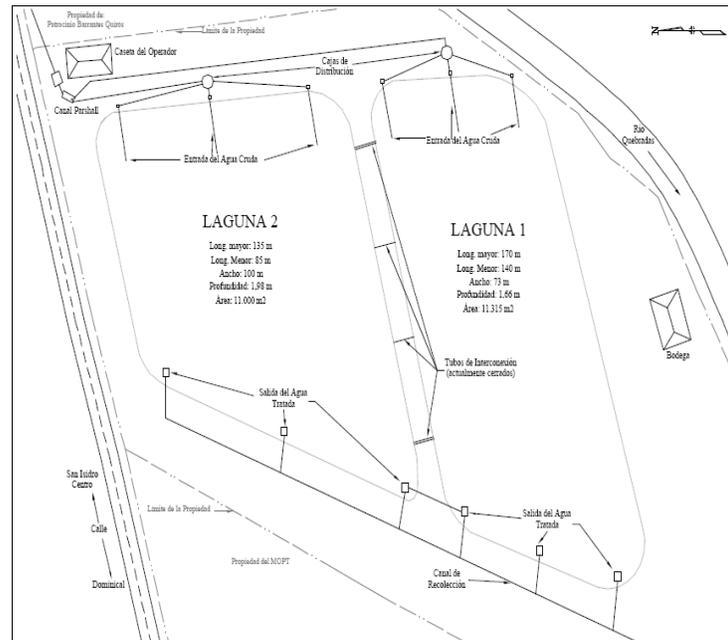
Figura 1. Ecosistema de lagunas facultativas.

Las Lagunas de Tratamiento están ubicadas en el Barrio El Hoyón de la Ciudad de San Isidro y descargan su efluente en el margen derecho del Río Quebradas; son dos lagunas facultativas que actualmente trabajan en paralelo y no se cuenta con medición de caudal para cada laguna por separado a la entrada y salida. Fueron construidas en 1974 como parte final del proyecto Cinco Ciudades, y fueron diseñadas con una capacidad específica de 150 KgDBO/día y una carga de 0,05 KgDBO/hab/día y para una población de 3000 habitantes (AyA,2010). En la Figura 2 se muestran las lagunas y sus componentes, los cuales serán descritos posteriormente.

**Tabla 1.** Dimensiones de las Lagunas de Tratamiento.

Elemento	Longitud mayor (m)	Longitud menor (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Laguna 1	170	140	73	1,66	11315	18782,9
Laguna 2	135	85	100	1,98	13500	26730

En la siguiente imagen se puede apreciar la distribución y ubicación de los diferentes componentes que integran el sistema de tratamiento de aguas residuales.



**Figura 2.** Esquema general de las lagunas facultativas, Pérez Zeledón.

#### **D. Plan de Seguridad de Agua**

La forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo es aplicando en forma integral la evaluación de los riesgos, para proponer plan de gestión que mitigue los riesgos y además se deben abarcar todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Este tipo de plan se denominan, «planes de seguridad del agua» (PSA). El PSA se ha desarrollado para organizar y sistematizar las prácticas de gestión del agua de consumo aplicadas desde hace largo tiempo y para garantizar que dichas prácticas son aptas para gestionar la calidad del agua de consumo. Se basa en muchos de los principios y conceptos aplicados en otros sistemas de gestión de riesgos, en particular en el sistema de barreras múltiples y en el APPCC (Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control), según se aplican en la industria alimentaria. (OMS, 2004) El PSA comprende tres componentes fundamentales, guiados por metas de protección de la salud y supervisados mediante la vigilancia del abastecimiento de agua de consumo.

1. Evaluación del sistema para determinar si la cadena de abastecimiento de agua de consumo (hasta el punto de consumo) en su conjunto puede proporcionar agua cuya calidad cumpla las metas de protección de la salud. Se incluye también la evaluación de los criterios de diseño de los sistemas nuevos.

2. Determinación de las medidas que, de forma colectiva, controlarán los riesgos identificados en un sistema de abastecimiento de agua de consumo y garantizarán el cumplimiento de las metas de protección de la salud. Para cada medida de control determinada, debe definirse un medio adecuado de monitoreo operativo que garantice la detección rápida y oportuna de cualquier desviación con respecto al funcionamiento requerido.

3. Planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes, y que documenten los planes de evaluación (incluidos los relativos a las ampliaciones y mejoras), monitoreo y comunicación del sistema, así como los programas complementarios.

Los objetivos principales de un PSA para garantizar la aplicación de prácticas adecuadas en el abastecimiento de agua de consumo son la reducción al mínimo de la contaminación de las aguas de origen, la reducción o eliminación de los contaminantes mediante operaciones de tratamiento y la prevención de la contaminación durante el almacenamiento, la distribución y la manipulación del agua de consumo. (OMS, 2004).

### **E. Coeficiente de retorno**

Tradicionalmente, los caudales de aguas residuales se estiman en función de los caudales de abastecimiento de agua. El consumo per cápita mínimo adoptado para el abastecimiento de agua de pequeñas comunidades es de 80 litros por habitante por día, pudiendo alcanzar un máximo de 150 l/h/d.

La relación agua residual / agua potable consumida se denomina coeficiente de retorno “C”. Este coeficiente indica la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen de agua efectivamente proporcionado a la población. De modo general, el coeficiente de retorno está en el rango de 0.5 a 0.9, dependiendo de las condiciones locales. El valor comúnmente utilizado en los diseños es de 0.8.

### **III.METODOLOGÍA**

Para realizar este proyecto fue necesario utilizar una metodología, donde se desarrollaron las siguientes actividades.

#### **A. Visitas y aplicación de lista de verificación a los principales entes generadores.**

1. Selección y localización del área de estudio y de los EGAR en el plano de la red de alcantarillado sanitario (anexo 2).
2. Selección y visita a cada EGAR donde se aplicó encuesta y se hizo un recorrido por el sistema de alcantarillado sanitario (interno) hasta encontrar la descarga de las aguas residuales a la red pública.
3. Cotejamiento de la información de campo (anexo 1) para cada EGAR.
4. Elaboración de informe e inventario con la información de los EGAR.

#### **B. Inspección del estado físico de la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento.**

1. Inspección de los pozos y cajas de registro de las aguas residuales, para lo cual se evaluó un 30% de pozos (110 en total) que se ubican dentro del área de estudio y se generó una plantilla para control de averías (Anexo 4).
2. Inspección del paso elevado de agua residual sobre el río de El General en el cual se realizó lo siguiente:
  - a. Medición del largo del paso elevado, altura del paso elevado con respecto al nivel de aguas del río, historia sobre las averías y rupturas a través de la historia de tormentas y huracanes.
  - b. Realización de reporte sobre estado del paso elevado.
3. Realización de recorrido por la planta de tratamiento, en la cual se elabora reporte.

### **C. Evaluación de la calidad del agua residual y del sistema de tratamiento.**

Para la evaluación de la calidad del agua residual y del tratamiento, se procedió a visitar los EGAR que presentan un mayor riesgo para el PSAR que por la naturaleza de sus aguas residuales pueden aportar contaminantes que pueden afectar y generar riesgos tanto las redes (tuberías) como para el sistema de tratamiento.

Para el hospital Dr. Escalante Pradilla: Se realizó un análisis de la calidad del agua residual que procede del hospital (Hospital ) directamente al alcantarillado sanitario sin ningún tratamiento, para lo cual se coordinó con AyA que mediante el Laboratorio Nacional de Agua de AyA se efectuó un muestreo y evaluación de los siguientes criterios:

- a) Caudal.
- b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5,20</sub>).
- c) Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- d) Potencial de hidrógeno (pH).
- e) Grasas y aceites (GyA).
- f) Sólidos sedimentables (SSed).
- g) Sólidos Suspendidos (SS).
- h) Sólidos suspendidos totales (SST).
- i) Temperatura (T).

Además el reglamento de vertido y reuso indica que los centros de salud (hospitales) se les debe hacer los parámetros de: coliformes fecales, Color, Fenoles, Metales.

Como parte complementaria se realizó visita en el área de estadística para solicitar la información siguiente:

- Características físicas del hospital.
  - a. m<sup>2</sup> de construcción.
  - b. Cantidad de pisos.
  - c. Cantidad de parqueos y bodegas.
- Principales actividades del hospital.
  - a. Especialidades que brinda el hospital.

- b. Cantidad de lugares con comidas (sodas, cocinas, comedor).
- Cantidad de camas en uso.
- Cantidad de servicios sanitarios y lavabos.
- Población atendida, población adscrita.
- Personal del hospital (organización)
- Consumo de agua potable mensual.

Para el mercado municipal se realizaron muestreos y caracterización de las aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado sanitario, producto de la actividad de mercado municipal.

En el sistema de tratamiento se realizó una revisión y análisis de los reportes operacionales presentados trimestralmente tanto de las AR que ingresan a la planta como de las aguas tratadas y descargas el río San Isidro.

#### **D. Proponer mejoras en el sistema tratamiento de aguas residuales**

Para proponer las mejoras en la planta de tratamiento de aguas residuales, se procedió a hacer análisis y mediciones de las lagunas y recomendar un rediseño en lo referente al flujo del agua dentro de las lagunas.

##### Cálculos para las Lagunas Facultativas:

1. Calcular datos iniciales:

##### Caudal ( $Q$ m<sup>3</sup>/día)

Materiales: Canaleta parshall.

Regla de medición.

Reloj.

Medir la altura de flujo del agua.

Calcular el valor K (tabla 3).

Utilizando la siguiente ecuación se calcula el caudal

$$H_0 = K * Q^m$$

Dónde:

Ho = Altura del flujo del agua m

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

Apuntar la hora de la toma del caudal elaborando una tabla con los datos siguientes:

**Tabla 2.** Registro de caudal en planta de tratamiento.

Numero de medición	Caudal	Hora
1	Caudal registrado	Hora de medición
2	Caudal registrado	Hora de medición
3	Caudal registrado	Hora de medición

*Demanda biológica de oxígeno (DBO mg/L.)*

Para el cálculo de DBO se realizó un muestreo compuesto y se utilizan los procedimientos de incubación y dilución (Standard Methods)

2. Cálculo de la Carga Orgánica (CO)

$$CO = Q \times DBO \times 10^{-3}$$

3. Cálculo del Área

$$A = \frac{CO}{COS}$$

4. Estimar división de lagunas
5. Relación Largo-Ancho (L/a)

$$a = \frac{A}{L^*}$$

- a) Medición del largo de las lagunas
- b) Medición el ancho de las lagunas.
- c) Sub división del área de las lagunas, con una relación largo-ancho no menor de 4.
- d) Corroborar que la relación largo- ancho no sea menor a 4.
- e) Corrección de áreas.

6. Volumen (V)

$$V = A \times h$$

a) Medición de la profundidad de las lagunas, utilizando una vara de medición de profundidad, y elaborando un Tabla con las mediciones y generar un promedio de la profundidad.

7. Tiempo de Retención (Tr)

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

Con el cálculo de estos parámetros se puede establecer un rediseño del sistema de tratamiento, con el fin de lograr el mejor funcionamiento y mejorar la eficiencia.

**E. Desarrollo de programas complementarios (formación, prácticas de higiene, investigación y desarrollo, educación).**

Para la realización de los planes/programas complementarios se considera la siguiente:

1. Elaboración de materiales informativos destinados para los hogares sobre el buen uso de las redes del alcantarillado sanitario tanto al interior de las edificaciones como a su exterior.
  - Los materiales informativos se dispensaran en conjunto con el recibo de cobro de agua potable.
2. Elaboración de materiales informativos para escuelas y colegios, con el fin de promover el buen manejo que debe dársele a las aguas residuales dentro de los establecimientos educativos como en las redes exteriores.
  - Los materiales serán entregado en conjunto con charlas informativas a estudiantes.
3. Elaboración de materiales informativos para comercios, industrias y otros entes generadores
  - Los materiales serán entregados en conjunto en capacitaciones para los directores o directivos de los principales entes generadores (cámara de comercio, municipalidad).

#### **IV. DISCUSIÓN Y RESULTADOS**

El plan de Seguridad de Aguas Residuales (PSAR) tiene como objetivo la evaluación de los riesgos que puedan afectar la calidad del agua residual desde el sitio donde se producen hasta el sitio del tratamiento y su descarga final (aumentos de concentración de contaminantes, caudal dispuesto al alcantarillado sanitario, materias o sustancias ajenas al agua residual, entre otros). Para una buena evaluación de riesgos del sistema de agua residual se deben evaluar tres etapas componentes del sistema, las cuales se citan a continuación:

1. Entes generadores AR: Producción del agua residual (caudal) y sus características físico-químicas para así poder establecer el tipo y carga contaminantes que pueden aportar los EGAR al sistema de alcantarillado y traslado al sistema tratamiento.
2. Sistema de recolección y transporte: Donde se evalúa el estado de la infraestructura del alcantarillado sanitario (redes) instalado y funcionando.
3. Sistema de tratamiento de aguas residuales: Donde se evalúan los diseños, se examina la infraestructura, y se determina la eficiencia del sistema de tratamiento.

Estas tres etapas son primordiales para encontrar los riesgos que afectan la calidad del agua residual que debe ser tratada. Adicionalmente a estas etapas es indispensable tener un plan estratégico para el control de los riesgos, lo cual conlleva a la formulación de medidas de contingencia (programas de educación, seguimiento, monitoreo, mejoras en los componentes del alcantarillado-tratamiento y mantenimiento de todo el sistema de agua residual).

##### **I ETAPA. Entes generadores AR**

La información utilizada para evaluar los riesgos provenientes de los EGAR, fue recolectada en la aplicación de las listas de verificación (Anexo1), se elaboró una tabla informativa para establecer la situación de sus aguas residuales generadas (Anexo 3), se

identificaron los contaminantes presentes en el agua residual por EGAR que descarga al alcantarillado sanitario y son transportados a la planta de tratamiento.

En la tabla 3 podemos observar mediante la información suministrada al aplicar la lista de verificación que los EGAR que generan mayor cantidad de agua residual y desechos sólidos, se encuentran las sodas, cafeterías, bares, restaurantes, panaderías, expendios de carne y hoteles. De estos entes un porcentaje alto (63%) no posee trampas de grasa y de sólidos, lo que hace que todo el material residual que se genera, va directo al sistema de alcantarillado sanitario, y posteriormente al sistema de tratamiento, con los consecuentes efectos en la operación y eficiencia de las redes del alcantarillado y de la planta.

**Tabla 3.** Entes generadores de aguas residuales del estudio sin trampas de grasa.

<b>Ente generador</b>	<b># Entes Ubicados en el mercado Municipal</b>	<b># Entes Ubicados en Zona central de estudio</b>	<b>Cantidad total</b>	<b>Sin trampas de grasa</b>
<b>Sodas y cafeterías</b>	14	30	44	31
<b>Bar y restaurante</b>	1	25	26	12
<b>Motos y repuestos</b>	0	11	11	11
<b>Panadería</b>	1	9	10	7
<b>Centros educativos</b>	0	7	7	7
<b>Carnicería</b>	12	9	21	6
<b>Hoteles</b>	0	6	6	6
<b>Taller de motosierras</b>	0	3	3	3
<b>Ciclos</b>	0	2	2	2
<b>Lava Car</b>	0	1	1	1
<b>Gasolineras</b>	0	3	3	0
<b>Hospital</b>	0	1	1	0
<b>Marisquería</b>	0	1	1	0
<b>TOTAL</b>	28	108	136	86
<b>% ENTES</b>	<b>21</b>	<b>79</b>	<b>100</b>	<b>63</b>

Razón por la cual, AyA debe exigir a cada uno de estos EGAR la instalación de trampas de grasa/desarenador (figura 3) en su sistema de evacuación de aguas residuales antes de ser descargadas a la red pública, esto con el fin de proporcionar un pretratamiento a las aguas servidas para eliminar la mayor cantidad de grasas, aceites y sólidos sedimentables, mediante estas prácticas estamos colaborando a la disminución de riesgos de obstrucciones en las redes del alcantarillado sanitario y también se evita que lleguen cantidades considerables de estos compuestos al sistema de tratamiento.



**Figura 3.** Trampas de grasas del sistema de aguas residuales de los entes generadores.

En la figura 3 se puede observar como las trampas de grasa son eficientes en la remoción de grasas, aceites y sólidos, su función es un pretratamiento idóneo antes de dispensar las aguas residuales al alcantarillado sanitario por cada tributario.

#### **A. Entes de mayor riesgo**

El anexo 3 también nos indica cuales EGAR aportan al agua residual contaminantes como grasas, aceites, materia fecal, hidrocarburos, productos biológicos, químicos, radioactivos y agroquímicos, estos entes son los que se consideran de mayor riesgo y a los cuales se les prestó mayor atención durante el estudio. De estos entes se consideran de importancia aquellos que pueden aportar mayor carga orgánica o mayor volumen de

agua por su actividad diaria, tal es el caso del Hospital Escalante Pradilla y el Mercado Municipal de la ciudad de Pérez Zeledón.

El Hospital Escalante Pradilla (HEP) es el ente que presenta mayor consumo de agua por mes ( $7200 \text{ m}^3$ ), esto debido a que por su actividad la demanda de agua potable es alta, con el fin de mantener las condiciones ambientales necesarias para el buen funcionamiento y atención a la población como el principal centro de salud de la ciudad de Pérez Zeledón. Las características del hospital fueron las siguientes:  $18000 \text{ m}^2$  de construcción, edificio que consta de 2 pisos y ofrece los siguientes servicios comunales: un parqueo con área aproximada de  $7500 \text{ m}^2$ , soda, cocina, comedor, 136 servicios sanitarios, 217 lavatorios y lavandería.

El número de funcionarios es de 515 y se brindan las siguientes especialidades:

- Medicina
  - ✓ Medicina general
  - ✓ Medicina interna
  - ✓ Cardiología
  - ✓ Endocrinología
  - ✓ Neumología
  - ✓ Geriatria
  - ✓ Psiquiatria
- Pediatría
  - ✓ Cirugía general
  - ✓ Medicina general
  - ✓ Neonatología
  - ✓ Ortopedia
- Gineco – Obstetricia
  - ✓ Gineco – Obstetra
- Cirugía
  - ✓ Cirugía general
  - ✓ Oftalmología

- ✓ Ortopedia
- ✓ Urología
- ✓ Vascular periférica
- ✓ Cirugía bucodentomaxilar
- ✓ Otorrinolaringología
- ✓ Neurocirugía

### **Otros EGAR a tener en cuenta**

Actualmente la Ciudad de San Isidro cuenta con tres Clínicas Privadas en acción, en las cuales se efectúan en menor proporción las mismas actividades que en el Hospital Escalante Pradilla, razón por la cual es necesario hacer un análisis más exhaustivo de estos EGAR y evaluar los sistemas de tratamiento que realizan a sus AR. Al igual las Salas de belleza, expendios de agroquímicos, pinturas y gasolineras, deben ser objeto de monitoreo permanente, con el fin de determinar su impacto en la operación del sistema de alcantarillado sanitario de la Ciudad, pues en estos entes existe manipulación y utilización de químicos / combustibles y aunque cuenten con una trampa de grasas y sólidos, esta no detiene los químicos, además aunque sus caudales de agua residual son muy bajos, la cantidad de estos negocios en la ciudad es considerable y todo esto puede generar un riesgo en el funcionamiento del sistema de tratamiento .

Cabe destacar que se realizó un análisis de la calidad de agua para dos EGAR diferentes, tomando como prioridad el mayor consumo de agua mensual y la actividad que realizan, en primera instancia el Mercado Municipal, ya que este cuenta con una gran concentración de locales conectados al alcantarillado (57 puestos de ventas) en un área de 1000 m<sup>2</sup>. El otro ente es el Hospital Escalante Pradilla, ya que por su magnitud y actividad puede representar un riesgo para el sistema de tratamiento de aguas residuales. Importante mencionar que para el Hospital se hicieron dos análisis en laboratorios diferentes, uno realizado en el Laboratorio Nacional de Aguas de AyA (anexo 6) y otro

por parte del investigador del Trabajo Final de Grado en los laboratorios de aguas del Instituto Tecnológico de Costa Rica – Carrera de Ingeniería Ambiental.

Para la recolección de muestras primeramente es importante consultar las condiciones meteorológicas del lugar, para este caso al realizar los muestreos se consultó la página web del Instituto meteorológico nacional con el fin de observar el pronóstico del tiempo para el día de visita (figura 4), ya que es necesario contar con buenas condiciones climáticas a la hora de recolectar las muestras, es decir que en la medida de lo posible no se presenten lluvias durante la recolección de muestras.

<b>VALIDEZ: del 20 de Setiembre al 24 de Setiembre del 2011</b>					
<b>CIUDAD</b>	<b>Martes 20</b>	<b>Miércoles 21</b>	<b>Jueves 22</b>	<b>Viernes 23</b>	<b>Sábado 24</b>
TEMPERATURAS(°C)	30/21	31/22	30/21	31/22	30/23
<b>San Isidro de El General</b>	 am: Mayormente nublado con posible lluvia; pm: Nublado con lluvias	 am: parcialmente nublado, pm: nublado con aguaceros y tormenta eléctrica.	 am: Nubosidad entre parcial a total; pm: Nublado con lluvias	 am: parcialmente nublado, pm: nublado con aguaceros y tormenta eléctrica	 am: Parcialmente nublado; pm: Nublado con lluvias y aguaceros con actividad eléctrica

**Fuente:** Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

**Figura 4.** Pronóstico del tiempo extendido por ciudad.

Otro factor importante es la escogencia del punto de muestreo, pues este debe poseer condiciones tales como: de fácil acceso para la toma de muestras, permitir la medición del caudal, punto donde pase toda el agua residual del local. En el punto de muestreo del Mercado (figura 5) existía dificultad en la toma de la muestra y no se pudo medir el caudal directamente.



**Figura 5.** Punto de muestreo Mercado Municipal de Pérez Zeledón.

Para el punto de muestreo del Hospital Escalante Pradilla (Figura 6) no se logró medir el caudal directamente, aunque contaba con una muy buena accesibilidad para la toma de la muestra y permitía una buena visibilidad del agua residual para tomar datos sobre variaciones notables de las características observadas.



**Figura 6.** Punto de muestreo Hospital Escalante Pradilla.

El muestreo fue realizado en horario matutino, pues es cuando se presenta la mayor actividad de los EGAR muestreados y propicia una recolección de muestras más representativas en función de las actividades.

**Tabla 4.** Datos sobre muestreos realizados a antes en la ciudad de Pérez Zeledón.

	Muestreo # 1		Muestreo # 2	
<b>Fecha</b>	22/09/2011		06/10/2011	
<b>Lugar</b>	Mercado	HEP	Mercado	HEP
<b>Hora de inicio</b>	10:30 am	10:15 am	12:00 md	11:45 am
<b>Hora de finalización</b>	01:00 pm	01:15 pm	2:30 pm	2:15 pm
<b>Tiempo entre cada toma de submuestras</b>	30 min		30 min	
<b>Condiciones meteorológicas encontradas</b>	Día soleado, cielo despejado, T° amb= 31°C		Parcialmente nublado, T° amb= 33°C	

Durante el muestreo se utilizó un recipiente donde se recolectan todas las submuestras creando un combinado para luego repartirlo en recipientes destinados a cada tipo de análisis que se desea hacer, además que difieren en su volumen y aditivos de preservación, para lo cual deben etiquetarse (figura 7) además de preservarlos correctamente con el fin de reducir cambios en la concentración de los contaminantes a medir. Tal es el caso para las muestras de Grasas y Aceites es necesario usar botellas de vidrio con el fin de evitar que el contaminantes de adhiera a las paredes del frasco.



**Figura 7.** Etiquetado y preservación de las muestras de aguas residuales.

Una vez recolectada la muestra se procede a transportarla al laboratorio y realizar los análisis necesarios para caracterizar el agua residual de ambos entes de estudio, para lo cual se utilizaron métodos ya establecidos y certificados por el laboratorio. Para los muestreos del mercado los resultados están expresados en la tabla 5:

**Tabla 5.** Resultados de análisis de calidad del agua residual del **Mercado Municipal** de Pérez Zeledón.

<b>LUGAR #1</b>	<b>Mercado</b>	
<i>Parámetro</i>	<i>Muestreo 1</i>	<i>Muestreo 2</i>
<b>DQO</b>	749	733
<b>DBO</b>	354	488
<b>Ssus</b>	241	116
<b>Ssed</b>	1,5	0
<b>GyA</b>	43	50
<b>pH</b>	7,37	7,42
<b>T°</b>	24,70	23,83
<b>Fosfatos</b>	16,63	14,52

Con los resultados obtenidos se puede observar que la calidad del agua residual del Mercado, comparando los dos muestreos, se puede ver que los parámetros dan muy similares, además se puede ver como en ambas mediciones el parámetro de DBO sobrepasa los límites permitidos en la legislación nacional y otros parámetros tales como DQO y GyA que están cerca de sobrepasar los límites permitidos. Estos parámetros reflejan que el mercado está aportando muchos contaminantes en forma de carga orgánica tomando el consumo mensual de agua para este ente (Tabla 7), además de grasas y aceites que son muy perjudiciales para el sistema de tratamiento, por lo cual el mercado representa un riesgo para la calidad del agua residual.

**Tabla 6.** Resultados de análisis de calidad del agua residual del **HEP de Pérez Zeledón** realizado en laboratorios del ITCR.

<b>LUGAR # 2</b>	<b>HEP</b>	
<b>Parámetro</b>	Muestreo 1	Muestreo 2
<b>DQO</b>	320,75	483
<b>DBO<sub>5,20</sub></b>	167,00	237,00
<b>Ssus</b>	74,5	95,00
<b>Ssed</b>	0,8	1,5
<b>GyA</b>	7	24
<b>pH</b>	8,38	8,50
<b>T°</b>	34,53	32,60
<b>Fosfatos</b>	5,58	4,62

Para el caso del Hospital Escalante Pradilla se puede observar en la tabla 6 como varían los resultados entre ambos muestreos, pero siempre se mantienen dentro de los parámetros permisibles en la legislación nacional, el dato que se ve próximo a sobrepasar el valor máximo permitido es el de pH, en cuanto a su carga orgánica que aporta al alcantarillado y sistema de tratamiento se puede observar en la tabla 7.

Cabe indicar que a los dos entes en estudio se les practicó dos muestreos, es indispensable realizar mayor número para así obtener una mejor caracterización de la calidad del AR y además una mayor cantidad de información para establecer condiciones de riesgo alto, medio o bajo según los datos recolectados.

La tabla 7 fue elaborada mediante los valores promedio de DBO<sub>5,20</sub> de los muestreos de cada ente y para el volumen de entrada de estos se tomó el histórico de consumos del ultimo año. El caudal de entrada de la planta se obtuvo promediando el afluente reportado por el operador del sistema quien realiza una medición horaria mediante una canaleta Parshall y con este caudal es calculada la cantidad de agua ingresada mensualmente a la PTAR. Con el volumen y la concentración de DBO promedio del sistema de últimos 4 análisis trimestrales por parte de LNA (Anexo 7) de, se calculan los Kg de contaminante en forma de Carga Orgánica, realizando comparaciones en ambos resultados, los cuales se indican a continuación:

**Tabla 7.** Porcentajes de carga orgánica y agua aportados a la PTAR por parte del hospital y mercado municipal de Pérez Zeledón.

<b>Ente Generador AR</b>	<b>DBO (mgDBO/l)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Carga orgánica (Kg DBO /mes)</b>	<b>Carga orgánica (Kg DBO /día)</b>	<b>Aporte carga orgánica al sistema (%)</b>	<b>Aporte de volumen de agua al sistema (%)</b>
<b>Hospital</b>	210	5771	192	1211,93	40,40	9	11
<b>Mercado Municipal</b>	421	1186	40	498,96	16,63	4	2
<b>Entrada al Sistema de Tratamiento</b>	268	51452	1715	13801,89	460,06	100	

Un factor que debe considerarse para ambos entes es el volumen de agua que aportan al alcantarillado sanitario, razón por la cual fue necesario realizar la tabla 7 notándose como el HEP a pesar que tiene concentraciones bajas en sus parámetros, aporta una gran cantidad de volumen de AR al sistema (5771 m<sup>3</sup>/mes) el cual representa el 11% del total de agua entrante a la PTAR, por consiguiente se puede observar que aporta gran cantidad de carga orgánica (1211,93 Kg BDO / mes) en comparación con la cantidad total ingresada al sistema de tratamiento (13801,89 Kg DBO / mes) obteniendo el valor del 9%. Para el caso del Mercado Municipal en volumen aporta un 2 % del total que ingresa al sistema de tratamiento, y CO aporta un 4% del total, estos valores son muy grandes tomando en cuenta que el sistema de agua residual consta de 3180 entes generadores (valor actual, agosto del 2011), es decir que dos entes están aportando un 13% de la CO y el resto (3178 entes) aportan el 87% restante. Esto hace que el HEP y el Mercado Municipal sean de riesgo considerable para el sistema de tratamiento de agua residual, de los otros 3178 (87%) es indispensable identificar entes que al igual que el HEP y el Mercado Municipal sean riesgos, para lo cual es necesario realizar muestreos en los entes, pues no se cuenta con la total seguridad de que todos son de menor riesgo.

## **B. Casas de Habitación**

Al igual que los entes citados con anterioridad las casas de habitación no pueden ser obviadas, ya que representan el 65% del total de EGAR, clasificadas en la categoría domiciliar y consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de las instalaciones hidráulicas (servicios sanitarios, pilas, lavamanos y otros). Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y disposición. El agua residual es apenas el medio de transporte de los sólidos, la mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. Las proteínas son el principal

componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales. Los valores de DBO comunes en agua residual domestica son de 25 - 80 (gr/hab.día) con valores generalmente adoptados para el coeficiente de consumo de agua per cápita que varían de 150 a 350 l/hab.día.

Con los datos promedios se puede ver cuál es la concentración de BDO para una casa de habitación aplicando el siguiente cálculo:

$$\frac{\frac{55g}{hab.día}}{\frac{200l}{hab.día}} \times \frac{1000mg}{1g} = 275 \text{ mg/l DBO}$$

Se puede observar como para una casa de habitación la concentración de DBO es de 275 mgDBO/l, pero si tenemos un hogar que consta en promedio con 5 habitantes, el agua residual generada por mes es de: m<sup>3</sup>

$$5hab \times \frac{200l}{hab.día} \times \frac{30 \text{ dias}}{1mes} \times \frac{1m^3}{1000 l} = 30 m^3$$

La información obtenida al realizar estas conversiones evidencian que por sí sola una casa de habitación tiene una concentración alta, pero un consumo mensual bajo (100, 15 m<sup>3</sup>) con respecto a otros entes que tiene mayor consumo (Hospital, Mercado), pero representa un gran riesgo por el número de casa de habitación que representan alrededor del 64,3 % del total de entes generadores.

## **II ETAPA. Recolección y transporte de las aguas residuales**

### **A. Alcantarillado**

El análisis realizado a la infraestructura del alcantarillado sanitario comprueba que el sistema cuenta con un buen programa de mantenimiento por parte de AyA, aunque por las condiciones éste se debe hacer muy pronunciado. Por el tipo de material del alcantarillado y por las malas prácticas de los entes, los problemas más comunes son

obstrucciones causados por la presencia de grasas, aceites y sólidos de algunos entes que no poseen trampas de GyA o que éstas estructuras están saturadas y permiten el paso de estos contaminantes a la red y son transportados por el alcantarillado sanitario. Gracias a la labor continua de los trabajadores del alcantarillado (figura 8), se pueden solventar estas obstrucciones de forma rápida sin que se presenten mayores consecuencias.

Al evaluar el sistema se planteó un mejor control en las averías, para así tener un registro o base de datos y poder realizar estudios posteriores para localizar puntos críticos del sistema que no se han visualizado aún, para lo cual se realizó una lista de verificación (Anexo 4) que debe ser rellena al momento de solventar las averías, con estas listas se identifican las condiciones presentes en el lugar, y de esta forma mantener un histórico, con la finalidad de evaluar posibles reparaciones de las condiciones y así identificar factores que causa la avería.



**Figura 8.** Reparaciones del alcantarillado sanitario de Pérez Zeledón.

Uno de los grandes problemas que afronta el alcantarillado sanitario es la descarga de aguas pluviales (lluvia) en conjunto con el agua residual, es decir que la red instalada funciona como un alcantarillado combinado, durante varios años AyA ha procurado que esta situación no se presente, sin embargo al momento de los muestreos se logró observar la presencia de esta problemática, por ejemplo en las cajas de registro se evidenciaron grandes variaciones de caudal cuando se presentan los aguaceros (figura 9), esto confirma que el HEP descarga aguas pluviales en el alcantarillado sanitario. AyA dentro del mantenimiento de la red de alcantarillado sanitario busca este tipo de problema, resolviéndolo de la forma más rápida, pues causa muchos daños, no solamente al sistema

de tratamiento que recibe mayor cantidad de agua residual, sino también la vida útil del alcantarillado, pues en época de invierno el alcantarillado debe transportar mayor cantidad de agua y en ocasiones saturando el grosor de la red.



**Figura 9.** Variación de caudal en caja de registro del HEP durante y después de las lluvias.

### **B. Paso elevado**

Sobre el Río San Isidro existe un paso elevado (figura 10) que tiene la función de transportar agua residual de las ciudadelas Las Rosas y El Clavel. Éste subsistema ha sufrido accidentes causados por las lluvias o tormentas fuertes (sobresaliendo el Huracán César en 1996 y la Tormenta Tropical Alma el 29 de mayo del 2008), durante estos acontecimientos se ha producido la ruptura de la línea del paso aéreo sobre el Río San Isidro, esto debido a las crecidas del río, el arrastre de material y troncos de árboles. Esto trae como consecuencia la contaminación de las aguas del río y la presencia de malos olores en los barrios adyacentes por la descarga directa de las AR sin tratar, trayendo consigo un riesgo para la naturaleza en sí y el medio ambiente en general.



**Figura 10.** Paso elevado antes de realizar canalización del Río San Isidro.

Importante indicar que las reparaciones en los daños y la estructura del paso elevado es bastante lenta, pues de acuerdo a los antecedentes históricos en la última ocasión que se presentó el problema de ruptura del paso, el mismo fue corregido dos años más tarde (registrada en mayo del 2008 y las reparaciones se concluyeron hasta mayo-junio del 2010), pues según se nos informa se debe esperar inicialmente hasta que cesen las lluvias y el caudal del agua vuelva a la normalidad y con esto tener acceso para la evaluación de daños, realizar el presupuesto de materiales para el arreglo que se debe efectuar, luego conseguir los fondos y coordinar la construcción del nuevo paso elevado (figura 11), considerando que las condiciones meteorológicas sean las idóneas (días sin lluvias y caudal del río mínimo) para así resguardar la salud de los trabajadores durante el lapso de reparación.



**Figura 11.** Reparación de averías del paso elevado sobre el río San Isidro en el 2010.

La información obtenida para este estudio fue mediante visita al paso elevado (figura 12) tomando medidas de la estructura, misma que actualmente cuenta con la canalización de Río San Isidro por parte de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

**Tabla 8.** Medidas del paso elevado sobre el Río San Isidro.

<b>Diámetro Tubo</b>	<b>Largo</b>	<b>Atura lado 1 (este)</b>	<b>Altura lado 2 (oeste)</b>	<b>Altura al centro</b>
0, 2 m	35.00 m	3.50 m	3.25 m	3.00 m

Como se observa en la tabla 8 y en la figura 12, el paso elevado está muy cerca del nivel del río y en las crecidas causadas por tormentas (figura 13), las cuales arrastran desechos y troncos la probabilidad de que el paso elevado sufra algún daño es muy grande, presentándose también las consecuencias antes dichas, es por esta razón que AyA está implementando el traspaso del paso elevado a un lugar más alto para reducir el riesgo de daños futuros.



**Figura 12.** Estado actual del paso elevado sobre el Río San Isidro.

Las aguas pluviales representan un gran riesgo para el alcantarillado sanitario, saturando las redes y provocando con ello el escape de aguas de las cajas de registro con alto contenido de contaminantes, dispersándose sobre las vías públicas.

Al momento de llegada a la planta de tratamiento generan un crecimiento del volumen de las lagunas, disminuyendo el tiempo de retención del sistema y por ende no se tratan los contaminantes correctamente, provocando el incumplimiento de la legislación si no cumple con los parámetros establecidos para los contaminantes.

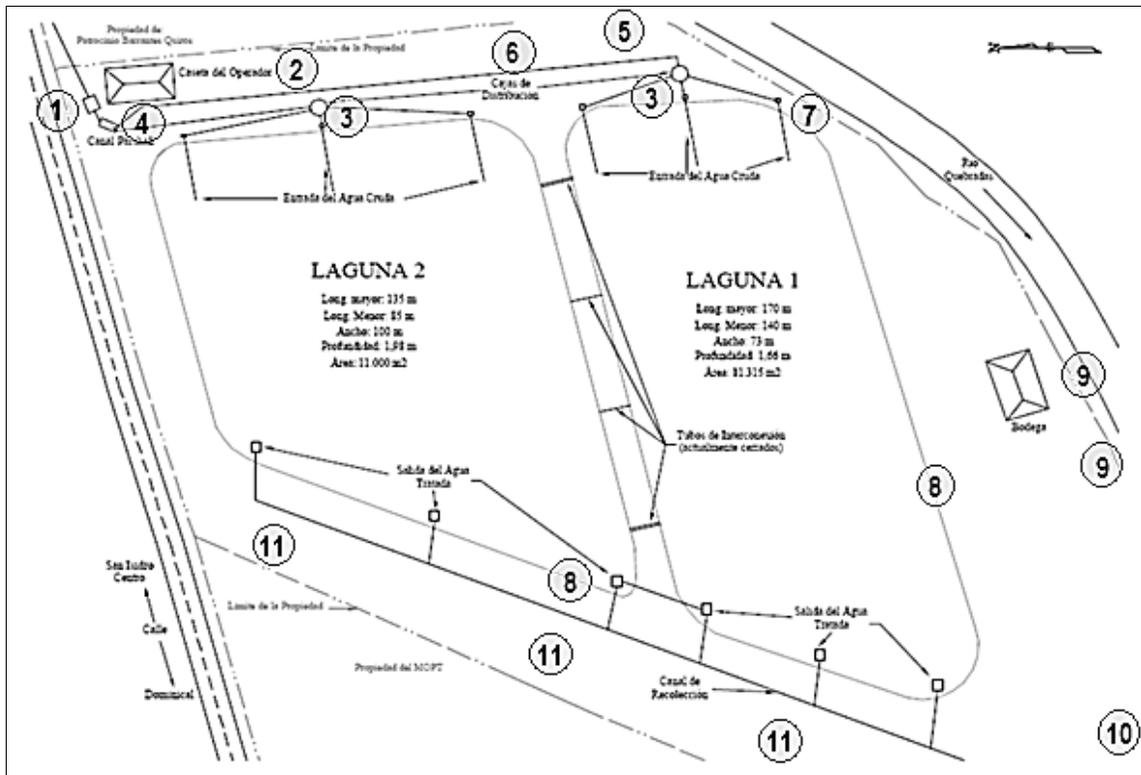


**Figura 13.** Riesgo del Paso elevado durante lluvias y crecidas del Río San Isidro.

### **III ETAPA. Planta de tratamiento**

El sistema fue construido en los años 1971 y 1974, el cual consiste en dos lagunas de facultativas y estructuras accesorias, diseñados para una población de 3000 habitantes.

Para identificar riesgos en los diferentes componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales se procedió a realizar una visita a las lagunas de oxidación del AyA que se encuentran en el barrio El Hoyón de Pérez Zeledón.



**Figura 14.** Identificación de riesgos en el sistema de lagunas de oxidación de Pérez Zeledón.

Durante el recorrido en la PTAR se observa como el sistema de tratamiento posee problemas en operación y construcción, razón por la cual se enumeraron estas deficiencias para hacer una mejor identificación y su localización dentro del sistema. Los riesgos identificados (figura 14) en el recorrido del sistema de tratamiento son los siguientes:

## **ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **1. *Estructura de entrada y sistema de medición de caudal***

La planta cuenta con un diámetro pequeño en entrada al sistema de tratamiento (0,3 m), la recepción se rebosa fácilmente de agua, ya sea al aumentar el caudal de ingreso o al obstruirse las rejillas que retienen los sólidos gruesos. Al saturarse la entrada, se cuenta con un sistema de desfogue que cumple la función de liberar el excedente de agua que soporta la estructura, cuando esto sucede se libera directamente al río este excedente de agua llevando consigo todos los contaminantes hasta el Río San Isidro sin ningún tratamiento. Es necesario la implementación de una estructura que soporte mayor cantidad de agua (toda de ser posible) y dar buen mantenimiento a las rejillas para evitar la obstrucción del agua que provoca reboces.

### **2. *Material de construcción almacenado (arena).***

Se observa la existencia de material de construcción acumulado en los alrededores de la planta. Es necesario tener orden dentro y fuera (alrededores) del sistema de tratamiento, Sería recomendable eliminar todos aquellos elementos ajenos al sistema, que pueden entorpecer el trabajo de los operadores o crear accidentes a los trabajadores, en el caso del sistema lagunar de Pérez Zeledón alrededor de las lagunas se encuentra almacenada gran cantidad de material de construcción (arena).

### **3. Cajas de distribución.**

Las cajas de distribución no cuentan con protección para el personal que opera o visita la planta. Unos de los riesgos encontrados en el sistema de tratamiento es que existe muy poca señalización o sistemas de seguridad laboral, se puede observar en la figura 15 que es necesario acondicionar accesorios del sistema de tratamiento para evitar accidentes laborales. El sistema de tratamiento es un lugar de trabajo, por consiguiente se debe de incorporar la rotulación y medios protectores para resguardar la salud de los trabajadores y visitantes.



**Figura 15.** Cajas de Registro sin sistema de protección para los trabajadores.

### **4. Medición de caudales para cada laguna.**

No existe medición de caudal para cada laguna. Para corroborar la eficiencia del sistema de tratamiento es necesario hacer mediciones y evaluaciones de todo lo que entra y sale a cada proceso, por eso es necesario equipar cada laguna de oxidación individualmente con los aparatos de medición de entrada y salida, se necesita un sistema de medición de caudales, ya sea una canaleta Parshall o una caída del agua de salida que permita una medición por medios volumétricos.

### **5. Protección perimetral al área de tratamiento.**

El sistema de tratamiento cuenta con una zona sin malla protectora. Es importante considerar el estado del sistema en si y sus alrededores, para que estos no se conviertan en riesgos, es primordial el mantenimiento constante de las áreas adyacentes a las lagunas, así como mantener una barrera protectora alrededor del sistema de tratamiento, en el caso de la PTAR de Pérez Zeledón, ésta cuenta con una reja protectora en mal estado (figura 16) a causa del desborde del río, estas averías deben solventarse lo mas pronto posible con el objetivo de impedir la entrada de factores de riesgo para el sistema.



**Figura 16.** Carencia de malla protectora del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

### **6. Manejo de los lodos.**

Se observa además que el sistema de tratamiento de lodos está a la intemperie (figura 17), y no cuenta con ninguna estructura que impida el paso de agua de lluvia, ocasionando acumulación de líquidos en su interior y malos olores, como sugerencia u recomendación se deberían aplicar productos para el control de olor cada vez que se adicionen sólidos. Es necesario crear una estructura que permita proteger las fosas de la entrada de agua pluviales o un sistema que tenga la función de secar los sólidos gruesos de la planta de tratamiento y una vez finalizado el tratamiento enviar los desechos a un relleno sanitario para su buena disposición.



**Figura 17.** Fosa de sólidos del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

### *7. Sistema de protección a las lagunas.*

El sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón se encuentra muy cerca del Río San Isidro (aproximadamente 50 m) y no tiene un sistema de protección, originando que durante las crecidas, el río se acerque aún más, poniendo en riesgo la infraestructura al provocar una posible ruptura de las lagunas, pues arrastra el material que separa el río de la PTAR.



**Figura 18.** Cercanía del Río San Isidro al sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

### **8. Limpieza de lodos sedimentados de las lagunas.**

La estructura de la PTAR evidencia daños causados por la extracción de lodos sedimentados mediante maquinaria. Durante la última limpieza de lodos del fondo de la laguna N° 1 (enero 2010) se realizó una vía de acceso para la maquinaria recolectora de lodos, una vez terminado el trabajo esta estructura de acceso se debe corregir, dejando la laguna con sus bordes libres y bien estructurados, el riesgo radica en que esta medida no fue tomada y se puso a trabajar nuevamente la laguna sin que las reparaciones se hicieran, con esta área irregular se presentan cortos circuitos impidiendo el paso libre del agua residual dentro de la laguna. En lo sucesivo es recomendable realizar las reparaciones y mantener la infraestructura una vez concluidos los trabajos.

### **9. Condiciones y estado de las lagunas.**

Se observan daños en la infraestructura de las lagunas, ya que como se indica con anterioridad el tiempo en uso es uno de los factores, además del incremento en la población tanto vegetativa como demográfica en la población. Es de suma importancia que el sistema de tratamiento posea una infraestructura en óptimas condiciones con el fin de evitar la entrada de materiales o evitar infiltraciones del agua residual. Es por ello que cualquier daño debe ser reparado y mantener control y vigilancia sobre las averías que emergen nuevamente, con el fin de mantener siempre las condiciones óptimas y el sistema no vea afectada su eficiencia.



**Figura 19.** Daños en la infraestructura de las lagunas del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

### ***10. Control de los sólidos suspendidos.***

Para el control de sólidos que se suspenden en las lagunas facultativas se utilizan chorros ocasionales de agua a presión, en la PTAR de Pérez Zeledón se cuenta con llaves de paso para este fin, el riesgo radica en que estas llaves solo se encuentran en un lado de las lagunas mientras que los sólidos suspendidos se encuentran a lo largo de toda el área de la laguna, provocando malos olores y son soporte para la proliferación de mosquitos, es decir los operadores deben esperar hasta que los sólidos sean arrastrados por los vientos y queden en el alcance. Una de las medidas que se podrían adoptar es instalar llaves alrededor de toda la laguna con el fin de aumentar el alcance del tratamiento de sólidos con chorros ocasionales, o implementar un sistema de barredores que dirija estos sólidos suspendidos a un lugar de fácil extracción y posterior tratamiento.



**Figura 20.** Llaves de paso para el control de sólidos suspendidos en el sistema lagunar de agua residual de Pérez Zeledón.

## **ASPECTOS DE OPERACIÓN**

### ***1. Manual de operación para los trabajadores.***

Al momento de la investigación no se contaba con el manual de operación y mantenimiento en la oficina de los operadores. Aunque su uso sea de suma importancia en la orientación del operador en la realización de sus trabajos además de brindarle conocimiento básico sobre acciones correctivas que pueden ser adoptadas para el control de situaciones de mal funcionamiento de la planta. Es preciso que todo sistema de tratamiento cuente con su respectivo manual de operación y mantenimiento, además procurar que tenga fácil acceso y disposición para los operadores y funcionarios del sistema.

### ***2. Capacitación a los trabajadores (en las redes y en la planta).***

Los operadores poseen conocimientos en su campo laboral, pero este conocimiento debe ser reforzado con capacitaciones continuas con el fin de brindarles todas las herramientas y conocimientos extras actualizados, necesarios para que realicen sus labores de la mejor forma, además de brindar información nueva y de punta.

### ***3. Manejo de los sólidos en la salida de las lagunas.***

El agua de salida de la PTAR va acompañada de sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos en las salidas del sistema de tratamiento aportan altas concentraciones de carga orgánica, lo cual a la hora de realizar los muestreos y obtener los resultados estos salen con parámetros elevados a causa de este aporte, es necesario evitar a toda costa el arrastre de sólidos en la salida, que se puede lograr con el buen funcionamiento de accesorios en forma de “T” que impidan la salida de materiales en la superficie del agua.

#### ***4. Cortos circuitos o puntos muertos en las lagunas.***

Uno de los factores que generan problemas a las lagunas de oxidación son los cortos circuitos (figura 21), esos fenómenos se presentan cuando el flujo de agua tiende a estancarse en un lugar y crea movimientos que no son lineales (entrada hacia salida), cuando hay cortos circuitos se presentan malos olores y se disminuye la eficiencia del sistema, es importante realizar mejoras en la infraestructura para evitar que se presenten estos fenómenos, las mejoras consisten en hacer que el flujo de agua sea lineal, implementando más entradas de agua a la laguna o respetando una relación de largo-ancho de 4 a 1 como mínimo, con esto se mejora el transporte hidráulico dentro de la laguna.



**Figura 21.** Cortos circuitos presentes en el sistema de tratamiento de Pérez Zeledón.

#### ***5. Mediciones de caudal en la salida***

Las mediciones de caudal en la salida del sistema permiten mantener un mejor control en el tratamiento, ya que se puede comparar los datos de entrada contra los de salida, además con la medición de caudal a la salida se puede notar si existen infiltraciones y contabilizar cuanto volumen se está perdiendo, o por el contrario se puede notar si existen entradas de aguas subterráneas e igualmente contabilizarlas. Los datos de salida del sistema permiten obtener resultados que evidencien deficiencias en el sistema y

tomar las medidas correspondientes para el control de estos problemas, con el fin de mantener la mayor eficiencia en el tratamiento.



**Figura 22.** Salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

### *5. Eficiencia del sistema de tratamiento*

Durante los recorridos de campo en la PTAR se encontraron un sinnúmero de riesgos que afectan la eficiencia del sistema de tratamiento, en la tabla 9 se puede observar los porcentajes de eficiencia de remoción de Carga Orgánica (mgDBO/L) de los últimos 4 muestreos trimestrales que realiza el LNA (anexo 7), los cuales no sobrepasan el 75% de eficiencia. Controlando cada uno de los riesgos encontrados en el sistema y haciendo mejoras en la infraestructura se puede aumentar estas eficiencias, con el fin de cumplir con la legislación nacional y además darle un tratamiento eficiente a las aguas residuales y si reducir su impacto en el medio ambiente.

**Tabla 9.** Eficiencia de remoción de carga orgánica (DBO) del sistema de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

<b>Fecha</b>	<b>dic-2010</b>	<b>feb-2011</b>	<b>jun-2011</b>	<b>ago-2011</b>
<b>DBO entrada (mg DBO/L)</b>	260	308	315	190
<b>DBO salida (mg DBO/L)</b>	73	139	104	102
<b>BBO removido (mg DBO/L)</b>	187	169	211	88
<b>% eficiencia</b>	72	55	67	46
<b>Eficiencia promedio</b>	60 %			

En la tabla 9 se observa la eficiencia que ha tenido la PTAR en los últimos 4 muestreos (Anexo 7) y según los reportes operacionales de la planta el caudal de entrada es de 20 l/s en promedio, observamos que la eficiencia máxima alcanzada es de un 72% , obteniéndose en promedio un 60%, esto nos indica que el sistema de tratamiento no es eficiente y que se pueden hacer mejoras que aumenten ésta, para lo cual se considera importante realizar algunas propuestas de rediseño del sistema de tratamiento. En la actualidad no es posible medir el caudal de entrada y salida para cada laguna, por lo cual es necesario hacer una estructura de medición de caudal.

Para el rediseño se asume que en cada laguna el volumen que ingresa es el 50% del total que entra a la planta, para así tener mayor control y expresar la eficiencia de cada laguna por separado. Se verificó el diseño con la información recolectada, dando como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 10.** Verificación del diseño actual del sistema de tratamiento de agua residual de Pérez Zeledón.

Qentrada SISTEMA 1 <i>m<sup>3</sup>/día</i>		Qentrada SISTEMA 2 <i>m<sup>3</sup>/día</i>		DBO EN AR <i>mg DBO/L</i>											
857,5		857,5		270											
SISTEMA 1															
<i>Lagunas</i>	% <i>Eficiencia</i>	<i>DBO<sub>e</sub></i>	<i>COS (kg DBO / ha*día)</i>	<i>h</i>	$4 < r=(l/a)$	<i>Q<sub>e</sub> x laguna</i>	<i>CO (m<sup>3</sup>/día)</i>	<i>A(m<sup>2</sup>)</i>	<i>a</i>	<i>l</i>	<i>V (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Tr (día)</i>	<i>DBO salida</i>	<i>COS x laguna</i>	
<i>FACUL</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>270</i>	<i>250</i>	<i>1,66</i>	<i>2,12</i>	<i>857,5</i>	<i>337,5</i>	<i>11315</i>	<i>73</i>	<i>155</i>	<i>18782,9</i>	<i>22</i>	<i>108</i>	<i>92,6</i>
SISTEMA 2															
<i>Lagunas</i>	% <i>Eficiencia</i>	<i>DBO<sub>e</sub></i>	<i>COS (kg DBO / ha*día)</i>	<i>h</i>	$4 < r=(l/a)$	<i>Q<sub>e</sub> x laguna</i>	<i>CO (m<sup>3</sup>/día)</i>	<i>A(m<sup>2</sup>)</i>	<i>a</i>	<i>l</i>	<i>V (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Tr (día)</i>	<i>DBO salida</i>	<i>COS x laguna</i>	
<i>FACUL</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>270</i>	<i>250</i>	<i>1,98</i>	<i>1,1</i>	<i>857,5</i>	<i>337,5</i>	<i>13500</i>	<i>100</i>	<i>110</i>	<i>26730</i>	<i>21</i>	<i>108</i>	<i>92,6</i>



Para el sistema 1 actual, que consta de una laguna facultativa, fueron rediseñadas tres lagunas con las siguientes características: una anaerobia, con una eficiencia conservadora del 45% y dos facultativas con eficiencias (conservadoras) del 70 %, la diferencia radica en que se pasa de un sistema sencillo (con 60 % de eficiencia de remoción de DBO) a un sistema de lagunas en serie, por lo cual se aumenta la eficiencia de remoción de carga orgánica (DBO) del sistema 1 en general a 95,04 %. Para el sistema 2 actual se desea hacer un sistema en paralelo dividiendo la laguna en 2 y aumentando la eficiencia a un 85 %.

**Tabla 11.** Rediseño del sistema de tratamiento lagunar de AR de Pérez Zeledón con los parámetros de ingreso actuales.

Qe SISTEMA 1 <i>m3/día</i>		857,5	Qe SISTEMA 2 <i>m3/día</i>		857,5	DBO EN AR <i>mg DBO/L</i>		270							
<b>SISTEMA 1</b>															
Lagunas		Eficiencia %	DBO <sub>e</sub>	COS (kg DBO / ha*día)	h	4< r=(l/a)	Qe x laguna	CO (m3/día)	A(m2)	a	l	V (m3)	Tr (día)	DBO salida	COS x laguna
ANA	1	45	270	2000	3	4	857,5	231,525	1157,63	17	68	3472,8 75	4	149	127
FACUL	1	70	148,5	250	2	4	857,5	127,33875	5093,55	36	143	10187, 1	12	44,6	38,2
FACUL	1	70	44,55	250	2	4	857,5	38,201625	1528,07	20	78	3056,1 3	4	13,4	11,5
<b>SISTEMA 2</b>															
Lagunas		Eficiencia %	DBO <sub>e</sub>	COS (kg DBO / ha*día)	h	4< r=(l/a)	Qe x laguna	CO (m3/día)	A(m2)	a	l	V (m3)	Tr (día)	DBO salida	COS x laguna
ANA	2	85	270	250	2	4	214,37 5	57,88125	2315,25	24	96	4630,5	22	40,5	8,68

Se procedió a realizar el cálculo del rediseño, tomando en consideración un crecimiento eventual de la población que usan el alcantarillado sanitario aproximada al 45% de la (12000), aumentando el caudal de entrada de 1715 m<sup>3</sup>/día a 2500 m<sup>3</sup>/día (1250 m<sup>3</sup>/día por sistema) y la concentración de DBO de 270 mgDBO/L a 300 mgDBO/L. Para el sistema 1 se mantiene las eficiencias por laguna (95,04 % en total para el sistema). Para el sistema 2 se diseña con la eficiencia de un 86 % con la cual se logra que las aguas dispensadas cumplan con los parámetros establecidos en la legislación nacional.

**Tabla 12.** Rediseño del sistema de tratamiento lagunar de AR tomando en cuenta un crecimiento poblacional y de usuarios del alcantarillado sanitario de Pérez Zeledón.

Qe SISTEMA 1 m <sup>3</sup> /día		1250		Qe SISTEMA 2 m <sup>3</sup> /día		1250		DBO EN AR mg DBO/L		300					
<b>SISTEMA 1</b>															
Lagunas		Eficiencia %	DBO <sub>e</sub>	COS (kg DBO / ha*día)	h	4 < r=(l/a)	Qe x laguna	CO (m <sup>3</sup> /día)	A(m <sup>2</sup> )	a	l	V (m <sup>3</sup> )	Tr (día)	DBO salida	COS x laguna
ANA	1	45	350	2000	3	4	1250	437,5	2187,5	23	94	6562,5	5	193	241
FACUL	1	70	192,5	250	2	4	1250	240,625	9625	49	196	19250	15	57,8	72,2
FACUL	1	70	57,75	250	2	4	1250	72,1875	2887,5	27	107	5775	5	17,3	21,7
<b>SISTEMA 2</b>															
Lagunas		Eficiencia %	DBO <sub>e</sub>	COS (kg DBO / ha*día)	h	4 < r=(l/a)	Qe x laguna	CO (m <sup>3</sup> /día)	A(m <sup>2</sup> )	a	l	V (m <sup>3</sup> )	Tr (día)	DBO salida	COS x laguna
ANA	2	86	350	250	2	4	625	218,75	8750	47	187	17500	28	49	30,6

Una vez calculados los rediseños del sistema de tratamiento se procede a hacer una comparación de áreas y volúmenes, para observar si la disponibilidad de terreno favorece la construcción de los sistemas nuevos.

**Tabla 13.** Áreas y volúmenes de los rediseños y sistema actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pérez Zeledón.

	Diseño Actual		Rediseño con datos actuales		Rediseño con datos tomando en cuenta el crecimiento poblacional	
	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Sistema 1	11315	18782,9	7779,25	16716,105	14700	31587,5
Sistema 2	13500	26730	4630,5	9261	17500	35000
TOTAL	24815	45512,9	12409,75	25977,105	32200	66587,5

En la tabla 13 se puede observar como el rediseño con los parámetros que ingresan a la planta actualmente se podría construir en el área que ocupa el sistema presente, pues sus dimensiones son menores. Para el rediseño que toma el crecimiento poblacional se puede ver que los dos sistemas de lagunas necesitan una mayor área, por lo cual este sistema muy difícilmente podría construirse en la superficie actual.

## MEDIDAS DE CONTINGENCIA

### *A. Educación / sensibilización de los usuarios*

La idea es promover el buen uso del alcantarillado sanitario y la importancia de la preservación del sistema de tratamiento por medio de planes de educación. Por lo cual se generó un brouchure (figura 24 y figura 25) con información para colegios, escuelas, comercios, industria y para la población en general.

**Qué son aguas Residuales?**

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). Comúnmente las aguas residuales suelen clasificarse en base al contenido de contaminantes que esta contiene.

- Aguas negras a las Aguas Residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales
- Aguas grises a las Aguas Residuales provenientes de tinas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.
- Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.



**AyA Región Brunca**

Plan de seguridad de agua residual

Pérez Zeledón



**Plan de seguridad de aguas residuales PZ.**

"El agua es vida, cuidémosla"

Plan de seguridad de agua residual

**Figura 24.** Lado A de brouchure con información del plan de seguridad agua residual.

### Plan de seguridad de agua residual

Lo que se desea alcanzar con la implementación del plan es la evaluación y control de los riesgos en el sistema de aguas residuales integrando a los entes generadores y población en conjunto con AyA, así como un ordenamiento en los procesos mediante registros mejor estructurados, para mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento y tener descargas de aguas residuales que cumplan con los parámetros de contaminación establecidos en la legislación nacional. Mejorando la educación en la población se puede contribuir a realizar los cambios esperados.



### Cómo ayudar a disminuir el agua residual?

#### Ahorrando agua potable

-  No demores en la regadera.
-  Cierra la llave mientras te cepillas los dientes.
-  Repara las fugas y filtraciones en llaves y tuberías.
-  Lava los trastes en una bandeja con agua y no bajo la llave.
-  Ajusta el nivel de agua en la lavadora.
-  Lava el carro con cubeta y esponja, no con manguera.
-  Riega el jardín por la mañana temprano o cerca de la noche.
-  No juegues con el agua.

Fuente: <http://www.cuidoelagua.org>

### Cómo ayudar a mejorar la calidad del agua residual?

#### Buenas prácticas en el hogar

- ⇒ No agregar grasas y aceites en el agua de desecho al lavar platos.
- ⇒ Las conexión de aguas de lluvia del hogar no deben ir al alcantarillado sanitario.
- ⇒ No agregar contaminantes como lo son pinturas, diluyentes, aceites de motor, gasolina y otros, en las aguas residuales.
- ⇒ Poner los residuos de alimentos y sobrantes de comida en el basurero y no por el agua de desecho.
- ⇒ Reducir la cantidad de detergentes y blanqueadores utilizados en el lavado de ropa.
- ⇒ Transmitir el mensaje de buenas prácticas a la población y en los hogares.

**AyA Región Brunca**  
Plan de seguridad de agua residual

**Figura 25.** Lado B de brouchure con información del plan de seguridad agua residual.

Las medidas de educación se estarán aplicando de la siguiente forma:

### 1. Charlas en colegios y escuelas.

Es importante generar conciencia desde las escuelas y colegios mediante programas educativos que informen y brinden conocimiento a los niños y jóvenes sobre la importancia del PSAR en su casa, centro de estudio y de la ciudad en general. De esta forma fomentar a que estos niños lleven el mensaje hasta sus hogares para así prevenir desde los hogares los riesgos que alteran la calidad del agua residual.

### 2. Exposiciones con los principales gremios - EGAR.

Al existir gran cantidad en el sector comercio e industria de entes generadores, es de vital importancia concienciar y educar sobre el buen manejo del agua residual. Es muy difícil

llegar a cada ente por separado a brindar información o la que llega no genera el impacto deseado, razón por la cual es necesario transmitir por medio de exposiciones a los principales gremios y de ahí dirigirla a los dueños de los negocios o servicios generadores de agua residual.

## ***B. Mejoras en infraestructura y control.***

### **1. Reparación de averías.**

Para lograr un aumento en la eficiencia del sistema de recolección y transporte de AR es necesario que la identificación y reparación de averías sea inmediata en todo el sistema. Además es necesario que se realice un mayor control y una creación de base de datos para identificar las zonas conflictivas del sistema, con el fin de controlar, establecer acciones y evitar la aparición de nuevas averías.

### **2. Implementación de mejoras.**

Al realizar una evaluación en el estado actual del sistema de tratamiento y alcantarillado se pueden evidenciar que hay muchas opciones de mejoras que se pueden aplicar para aumentar su eficiencia, es necesario realizar todos los estudios de viabilidad económica e implementar estas opciones, que en algunos de los casos son simples pero con enormes resultados.

### **3. Control de calidad de las aguas residuales que se descargan al alcantarillado.**

El ente encargado del sistema de alcantarillado y tratamiento de las AR de la ciudad de Pérez Zeledón debe conocer la calidad del agua que está recibiendo y quién es el generador, con esto se logra identificar a los usuarios y facilita el proceso de vigilar cuando se está incumpliendo con la legislación nacional, de esta forma tomar las medidas necesarias y controlar el problema de forma inmediata.

#### **4. Control de adición de sustancias no permitidas al alcantarillado sanitario.**

Es necesario que AyA tenga mayor control sobre las descargas de aguas pluviales y lograr que no se adicionen estas aguas en el alcantarillado sanitario. Otra sustancia que representa riesgo es las descargas de aceites e hidrocarburos tanto en pequeñas como en grandes cantidades y un sinnúmero de productos contaminantes y tóxicos utilizados en la industria en general.

## **V. CONCLUSIONES**

- Falta educación para dar a conocer el buen uso del sistema de generación, recolección y tratamiento de las aguas residuales, dirigida a la comunidad usuaria de la red de alcantarillado y sistema de tratamiento.
- El HEP se considera un Ente con riesgos significativos para el sistema de tratamiento por su volumen de agua dispensado y el tipo de contaminantes que pueden aportar al sistema de AR.
- El Mercado Municipal es otro Ente con riesgos significativos para el sistema de tratamiento de AR por sus altas concentraciones de contaminantes (DBO, GyA) que sobrepasan los niveles permitidos en la legislación nacional.
- El sistema de recolección, transporte y tratamiento presenta graves problemas causados por la disposición de aguas pluviales en el alcantarillado sanitario.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales de PZ posee grandes deficiencias en diseño, construcción y operación que afectan la eficiencia de remoción de contaminantes.
- Existe el 21,5 % de la población que poseen alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, el restante 78,5% cuentan con tanque séptico o ningún tratamiento.
- AyA está en constante vigilancia y control de la presencia de aguas de lluvia y averías en el alcantarillado, pero este control se debe reforzar para evitar que se presenten.
- La PTAR ya cumplió su vida útil de diseño, por lo cual hay que volver a rediseñar el sistema para que pueda hacer un buen tratamiento que cumpla con la legislación y soporte la carga de contaminación que ingresa.
- Dentro de la planta de tratamiento no se encontró el manual de operación y mantenimiento de las lagunas, ni procedimientos para los operadores.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios sobre la calidad del AR de otros EGAR para tener una visión más amplia de los generadores de AR, y así poder exigir los respectivos reportes operacionales y poder llevar un control sobre las descargas por Ente, para establecer los controles en la red y en la planta.
- El ente administrador y operador debe exigir a todos los EGAR la instalación de trampas de grasa/desarenadores para evitar problemas en el sistema de recolección y tratamiento de las AR por la presencia de agentes contaminantes como: grasas, aceites y sólidos que afectan la calidad del agua residual.
- El ente administrador y operador de Pérez Zeledón debe poseer un laboratorio especializado en análisis de aguas potables y residuales que le preste servicios a la zona, con el fin de hacer análisis y resultados más oportunos y así tener un mayor control de la calidad del agua residual que se recibe en el sistema de recolección y tratamiento.
- AyA debe implementar el Manual de Operación y Mantenimiento y reunirse con los operadores de la planta de tratamiento de AR para realizar un manual de procedimientos de labores, así como capacitarlos para que ayuden a controlar factores de riesgos del sistema.
- El ente administrador y operador debe crear una política mediante la cual se obliga a los EGAR a la presentación de los informes operativos. para establecer el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales (Anexo 5).
- AyA debe brindar un sistema de alcantarillado a zonas que no lo posean para así ofrecer el servicio a mayor población y tratar mayor cantidad de aguas residuales.
- Se deben realizar medidas o mejoras al sistema de tratamiento de AR en forma inmediata para mejorar su eficiencia. Facilitar mayor información dirigida a los EGAR como todos los usuarios en general sobre la importancia del sistema de generación, recolección y tratamiento de las aguas residuales de una población concentrada.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Metcalf & Eddy, **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**, 4 International Edition 2004, McGraw Hill.
2. Alvarado, D. **Sinopsis Histórica del Abastecimiento Primitivo de Agua para la Ciudad de San José**. Ministerio De Ambiente y Energía Instituto Meteorológico Nacional Departamento de Aguas. Agosto, 2004.
3. Organización Mundial de la Salud (OMS). **Guías para la calidad del agua potable**. 3ra.edicion, 2004.
4. Carlos Menéndez Gutiérrez y Jesús M. Pérez Olmo. **Procesos para el tratamiento de aguas residuales**. Ciudad de La Habana: Editorial Félix Varela - Editorial Universitaria, 2007. ISBN 978-959-16-0619-8.
5. República de Costa Rica. Sistema Costarricense de Información Jurídica Ley. N°5395 **Ley General de Salud del 30 de octubre de 1973**. Disponible en: [http://www.pgr.go.cr/Scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_repartidor.asp?para1=NRM&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=7006&param2=1&strTipM=FN&1Resultado=2&strSim=simp](http://www.pgr.go.cr/Scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_repartidor.asp?para1=NRM&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=7006&param2=1&strTipM=FN&1Resultado=2&strSim=simp)
6. República de Costa Rica. Sistema Costarricense de Información Jurídica. N° 33601 **Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales**. Disponible en: [http://www.pgr.go.cr/Scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_repartidor.asp?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=66410&strTipM=TC](http://www.pgr.go.cr/Scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_repartidor.asp?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=66410&strTipM=TC)
7. CEPIS. **Criterios diseño de plantas potabilizadoras de agua**, tomo V.(1992)
8. **Conceptos básicos de análisis cuantitativo**, tomado de: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.
9. **Lagunaje**. Visitado el 2 de marzo del 2011 de: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.
10. Clesceri, L; Eaton, A; Greenberg, A; Rice, E. **“Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 21 st edition, USA: APHA, AWWA WEP, American Public Health Association, 2005. pp 5-3. Método 2540, 5210, 5220B, 5520.

11. AyA. **Diagnóstico de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la Región Brunca.** 2010.
12. Araya A.G. 2002. **Caracterización de las Aguas Residuales de San Isidro de Pérez Zeledón y Mejoras al Sistema de Tratamiento Biológico.** Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil. San José, Universidad de Costa Rica.
13. **Lagunas de estabilización: ¿por qué no usarlas?**, tomado el 5 de abril del 2011 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/ar1999/mendonza.pdf>.
14. Morales Bernardo. **Estudio ambiental de las aguas residuales en la planta de tratamiento del residencial Manuel de Jesús Jiménez,** 2008.
15. Juanico - Consultores Ambientales Ltd. 2008. **Nuevos conceptos para el diseño avanzado de lagunas de estabilización.** Visitado el 4 de abril del 2011 de: <http://www.juanico.co.il/Main%20frame%20-20Spanish/Issues/Lagunas%20de%20estabilizacion%20modernas.htm>.
16. **La operación y mantenimiento de las lagunas.** Visitado el 5 de noviembre del 2010 de: <http://www.cepis.org.pe/bvsacd/acodal42/operacion.pdf>.
17. Deloya Martínez, Alma. **Cumplimiento de la normativa en el sistema de tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tecnología en Marcha, Tecnología en Marcha,** Vol. 22, N.º 1, Enero-Marzo 2009, pp. 50-56. Visitado el 6 de abril del 2011 de: [http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial\\_tecnologica/Revista\\_Tecnologia\\_Marcha/pdf/tecnologia\\_marcha\\_22-1/50-56.pdf](http://www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/Revista_Tecnologia_Marcha/pdf/tecnologia_marcha_22-1/50-56.pdf)
18. **Aguas Residuales y Tratamiento de Efluentes Cloacales.** Visitado el 11 de noviembre del 2011 de:

## VIII. ANEXOS

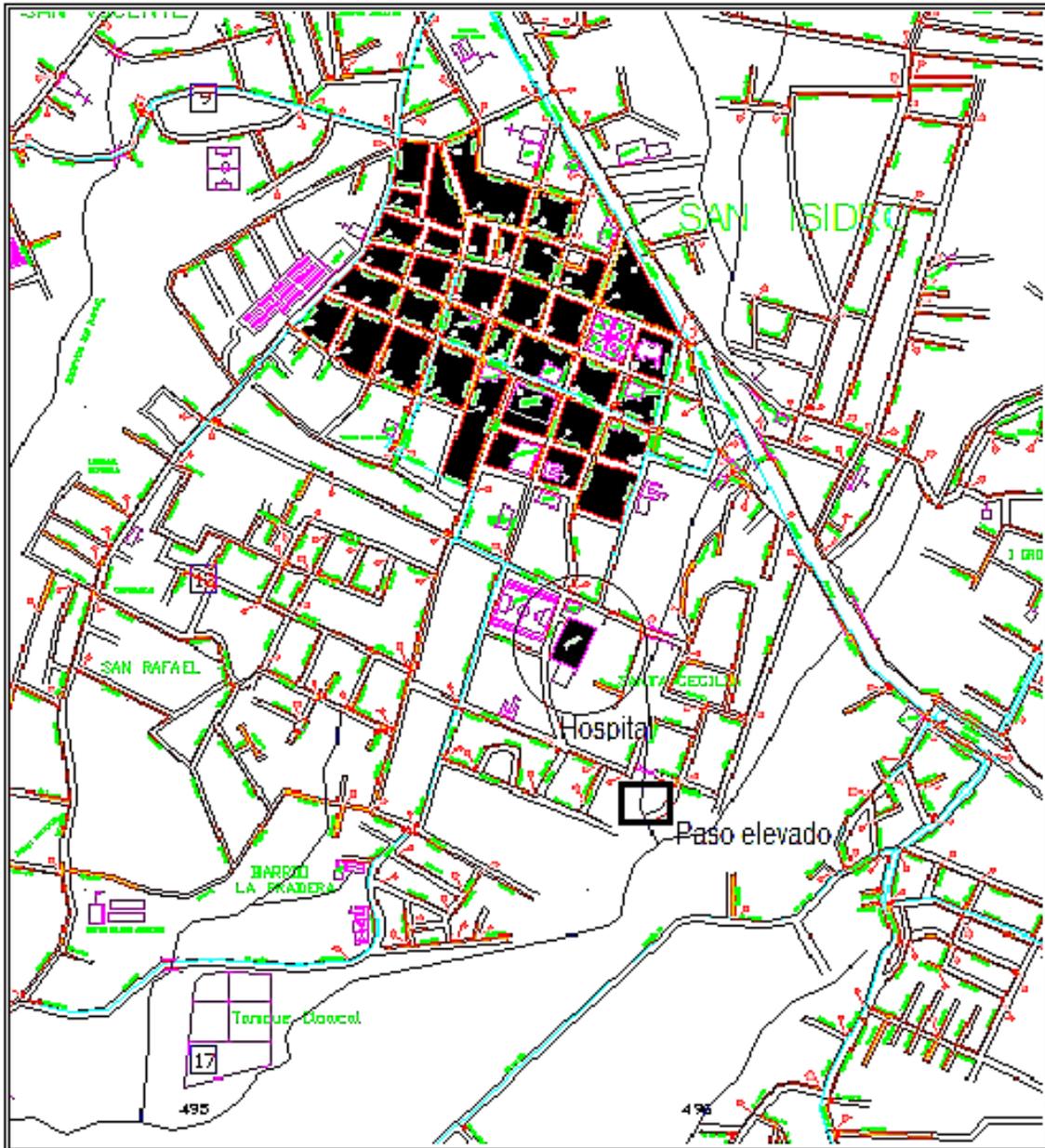
### Anexo 1. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA INVENTARIO DE LOS ENTES GENERADORES

<b>INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS</b>	
	<b>OFICINA CANTONAL DE PÉREZ ZELEDÓN</b>
	<b>SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b>
	<b>INVENTARIO DE ENTES GENERADORES DE AGUAS RESIDUALES</b>

FECHA DE VISITA:				NIS:			
<b>1- DATOS DEL ABONADO</b>							
NOMBRE COMPLETO				CED. O PASAPORTE		TELEFONO	
TIPO DE ENTE GENERADOR				NOMBRE DEL LOCAL			
UBICACION				DIRECCION EXACTA			
<b>2- DATOS DEL ALCANTARILLADO SANITARIO</b>							
EN USO		MATERIAL DE LA VIA				MATERIAL DE LA ACERA	
SI	NO	CONCRETO	ASFALTO	LASTRE	OTRO	CONCRETO	OTRO
<b>3- CARACTERIZACION DE LAS AGUAS</b>							
CLASIFICACION DEL AGUA RESIDUAL				TIPO DE TARIFA			
ORDINARIA	ESPECIAL	GOBIERNO	REPRODUCTIVA	ORDINARIA	PREFERENCIAL	DOMICILIAR	
AGUAS RESIDUALES CON PRESENCIA DE:				REPORTE OPERACIONAL			
GRASAS Y ACEITES	MATERIA FLOTANTE	MALOS OLORES	OTROS	SI	NO	VOLUMEN (m3)	
<b>4- TRATAMIENTO PRELIMINAR</b>							
TRAMPAS DE SOLIDOS		TRAMPAS DE GRASAS		PLANTA DE TRATAMIENTO		MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	
SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
						FRECUENCIA (MESES)	

Observaciones :

**Anexo 2. ZONA DE ESTUDIO DENTRO DEL PLANO DIGITAL DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE PÉREZ ZELEDÓN.**



La zona de estudio resaltada en color oscuro posee la mayor concentración de entes generadores (se contabilizan 939 entes generadores conectados al alcantarillado estudiados que equivalente a un 30 % del total de entes generadores usuarios del alcantarillado sanitario), es importante recalcar que se toman lugares de importancia (Hospital y paso elevado) fuera de la zona central de estudio.

**Anexo 3. ESTUDIO DE ENTES GENERADORES DE AGUA RESIDUAL DE PEREZ ZELEDON.**

**Tabla 14.** Entes generadores dentro de la zona central de estudio en la ciudad de Pérez Zeledón.

<b>Tipo de Ente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Tipo de Tarifa</b>	<b>Clasificación del Agua Residual</b>	<b>Tipo de Contaminante</b>
<b>Expendido de Agrícola</b>	5	0,57%	Ordinaria	Ordinaria	agroquímicos
<b>Consultorios Médicos</b>	7	0,79%	Ordinaria	Ordinaria	biológica y radioactiva
<b>Clínicas Dentales</b>	20	2,27%	Reproductiva	Ordinaria	biológica y radioactiva
<b>Clínicas Medicas</b>	2	0,23%	Reproductiva	Ordinaria	biológica y radioactiva
<b>Veterinaria</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	biológico
<b>Tiendas de Mascotas</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	biológico
<b>Laboratorios</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	biológico
<b>Expendido de Pollos</b>	2	0,23%	Reproductiva	Ordinaria	biológico
<b>Carnicerías</b>	9	1,02%	Reproductiva	Especial	biológico y grasas
<b>Marisquería</b>	1	0,11%	Reproductiva	Especial	biológico y grasas
<b>Casas Habitacionales</b>	282	32,01%	Domiciliar	Ordinaria	Grasas y aceites
<b>Sodas y Cafeterías</b>	30	3,41%	Reproductiva	Especial	Grasas y aceites
<b>Bares y Restaurantes</b>	26	2,95%	Reproductiva	Especial	Grasas y aceites
<b>Centros Educativos</b>	7	0,79%	Preferencial-Gobierno	Ordinaria	Grasas y aceites
<b>Hoteles</b>	6	0,68%	Ordinaria	Ordinaria	Grasas y aceites
<b>Vidrios</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	Grasas y aceites
<b>Motos y Repuestos</b>	11	1,25%	Ordinaria	Ordinaria	Hidrocarburos y aceites
<b>Gasolineras</b>	3	0,34%	Reproductiva	Especial	Hidrocarburos y aceites
<b>Taller de Motosierras</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	Hidrocarburos y aceites
<b>Ciclos</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	Hidrocarburos y aceites

*Plan de seguridad de aguas residuales para la ciudad de Pérez Zeledón, Escuela de Química, Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2011.*

<b>Lavacar</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	Hidrocarburos y aceites
<b>Salas de Belleza</b>	31	3,52%	Reproductiva	Ordinaria	Química
<b>Farmacias</b>	12	1,36%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Expendido de Pinturas</b>	7	0,79%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Ferreterías</b>	6	0,68%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Muebles</b>	5	0,57%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Supermercado</b>	5	0,57%	Reproductiva-Ordinal	Ordinaria	Química
<b>Centros de fotocopiado</b>	4	0,45%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Venta de Baterías</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Lavanderías</b>	2	0,23%	Reproductiva	Ordinaria	Química
<b>Estañonera</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	Química
<b>Tiendas y Zapaterías</b>	143	16,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Bazares</b>	22	2,50%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Talleres Electrónicos</b>	15	1,70%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Entes Financieros</b>	14	1,59%	Ordinaria- Gobierno	Ordinaria	NRR
<b>Joyerías y Relojerías</b>	12	1,36%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Almacenes</b>	12	1,36%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Celulares y Accesorios</b>	12	1,36%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Oficina Administrativa</b>	12	1,36%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Panaderías</b>	9	1,02%	Reproductiva	Especial	NRR
<b>Librerías</b>	9	1,02%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Ópticas</b>	8	0,91%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Telas y Cortinas</b>	7	0,79%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Café Internet</b>	7	0,79%	Ordinaria	Ordinaria	NRR

*Plan de seguridad de aguas residuales para la ciudad de Pérez Zeledón, Escuela de Química, Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2011.*

<b>Juegos y Juguetes</b>	7	0,79%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Abastecedores</b>	6	0,68%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Fotos</b>	6	0,68%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Macrobióticas</b>	5	0,57%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Contabilidad</b>	5	0,57%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Entes Municipales</b>	4	0,45%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Heladerías</b>	4	0,45%	Reproductiva	Ordinaria	NRR
<b>Parqueos</b>	4	0,45%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Suplidoras de Belleza</b>	4	0,45%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Casas de empeño</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Topografía</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Pasamanería</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Verdulería</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Video Club</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Floristería</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Pañalera</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Toldos y Bordados</b>	3	0,34%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Ortopédicas</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Seguridad</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Oficinas de Seguros</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Funerarias</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Terminal de Bus</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Distribuidoras</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Agencias de Viajes</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Manisera</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR

*Plan de seguridad de aguas residuales para la ciudad de Pérez Zeledón, Escuela de Química, Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2011.*

<b>Concentrados</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Club de Nutrición</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Venta de Plásticos</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Apartamentos</b>	2	0,23%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Venta de Lotería</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Tatuajes</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Distribuidor de Gas</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Artículos de Sonido</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Artesanías</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Armería</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Fábrica de Tortillas</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>Licorera</b>	1	0,11%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
<b>TOTAL</b>	881	100,00%			
<b>*NRR(no representa riesgo)</b>					

**Tabla 15.** Análisis del Hospital Escalante Pradilla como ente generador

<b>Tipo de Ente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tipo de Tarifa</b>	<b>Clasificación del Agua Residual</b>	<b>Contaminación</b>
<b>Hospital</b>	<b>1</b>	<b>Preferencial</b>	<b>Especial</b>	<b>Biológica y radioactiva</b>

**Tabla 16.** Entes generadores del Mercado Municipal de Pérez Zeledón.

<b>Tipo de Ente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Tipo de Tarifa</b>	<b>Clasificación del Agua Residual</b>	<b>Tipo de Contaminante</b>
Expendido de pollos	2	3,51%	Reproductivo	Especial	Biológico
Carnicerías	12	21,05%	Reproductivo	Especial	biológico y grasas
Pescadería	3	5,26%	Reproductivo	Especial	Carga orgánica
Verdulería	9	15,79%	Ordinaria	Ordinaria	Carga orgánica
Servicios Sanitarios	2	3,51%	Ordinaria	Ordinaria	Coliformes
Quesos y especias	1	1,75%	Reproductivo	Ordinaria	Grasas
Bar y Restaurante	1	1,75%	Reproductivo	Especial	Grasas y aceites
Sodas y cafeterías	14	24,56%	Reproductivo	Especial	Grasas y Aceites
Abastecedor	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Bazar	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Distribuidor de bolsas	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Heladería	1	1,75%	Reproductivo	Ordinaria	NRR
Macrobiótica	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Manisera	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Panadería	1	1,75%	Reproductivo	Especial	NRR
Relojería	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Tienda	1	1,75%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Floristería	2	3,51%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Zapatería	2	3,51%	Ordinaria	Ordinaria	NRR
Conectados alcantarillado	57	100,00%			
*NRR(no representa riesgo)					

**Anexo 4. CONTROL DE AVERÍAS EN POZOS DE AGUAS RESIDUALES.**

	<p><b>INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS</b>  <b>OFICINA CANTONAL DE PÉREZ ZELEDÓN</b>  <b>SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b>  <b>CONTROL DE OBSTRUCCIONES EN ALCANTARILLADO</b></p>
---	--

Numero de Solicitud \_\_\_\_\_  
 Ubicación \_\_\_\_\_  
 Longitud entre pozos \_\_\_\_\_  
 Material de la tubería entre pozos \_\_\_\_\_  
 Diámetro \_\_\_\_\_  
 Forma \_\_\_\_\_

**EVALUACIÓN DE POZOS**

Inicial	# de pozo _____		
Estado físico	SI	NO	Observaciones
Tapas en buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Interior presenta sedimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grietas en la infraestructura interna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Existen conexiones de aguas pluviales visibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Obstrucciones causadas por grasas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Final	# de pozo _____		
Estado físico	SI	NO	Observaciones
Tapas en buen estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Interior presenta sedimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Grietas en la infraestructura interna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Existen conexiones de aguas pluviales visibles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Obstrucciones causadas por grasas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones de la avería

---



---



---



---



---



---

## **Anexo 5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS PARÁMETROS UNIVERSALES DE ANÁLISIS OBLIGATORIO DE AGUAS RESIDUALES**

### **Vertidas en alcantarillados sanitarios.**

#### *Parámetro Límite Máximo*

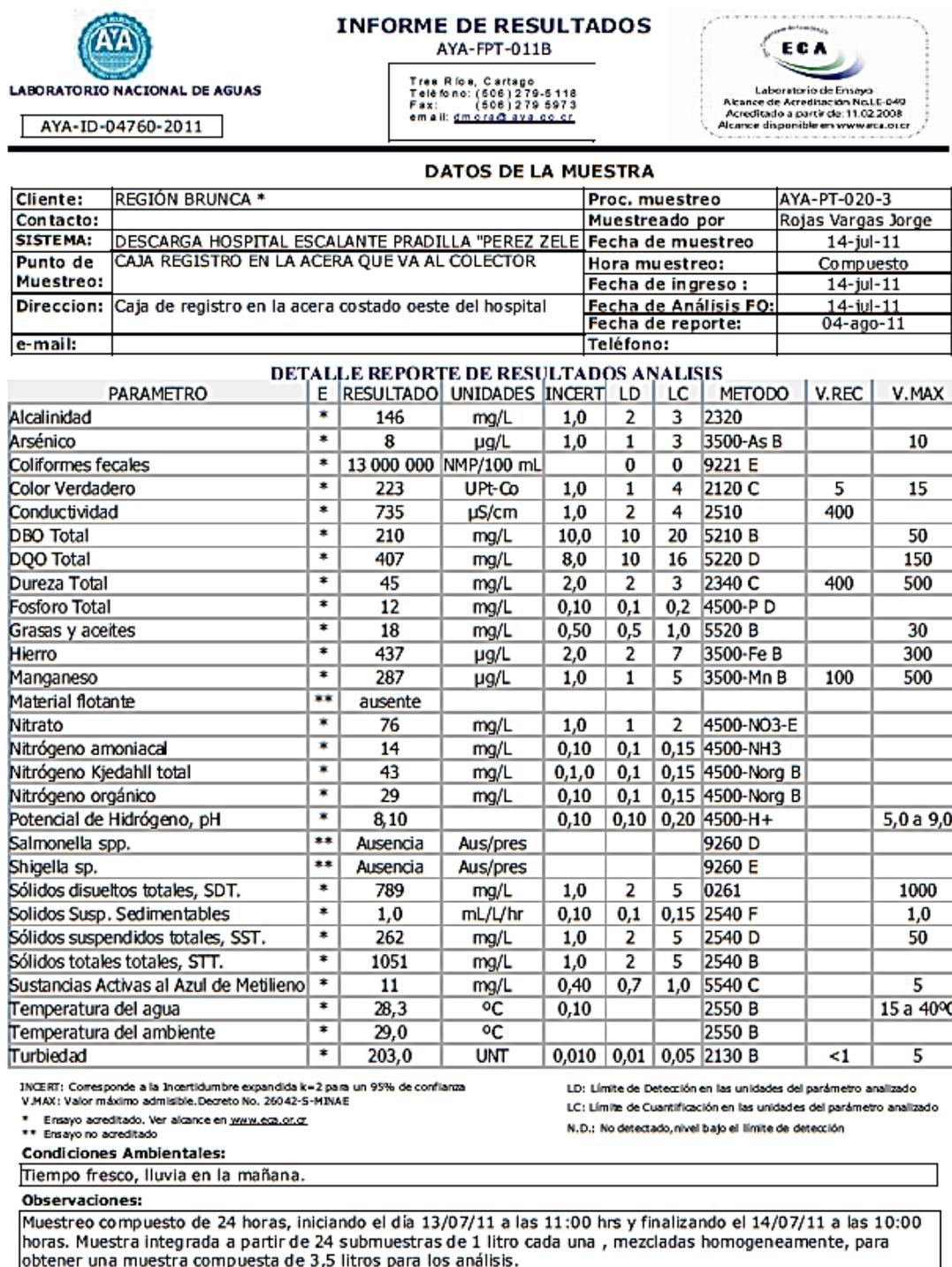
- $DBO_{5,20} = 300$  mg/L.
- $DQO = 750$  mg/L.
- Sólidos suspendidos = 300 mg/L.
- Sólidos sedimentables = 5 ml/L.
- Grasas/aceites = 50 mg/L.
- Potencial hidrógeno = 6 a 9.
- Temperatura =  $15^{\circ}C \leq T \leq 40^{\circ}C$ .
- Sustancias activas al azul de metileno = 5 mg/L.

### **Vertidas en un cuerpo receptor.**

#### *Parámetro límite Máximo*

- $DBO_{5,20} = 50$  mg/L.
- $DQO = 150$  mg/L.
- Sólidos suspendidos = 50 mg/L.
- Grasas/aceites = 30 mg/L.
- Potencial hidrógeno = 5 a 9.
- Temperatura =  $15^{\circ}C \leq T \leq 40^{\circ}C$ .
- Sólidos sedimentables = 1 mL/L.
- Sustancias activas al azul de metileno = 5 mg/L.

## Anexo 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL ESCALANTE PRADILLA REALIZADO POR EL LNA.



**Figura 26.** Informe de resultados de la descarga de aguas residuales de HEP de Pérez Zeledón.

## **Anexo 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO REALIZADO POR EL LNA.**

**Tabla 17.** Resultados de análisis de la calidad del agua residual de la planta de tratamiento de agua residual de Pérez Zeledón, realizados por el Laboratorio nacional de Aguas de Acueductos y alcantarillados.

PARAMETRO	Fecha de Muestreo								
	UNIDADES	08-dic-10		02-feb-11		30-jun-11		11-ago-11	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
Carbón orgánico total	mg/L	177	71	183	190				
Caudal	L/s	20,56				22,25			28,5
Coliformes fecales	NMP/100m L	11000000	4900000	49000000	2400000	7900000	490000	7000000	790000
Conductividad	µS/cm	270	184	705	531	526	396	489	385
DBO Disuelto	mg/L	148	49	118	86	168	54	123	54
DBO Total	mg/L	260	73	308	139	315	104	190	102
DQO Disuelto	mg/L	377	150	306	198	350	173	152	101
DQO Total	mg/L	576	212	715	598	743	367	259	223
Fósforo Total	mg/L	5,5	2,6	8	2,3	0,68	0,68	5	4,6
Grasas Y Aceites	mg/L	16	7,5	23	10	25	8	28	12
Materia Flotante									Ausente
Nitrato	mg/L	9	5	28	13	104	174	92	151
Nitrógeno amoniacal	mg/L	9	5	28	13	19	16	20	17
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	13	8	40	17	38	31	25	21
Nitrógeno Orgánico	mg/L	4	3	12	4	19	15	5	4
Oxígeno Disuelto	mg/L		2		2,3		2,7		2,8
Potencial de Hidrogeno, pH		7,27	7,68	7,1	7,66	6,9	6,96	7,17	7,12
Salmonella spp	Aus/Pres	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

**Plan de seguridad de aguas residuales para la ciudad de Pérez Zeledón, Escuela de Química, Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2011.**

Sólidos disuelto totales, SDT	mg/L	500	259	455	301	383	245	377	108
Sólidos Susp. Sedimentables	mL/L.hr	3	0,1	4	0,4	3	0,5	2	0,1
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	155	87	218	96	237	105	207	153
Sólidos totales totales	mg/L	655	346	673	357	620	350	584	261
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/L	12	5,3	18	8,3	18	10	19	11
Temperatura del agua	°C	25,3	25,3	27,6	26,4	24,5	25	26,5	27
Temperatura ambiente	°C	30	30	31	31	28	28	29	29

**Fuente:** Análisis de agua realizado por el LNA de AyA.

Nota: Los datos anteriores fueron tomados de los resultados de los análisis efectuados por parte del LNA que se realizan cada 3 meses a la PTAR, algunos datos faltantes no estaban presentes en el reporte otorgado.

**Anexo 8. MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SEGÚN EL ARTÍCULO 29  
DEL REGLAMENTO DE APROBACIÓN Y OPERACIÓN DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES N°31545-S-MINAE**



**LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA  
RESIDUAL DE PERÉZ ZELEDÓN**



## **INDICE**

<i>PERSONAL</i> .....	72
<i>EQUIPO</i> .....	72
<i>PUESTA EN MARCHA</i> .....	73
Recomendaciones de la puesta en marcha para un sistema de tratamiento de lagunas. ..	73
Especificación de puesta en marcha según el tipo de laguna.....	73
Lagunas anaerobias.....	73
Lagunas facultativas.....	73
<i>OPERACIÓN</i> .....	74
Indicaciones específicas para el tipo de lagunas. ....	75
<i>CONTROL OPERACIONAL</i> .....	75
Muestreo y análisis.....	75
<i>POSIBLES PROBLEMAS</i> .....	78
Problemas de Funcionamiento en Lagunas Anaerobias: .....	78
Aparición de malos olores.....	79
Aparición de coloraciones rosa o rojo en las lagunas.....	80
Desarrollo de mosquitos y otros insectos.....	81
Crecimiento de malas hierbas y plantas acuáticas.....	81
Problemas de Funcionamiento en Lagunas Facultativas y de Maduración: .....	82
Olores desagradables .....	82
Sobrecarga .....	82
La presencia de tóxicos en la alimentación .....	83
Reducción en la mezcla inducida por el viento. ....	83
<i>MANTENIMIENTO</i> .....	87
Mantenimiento en función de la frecuencia con que se realiza: .....	87
<i>DESECHOS</i> .....	88
<i>REPORTES OPERACIONALES</i> .....	88
<i>CONTENIDO DEL REPORTE OPERACIONAL</i> .....	89
1. <i>DATOS GENERALES</i> : .....	89
2. <i>DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</i> .....	91
3. <i>MEDICIÓN DE CAUDALES</i> .....	91

4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS POR PARTE DEL ENTE GENERADOR.....	92
5. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y ICROBIOLÓGICOS. ....	94
6. EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO .....	95
7. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS .....	95
8. REGISTRO DE PRODUCCIÓN.....	95
9. NOMBRE Y FIRMA DEL PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL Y DEL RESPONSABLE TÉCNICO.....	96

## ***PERSONAL***

El personal debe ser responsable, diligente, capaz de cumplir con obligaciones descritas en el manual de operación así como de vigilancia de la planta de manera eficaz. Por otro lado el operador(es) de la planta debe(n) inspeccionar y operar las lagunas en los periodos de vacaciones y durante toda la semana en horario completo, es indispensable la disposición del personal en diversas capacitaciones que fomenten sus conocimientos.

## ***EQUIPO***

1. Machete: para la corta de maleza, zacate, arbustos entre otros.
2. Pala: limpieza de canales, y para elaboración de zanjas pluviales, para evitar la entrada de aguas.
3. Pzación: recolección y remoción de flotantes en las lagunas.
4. Rastrillo: limpieza de hojas y otros objetos cerca de las lagunas y alrededores
5. Vara de medición: utilizada en la canaleta para medir caudal, profundidad de las lagunas.
6. Desmalezadoras: corta de maleza, zacate y arbustos cerca de las lagunas.
7. Equipo de laboratorio mínimo para medición de parámetros (pHmetros, probetas, medidores volumétricos y otros)
8. Oficina y sitio para almacenar equipo.
9. Materiales para registrar información (Bitácoras).
10. Libro para visitantes.
11. Computadora para procesamiento y almacenamiento de datos.

## **PUESTA EN MARCHA**

### **Recomendaciones de la puesta en marcha para un sistema de tratamiento de AR (sistema de lagunas).**

Debe revisarse que no haya vegetación alguna creciendo dentro de las diferentes cavidades ni otros elementos ajenos, es decir que los estanques estén limpios. Se deben realizar pruebas de estanqueidad para verificar lo permeable o impermeable del terreno y paredes de las lagunas.

Una vez comprobada la permeabilidad de la laguna se procede a hacer el primer llenado con agua residual, es recomendable que el llenado se lleve a cabo durante época de verano, pues en el invierno los caudales aumentan y la CO por lo general disminuye, con respecto carga máxima de diseño.

Se debe ir llenando la laguna poco a poco (aclimatación) para que el terreno se vaya homogenizando y no se acumulen sólidos al irse infiltrando el agua.

### **Especificación de puesta en marcha según el tipo de lagunas**

#### **Lagunas anaerobias**

Para la puesta en marcha de las lagunas anaerobias se procede de la siguiente manera:

En primer lugar llenar los distintos módulos de lagunas anaerobias, luego esperar el tiempo de retención calculado en la planta y finalmente alimentar la siguiente etapa.

#### **Lagunas facultativas**

En el caso de las lagunas facultativas la puesta en marcha es un poco más compleja, para iniciar su trabajo se debe llenar las lagunas hasta un metro de altura de agua residual cruda, esto es para la aclimatación, dejar almacenada esta agua durante un período de 15-30 días, según sean las condiciones climática y cuando aparece la coloración verde intensa indica el crecimiento de fitoplancton, se procede a completar el llenado de las lagunas y a comenzar

su funcionamiento en continuo, también se puede llenar al inicio con agua proveniente de un río, lago o pozo, si usa agua residual cruda existe liberación de olores.

Es importante no liberar la carga orgánica en toda su totalidad, pues el desarrollo de las algas es más lento que el bacteriano, también se recomienda que las lagunas facultativas se llenen con agua y cierta cantidad de lodo digerido, es usar un inóculo bacteriano propicio para el arranque de la planta

## ***OPERACIÓN***

Es necesario llevar a cabo de mantenimiento y vigilancia aunque son mínimas son muy importantes para operación de las plantas, en términos generales la función principal del operario es la inspección visual de la planta:

- En primer lugar el corte, poda y remoción del pasto y vegetación que crece sobre los bordes esto es para evitar que la vegetación llegue a la laguna y genere un ambiente apto para la reproducción de los mosquitos, es por ello que se recomienda la siembra de un pasto de crecimiento lento.
- Eliminar los sólidos gruesos y arenas en las unidades de tratamiento preliminar como las rejillas y verificar el estado de medidores de caudal, aparición de espumas, el material sólido depositado en las estructuras de entrada y salida de las lagunas se debe quitar.
- Remover materia flotante y plantas acuática de las lagunas facultativas y de maduración, pues se busca alcanzar una alta la tasa de fotosíntesis, la aireación del espejo de agua y prevenir la producción de las moscas y mosquitos, por otro lado verificare la aparición de manchas de distinto color en las lagunas o actividad anómala.
- Revisar la existencia de erosión en taludes por efecto del agua, la infiltración visible del agua en los taludes, estado de la verja que rodea la instalación, desarrollo de olores en distintas partes de la instalación, así como la presencia de aves acuáticas, y de roedores.

## **Indicaciones específicas para el tipo de lagunas**

### **En algunas anaerobias se debe verificar:**

- Distribución de la capa flotante la superficie de la laguna pues ayuda al tratamiento y no se debe remover, detectar el crecimiento de moscas insectos, y la presencia de los malos olores
- El agua almacenada en las lagunas debe presentar un color gris, la y presentar un surgimiento continuo de gases desde el fondo

### **En las Lagunas facultativas y de maduración se debe verificar lo siguiente:**

- Las lagunas facultativas deben tener una coloración verde intensa y libre de sólidos sedimentables, por otro lado verificar malos olores y anomalías de flujo o cortos circuitos.

## ***CONTROL OPERACIONAL***

Control operacional según el reglamento sobre vertido y reuso de aguas residuales, se realizan ciertas mediciones para hacer el reporte operacional de la planta hacia el Ministerio de Salud y así verificar el cumplimiento de la legislación nacional.

### **Muestreo y análisis**

#### **Mediciones rutinarias y análisis periódicos.**

Los parámetros de análisis obligatorios se dividirán en dos grupos:

- a) los muestreos, mediciones y análisis rutinarios pueden ser practicados por personal capacitado del ente generador o de un laboratorio habilitado.

b) los muestreos, mediciones y análisis periódicos DEBEN ser practicados por un laboratorio habilitado.

Las mediciones rutinarias y tomas de muestras periódicas se realizarán en el efluente.

### **Frecuencias mínimas de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo especial.**

Para la vigilancia de los efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo especial, las frecuencias mínimas de muestreo y análisis serán las establecidas en la tabla dada a continuación.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>FRECUENCIAS MÍNIMAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL</b>	
	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/día)</b>	
	<b>≤ 100</b>	<b>&gt; 100</b>
Mediciones Rutinarias ( <sup>1</sup> ):	Mensual	Semanal
Caudal.		
pH.		
Sólidos Sedimentables.		
Temperatura.		
Análisis Periódicos:	Semestral	Trimestral
Caudal.		
pH.		
Sólidos Sedimentables.		
Temperatura.		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5,20</sub> ).		
Demanda Química de Oxígeno (DQO).		
Grasas y aceites (GyA).		
Sólidos suspendidos Totales (SST).		
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM).		
Otros parámetros obligatorios (ver Capítulo II).		

### **Muestreo por el ente generador.**

Aunque es responsabilidad del ente generador, establecer el método de muestreo con base en los métodos de referencia citados en el Artículo 38 del Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, la cantidad mínima de

mediciones para el muestreo compuesto que realiza el ente generador será de 12 sub-muestras, tanto en aguas residuales ordinarias como especiales. La duración del muestreo será de toda la jornada.

### **Bitácora de manejo de aguas residuales.**

Todo ente generador deberá poseer un expediente foliado que utilizará como Bitácora de Manejo de Aguas Residuales (referida en adelante como Bitácora). En la Bitácora se registrarán diariamente o cuando corresponda, al menos:

- a) El registro de todos los detalles de operación y mantenimiento según lo solicitado en el Artículo 46, inciso h) del Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales,
- b) Los resultados de las mediciones rutinarias,
- c) La relación de la toma de muestra de los análisis periódicos,
- d) Los resultados de los análisis periódicos,
- e) La relación y toma de acciones correctivas de accidentes y situaciones anómalas que ocurran,
- f) La relación y observaciones de las visitas de inspección de los entes legalmente facultados,
- g) La relación de las modificaciones realizadas a los equipos y procesos del sistema de tratamiento,
- h) La relación documentada del manejo y destino de los lodos.

Toda anotación hecha en esta Bitácora deberá ser firmada por quien la origine, anotando claramente su nombre. La Bitácora deberá estar a la disposición de los entes legalmente facultados que la soliciten.

### **Parámetros Operacionales**

Tienen relación directa con el funcionamiento del sistema y su control periódico permite conocer el comportamiento del sistema:

- Caudal
- pH
- Remoción de DBO o DQO
- Remoción de sólidos
- Nutrientes (N y P)

Para controlar el funcionamiento del sistema y para solucionar problemas se requiere de programas de muestreo y análisis

- DBO<sub>5,20</sub>
- DQO
- SST
- ST
- Coliformes
- pH
- Profundidad de operación
- OD
- Color de la laguna
- Temperatura
- Ssed.
- Caudal

### ***POSIBLES PROBLEMAS***

#### **Problemas de Funcionamiento en Lagunas Anaerobias:**

La depuración en lagunas anaerobias presenta una tolerancia bastante baja a cambios medioambientales, tanto en carga orgánica aplicada como en temperatura y pH. Aunque el diseño de las lagunas permite una cierta flexibilidad en estas variables, en ocasiones pueden presentarse circunstancias en las que el proceso no pueda desarrollarse correctamente. Esto

da lugar a la aparición de síntomas de mal funcionamiento. Estos síntomas son los siguientes:

### **Aparición de malos olores**

➤ Aumento o disminución en la carga orgánica aplicada a la laguna. Se debe chequear el contenido en materia orgánica del agua residual y verificar si se trata de una sobrecarga o si el nivel es bajo. En este caso se pueden emprender las siguientes acciones correctivas:

– Para disminuir la carga aplicada se puede hacer en el peor de los casos mediante un by-pass, o poniendo en servicio otra laguna anaerobia, si se cuenta con una disponible. Otra posibilidad es aumentar la profundidad de trabajo en la laguna anaerobia, si se dispone de algún sistema de vaciado a profundidad variable.

– Introducir una siembra de bacterias metanogénicas que se pueden obtenerse de alguna planta depuradora convencional que disponga de digestores anaerobios. Esta operación debe hacerse con cuidado para evitar la mezcla con aire, que resulta letal para estas bacterias.

– Ajustar el pH del medio, normalmente se añade una disolución de amoníaco o carbonato sódico, hasta que se consigue alcanzar un medio neutro (pH=7).

➤ El caudal aumenta o disminuye con respecto al margen de diseño el agua residual permanece mayor o menor tiempo en las lagunas. Esto provoca que se rompa el equilibrio necesario entre las distintas fases de la depuración anaerobia (hidrolítica, acidogénica y metanogénica), con la interrupción del proceso. Si disminuye el caudal se pueden empezar a desarrollarse algas verdes en la zona superficial, y se detectará un aumento del pH. Para controlar esta disminución de caudal se puede reducir la profundidad de trabajo o reducir el número de lagunas anaerobias en servicio en la planta depuradora, lo opuesto sería si se aumenta el caudal que se recibe.

➤ Caída repentina de la temperatura ambiente, la cual hace que los mecanismos de depuración se vuelvan más lentos. Se debe monitorear la temperatura de funcionamiento de

la laguna, además de la temperatura con la cual ingresa el agua al sistema y si hay anomalías o cambios repentinos.

➤ Variación en la composición del agua residual de la entrada. Si se descartan todas las razones anteriores, es necesario hacerle análisis al agua de entrada y agua en tratamiento.

- pH del agua residual, si se presentan valores demasiado altos, mayores a 9,0 o muy bajos, con valores menores a 6,5 se pueden presentar problemas en el funcionamiento del tratamiento.

- Presencia de sustancias tóxicas que alteren la comunidad de microorganismos y bacterias del sistema. En estos casos es conveniente hacer un by-pass a la planta mientras se averigua el origen del vertido causante de las anomalías. Normalmente si se cambia o se alteran los desechos de la línea de producción, se puede hacer una coordinación entre la producción y el personal de la planta de tratamiento, para que se tomen medidas antes de que el líquido entre a la laguna y así no altere el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Estas dos circunstancias pueden indicar la existencia de un vertido industrial nuevo o la aparición de un vertido a causa de un nuevo proceso implementado.

### **Aparición de coloraciones rosa o rojo en las lagunas**

Este fenómeno está causado por el desarrollo de bacterias fotosintéticas del azufre, lo que constituye un síntoma de falta de carga en las lagunas anaerobias. Por tanto, hay que proceder en la misma forma señalada en el punto anterior para defecto de carga orgánica o de caudal de entrada, aunque en este caso es posible que no se produzcan olores desagradables.

### **Desarrollo de mosquitos y otros insectos**

Este problema suele aparecer en verano, cuando no se le da mantenimiento a las áreas cercanas a la laguna y se ha dejado crecer plantas acuáticas o incluso plantas terrestres que han alcanzado el borde del agua. La solución es mantener siempre libre de plantas los taludes. Es también importante evitar que caigan plantas o ramas a las lagunas, pues también sirven de soporte para el desarrollo de insectos.

Es preferible siempre evitar el uso de insecticidas. Si la presencia de insectos persiste, y se decide emplear insecticidas para su control, hay que procurar que éste no contamine el agua y utilizarlo exclusivamente en las áreas afectadas de las lagunas.

Otra posible fuente de insectos son los desechos sólidos recogidos de la limpieza de cualquiera de los elementos del pretratamiento, por lo que es extremadamente importante enterrarlos prontamente o darles un tratamiento donde no tengan acceso a la formación de insectos y el desecho quede neutralizado.

### **Crecimiento de malas hierbas y plantas acuáticas**

El crecimiento de plantas acuáticas provoca la proliferación de insectos. Además, la presencia de insectos y larvas de éstos atraen a ranas, también las plantas atraen a los roedores, y éstos a las serpientes. Si las plantas acuáticas no se retiran periódicamente, pueden incluso comprometer la seguridad de las lagunas, ya que los roedores excavan túneles por los que se producen filtraciones.

Las malas hierbas que crecen sobre la parte seca de los taludes tienen menor relevancia en el funcionamiento de las lagunas, pero ofrecen una impresión de desinterés y abandono que debe evitarse en toda instalación, y en especial en una planta depuradora. Para controlar este problema es necesario que se aplique el mantenimiento periódico de las áreas cercanas a las lagunas.

## **Problemas de Funcionamiento en Lagunas Facultativas y de Maduración:**

Al igual que en la lagunas anaerobias se presentan problemas de malos olores, crecimiento de malas hierbas y desarrollo de mosquitos, además se presentan otros problemas como aparición de materias flotantes y cortos circuitos.

### **Olores desagradables**

Cuando el operador se encuentra ante una laguna facultativa que presenta problemas de olores, el primer paso a seguir es tratar de identificar la causa de este fenómeno. Una vez aislada la causa probable se han de tomar medidas correctoras. Las razones más frecuentes de la aparición de malos olores en las lagunas facultativas son las siguientes:

### **Sobrecarga**

En lagunas facultativas se detecta fácilmente por la disminución en la intensidad de la coloración verde, acompañada por un descenso en la concentración de oxígeno disuelto y el pH y la aparición de malos olores. Siempre que se producen problemas de funcionamiento en las lagunas anaerobias hay que esperar que las lagunas facultativas presenten problemas de sobrecarga.

Además de esta causa, otras posibles fuentes de sobrecarga son el diseño deficiente de los canales de reparto, que provoca un reparto desigual de caudales, algún vertido estacional que no se tuvo en cuenta en el diseño de la planta o el diseño deficiente de la propia planta. Una de las causas más frecuentes de mal funcionamiento de las lagunas facultativas son los vertidos incontrolados de enormes cargas orgánicas que superan la capacidad de encaje de las lagunas, y éstas entran rápidamente en condiciones anaerobias, el pH disminuye y desarrollan un color oscuro, casi negro.

Si se dispone de más de una laguna facultativa y el problema de olores se presenta sólo en una de ellas, puede tratarse de un desequilibrio en el reparto de caudales. En primer lugar conviene paralizar la laguna afectada, para lo que habrá que hacer un by-pass de parte de la alimentación. Dependiendo de las condiciones climáticas en ese momento, la recuperación

de la laguna puede conseguirse entre unos días hasta un mes. Este tiempo de espera debe aprovecharse para realizar las obras necesarias en los canales de reparto para corregir el caudal que entra en la laguna afectada. Tan pronto como ésta se haya recuperado, lo que se pondrá de manifiesto por el color verde brillante del agua, se comenzará a operar normalmente en régimen continuo.

Si la sobrecarga está causada por vertidos estacionales, la primera medida a tomar es efectuar un by-pass de la depuradora hasta que se localicen las fuentes de estos efluentes y se tomen medidas al respecto. Dependiendo de la gravedad de la sobrecarga, las lagunas pueden recuperarse pronto o pasar bastante tiempo en mal estado.

### **La presencia de tóxicos en la alimentación**

Provoca que las lagunas que estaban operando correctamente dejen de hacerlo súbitamente y sin razón aparente. Cuando esto ocurre, el operador debe notificarlo al laboratorio donde se efectúe el seguimiento analítico, donde pueden identificar los productos químicos causantes del problema. Los cortocircuitos pueden detectarse mediante la medida del oxígeno disuelto en varios puntos de la laguna. Las lecturas muy desiguales pueden ser indicativas de esta anomalía en el régimen de flujo. En ocasiones los caminos hidráulicos preferenciales pueden incluso detectarse visualmente, si se aprecian diferencias en la coloración en distintas zonas de la laguna. Para el control de este problema se puede proceder de igual manera que cuando aparece en las lagunas anaerobias y esta descrito anteriormente.

### **Reducción en la mezcla inducida por el viento.**

La mezcla deficiente debida a árboles, vallas o edificios: Siempre que el obstáculo que impide el libre acceso del viento a las lagunas sea eliminable, debe ser eliminado prontamente.

No se debe permitir el crecimiento de árboles cerca de las lagunas. La valla que rodea la instalación debe ser de tela metálica, nunca de obra. Cuando el viento queda bloqueado por edificios, laderas de montaña u otros obstáculos de carácter permanente, debe considerarse

la instalación de agitación artificial (aireadores de superficie), aunque se trata de una medida costosa y de mantenimiento complicado.

### **Crecimiento de malas hierbas y plantas acuáticas**

Este problema afecta a todas las lagunas, y se ha comentado en el apartado referente a los problemas de funcionamiento de lagunas anaerobias. El crecimiento de plantas acuáticas da lugar a la proliferación de insectos y animales. Las plantas acuáticas deben ser retiradas periódicamente, y no dar lugar nunca a que se asienten animales en los taludes que puedan comprometer la seguridad de éstos al excavar túneles, como ocurre con varios tipos de roedores.

El crecimiento de plantas acuáticas puede afectar a la totalidad de la superficie de las lagunas cuando la profundidad de éstas es inferior a un metro. Normalmente las lagunas facultativas y de maduración tienen entre 1 - 2 metros de profundidad, por lo que el crecimiento de estas plantas queda restringido a los taludes. Las malas hierbas que crecen sobre la parte seca de los taludes producen una fuerte impresión de abandono.

### **Desarrollo de mosquitos y otros insectos**

Las lagunas de facultativas no presentan problemas de desarrollo de insectos mientras se conserven libres de plantas acuáticas u otros soportes para las larvas (como ramas secas y costras). La solución es mantener siempre libre de plantas los taludes y evitar que caigan plantas o ramas a las lagunas. Dependiendo del contenido en oxígeno disuelto, la cría de peces en las lagunas de maduración puede ser una buena solución para el control de insectos. Las especies más indicadas son aquellas adaptadas a ambientes eutrofizados, tales como Gambusia, Lebistes, Tilapia y carpa china.

Para poder llevar a cabo esta cría con ciertas garantías de éxito es necesario que la laguna esté siempre en condiciones aerobias, pues de lo contrario los peces se mueren. Por tanto, antes de efectuar la suelta de peces en las lagunas hay que llevar a cabo un seguimiento meticuloso de la evolución del oxígeno disuelto a distintas horas, día y noche, durante al menos un mes. Las condiciones necesarias para la cría de peces suelen darse cuando existen varias lagunas de maduración en serie.

## **Acumulación de materias flotantes**

La superficie de las lagunas facultativas debe estar libre de toda materia flotante que pueda impedir la adecuada iluminación del agua. Los problemas más frecuentes vienen causados por la formación de costras y la presencia de papeles, plásticos, grasas y aceites que no hayan sido eliminados en el pretratamiento. Todos estos elementos deben ser retirados inmediatamente. A veces se produce la acumulación de agregados de algas en superficie, especialmente después del desarrollo de algas verdiazules en épocas calurosas. Estas acumulaciones superficiales restringen el paso de la luz, y además pueden causar problemas de olores al pudrirse.

Otra posible causa de la aparición de costras en lagunas facultativas poco profundas es la flotación de parte del fango acumulado en el fondo. Este fenómeno suele producirse cuando la temperatura es elevada y se produce un burbujeo muy activo en el fango del fondo que lo arrastra hacia la superficie. Cualquier acumulación de materias sólidas en superficie debe eliminarse lo antes posible, para lo que puede usarse uno de los métodos siguientes:

- Los agregados de algas pueden romperse mediante un chorro de manguera dirigido hacia ellas desde la orilla de las lagunas, provocando así su sedimentación en el fondo de las lagunas. Si la instalación no dispone de agua corriente, se puede esperar a que el viento arrastre los agregados hacia uno de los taludes y entonces romper los agregados por medio de un rastrillo, provocando así también su sedimentación. El mismo método puede utilizarse con los fangos flotantes.

- Si se dispone de una red como las utilizadas para el mantenimiento de piscinas o un rastrillo, puede utilizarse para retirar cualquiera de las materias flotantes una vez que el viento las ha arrastrado hacia la orilla de la laguna.

## **Cortocircuitos o caminos preferenciales**

Las anomalías de flujo en las lagunas provocan siempre una disminución en la eficacia de la depuración. Cuando estas anomalías son graves, pueden dar lugar a problemas de olores,

baja calidad del efluente, y en general poca eficacia de depuración. Los cortocircuitos están causados por diversos motivos:

- a) Deficiente diseño de las entradas y salidas, morfología poco adecuada de las lagunas, o vientos dominantes que provocan corrientes que no se tuvieron en cuenta en el proyecto.
- b) Desarrollo de estratificación o varias capas verticales de temperatura en la laguna.
- c) Presencia de plantas acuáticas en el interior de las lagunas.
- d) Acumulación de fangos en el fondo, en especial en lagunas facultativas primarias.

La presencia de cortocircuitos puede detectarse mediante la medida de oxígeno disuelto en varios puntos en la superficie de la laguna. Cuando la causa es la estratificación térmica, ésta puede detectarse mediante la medida de perfiles verticales de temperatura en varios puntos de la laguna. Las posibles medidas a tomar para corregir este problema son las siguientes:

- a) Rediseñar las entradas y salidas de la laguna, para obtener una mejora en el régimen de flujo. En este proceso debe tenerse en cuenta el régimen de viento, y reorganizar la posición de la alimentación y el desagüe para que los vientos dominantes sean perpendiculares al eje principal de flujo.
- b) Intentar romper la estratificación térmica mediante la colocación de entradas y salidas en profundidad, mejorando así la mezcla en la laguna.
- c) Eliminar las plantas acuáticas.
- d) Retirar los depósitos de sedimentos acumulados en el fondo.

## **MANTENIMIENTO**

Es necesario conservar las unidades construidas, con la finalidad de evitar que factores extraños interfieran en el buen funcionamiento del proceso.

Limpeza de las estructuras que son base para el funcionamiento hidráulico de las lagunas:

- Canalizaciones
- Vertederos de entrada y de salida
- Muestreos de parámetros
- Observaciones al afluente y efluente

### **Mantenimiento en función de la frecuencia con que se realiza:**

- **PERMANENTE:** es el que se efectúa una vez o más de una vez al día.
  - Limpieza de rejas: Donde se hace una remoción de sólidos gruesos retenidos.
  - Remoción de natas y material flotante: Las cuales se suspenden sobre la laguna, plantas y desechos que pasaron la rejilla.
  - Mantenimiento de taludes: Limpieza, poda y retiro de pasto que crece en los taludes, para evitar el contacto con la laguna y mantener la estética del proceso.
- **PERIODICO:** es el que no se requiere diariamente.
  - Extracción de lodos
  - Medición de volumen de lodos
  - Reparación de cercas
  - Pintura

## ***DESECHOS***

Sólidos gruesos: Estos son lo que quedan atrapados en las rejillas, deben ser removidos y estabilizados, pueden adicionarse en las zanjas facultativas o ser transportados directamente a un relleno sanitario donde se dispondrá en un lugar destinado para este uso.

Metano y CO<sub>2</sub>: Producto de la oxidación anaeróbica de bacterias, es liberado al ambiente naturalmente.

## ***REPORTES OPERACIONALES***

Según el anexo 2 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, el Reporte Operacional deberá ser presentado periódicamente al Ministerio de Salud, si el efluente es vertido a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario, infiltrado o reusado. Estarán exentas de la entrega de esta obligación las viviendas unifamiliares, con un sistema de tratamiento individual. También estarán exentas de esta obligación los entes generadores que viertan única y exclusivamente aguas residuales de tipo ordinario en un alcantarillado sanitario incluido en la lista del Anexo 1 del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales.

Los entes generadores no incluidos en la lista anterior que viertan única y exclusivamente aguas residuales de tipo ordinario en un alcantarillado sanitario, podrán solicitar la exención de presentar reportes operacionales a los EAAS. En caso de que un ente generador vierta por separado aguas residuales ordinarias y aguas residuales especiales a un alcantarillado sanitario, podrá solicitar al EAAS correspondiente, la exención de la obligación de presentar reportes operacionales para la descarga de las aguas residuales ordinarias. En caso de que un ente generador que esté gozando del beneficio de la exención cambie las características de sus aguas residuales de manera tal que ya no se puedan considerar aguas residuales ordinarias, deberá proceder según lo establecido en este reglamento.

## **CONTENIDO DEL REPORTE OPERACIONAL**

El Reporte Operacional debe contener como mínimo y de carácter obligatorio, la siguiente información:

- 1) Datos Generales
- 2) Disposición de las aguas residuales
- 3) Medición de caudales
- 4) Resultados de las mediciones de parámetros por parte del ente generador
- 5) Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos
- 6) Evaluación de las unidades de tratamiento.
- 7) Plan de acciones correctivas
- 8) Registro de producción
- 9) Nombre y Firma del Responsable Técnico del Reporte y Propietario o Representante Legal.

### **1. DATOS GENERALES:**

A continuación se especifica la información que deberá suministrarse en las casillas correspondientes del formulario para presentación del Reporte Operacional.

**Ente generador:** Nombre de la persona física o jurídica, pública o privada, responsable del vertido del efluente en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario o de su infiltración o Reuso. Código CIU: Código Internacional Industrial Unificado. Edición III.

**Actividad(es):** actividad principal a la que se dedica el ente generador de conformidad con el código CIU y el Permiso Sanitario de Funcionamiento extendido.

**Provincia, Cantón y Distrito:** nombre de la provincia, cantón y distrito donde se ubica el ente generador.

**Dirección:** dirección exacta donde se ubica el ente generador.

**Página en Internet:** página en red del ente generador.

**Permiso Sanitario de Funcionamiento:** número de permiso sanitario de funcionamiento, la fecha desde la que rige y la fecha de vencimiento. En caso de encontrarse en trámite el permiso sanitario debe indicarse y adjuntarse copia de la respectiva solicitud.

**Patente Municipal:** número de patente, la fecha desde la que rige y la fecha de vencimiento. En caso de encontrarse en trámite la patente municipal debe indicarse y adjuntarse copia de la respectiva solicitud.

**Número de reporte:** numeración consecutiva que el ente generador debe asignar a los diferentes reportes operacionales que presente con la frecuencia que establece este Reglamento. La misma debe reiniciarse cada año, indicando el año. Ej. N° 1-2007 y para actividades agrícolas estacionales Ej.: N° 1 Cosecha 2006-2007.

**Fecha de reporte:** fecha en que se elaboró el reporte operacional. Este reporte debe ser presentado al Ministerio de Salud en un período no mayor a los 20 días hábiles posteriores a la fecha de emisión del resultado del análisis de laboratorio. En caso de presentarse fuera de este plazo, no se le dará trámite al reporte operacional.

**Período reportado:** período que comprende el reporte operacional presentado, de acuerdo a la frecuencia mínima establecida en este Reglamento.

**Frecuencia de presentación del reporte:** Los entes generadores cuyos efluentes tengan un caudal promedio mensual menor o igual a 100 m<sup>3</sup>/día deberán presentar un reporte operacional cada seis meses.

Los entes generadores cuyos efluentes tengan un caudal promedio mensual mayor a 100 m<sup>3</sup>/día deberán presentar un reporte operacional cada tres meses.

Aquellos entes generadores que sólo viertan o hagan Reuso de aguas residuales en períodos iguales o menores a cinco meses al año deberán presentar tres reportes equidistantes en el tiempo que dure cada ciclo de generación. Los entes generadores cuyas plantas de tratamiento reciban aguas residuales de entes generadores o líneas de producción diferentes, independientemente de su caudal, deberán presentar reportes operacionales cada mes.

**Información del propietario o representante legal del ente generador:** nombre completo y datos de localización (teléfono, fax, apartado postal, correo electrónico) del propietario o del representante legal del ente generador, para efectos de notificaciones del resultado de la evaluación del Reporte Operacional por parte del Ministerio de Salud.

**Información del responsable Técnico del Reporte Operacional:** nombre completo del encargado de la elaboración del reporte operacional, capacitado en el manejo de las aguas residuales, debidamente registrado ante la Dirección de Protección Ambiente Humano del Ministerio de Salud.

## ***2. DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES***

Indicar si el destino final del efluente corresponde a:

- a) Cuerpo receptor, en cuyo caso debe anotarse su nombre,
- b) Alcantarillado sanitario, en cuyo caso debe anotar el nombre del EAAS,
- c) Reuso, en cuyo caso debe detallarse el tipo de Reuso clasificado según lo establecido en el presente reglamento.

## ***3. MEDICIÓN DE CAUDALES***

La medición de caudales, debe realizarse en la salida de la última unidad de tratamiento.

Debe indicar el método de aforo utilizado en la medición de los caudales:

- a) Canaleta Parshall
- b) Vertedero
- c) Volumétrico

- d) Velocidad/área
- e) Equipo de medición automática
- f) Otro (especificar cuál)
- g) Datos del consumo de agua (únicamente en casos muy calificados)

En estos casos excepcionales se permitirá el uso de los datos del consumo, registrados en los recibos de agua potable, y para ello debe incluir la memoria de cálculo con el procedimiento utilizado, la bibliografía consultada, y el caudal promedio de aguas residuales vertido en m<sup>3</sup>/día. Debe utilizar los días laborados por semana y las horas laboradas por día. Debe adjuntar copia del último recibo de agua cancelado.

#### ***4. RESULTADOS DEL LAS MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS POR PARTE DEL ENTE GENERADOR***

##### **4.1 Frecuencia de medición de caudales**

El ente generador deberá incluir en la bitácora los datos representativos de medición de caudales expresados como el caudal promedio diario de aguas residuales descargado por la actividad durante el período comprendido por el Reporte. Para ello, se deberá utilizar una metodología que primero parte del conocimiento del caudal horario generado, medido durante el período total de la producción y la jornada de trabajo, posteriormente se calcula el valor del volumen diario descargado y finalmente el volumen promedio diario.

**Bitácora de manejo de aguas residuales:** cuaderno donde se registran todas las actividades de operación, mantenimiento, control de los sistema de tratamiento, incluyendo la medición de caudales, los resultados de la medición de los parámetros, evaluación del sistema de tratamiento, el plan de acciones correctivas y los registros de producción.

### **Caudal diario (m<sup>3</sup>/día) de un día de una semana**

Para explicar la metodología, se utilizará el siguiente ejemplo de un ente generador:

- Período total de producción + jornada de trabajo = 16 horas diarias.
- Descarga promedio de aguas residuales tratadas = 120 m<sup>3</sup>/día.

Según corresponda, para un efluente cuyo caudal promedio mensual sea mayor a 100 m<sup>3</sup>/día, el ente generador deberá presentar un reporte operacional cada tres meses y la frecuencia de medición de caudal será semanal. Para efectos de cada medición semanal se deberá elegir al menos un día representativo de su actividad, y se incluirán las 16 mediciones de caudal tomadas cada hora, para este ejemplo hipotético. Sobre la base de estos 16 valores de caudal expresado en metros cúbicos por hora, se calculará el caudal promedio diario de descarga de aguas residuales. Para esto, se multiplica el caudal promedio horario expresado en metros cúbicos por hora (promedio aritmético de los 16 valores horarios medidos) por el tiempo de generación de aguas residuales, en este caso por 16 horas. El resultado representa el caudal en m<sup>3</sup>/día, valor que corresponderá al volumen descargado para la medición del día representativo de esa semana.

### **Caudal promedio diario del período a reportar**

Para calcular el caudal promedio diario del período a reportar, del ejemplo anterior, se realiza un promedio aritmético de todos los valores semanales. Como el caudal promedio diario del ejemplo fue de 120 m<sup>3</sup>/día, la frecuencia de presentación de reportes será trimestral de acuerdo con la legislación nacional.

Por lo tanto, el ente generador deberá tener registrado en la bitácora al menos 12 datos de caudal diario (m<sup>3</sup>/día) correspondientes a las 12 semanas monitoreadas.

El caudal promedio diario, del período a reportar se estimará con base en el promedio aritmético de los 12 valores citados.

#### **4.2 Frecuencia de medición de parámetros de rutina efectuados por el ente generador.**

La metodología para la medición rutinaria y el cálculo de los parámetros será la misma utilizada en el ejemplo anterior. En este caso, se contará con al menos 12 valores de pH, Temperatura y Sólidos Sedimentables. Cada uno de estos valores, se calculará con base en medición de 16 muestras puntuales (una cada hora durante el período de generación). Estos parámetros deberán incluirse en las tablas del Formulario denominado “*Reporte Operacional Aguas Residuales*”. Toda esta información deberá estar registrada en la bitácora.

La información que los entes generadores consignen en la bitácora, podrá ser verificada en sitio y en cualquier momento por los funcionarios del Ministerio de Salud para fines de aplicación del presente Reglamento.

#### **5. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.**

El ente generador contratará los servicios de un laboratorio habilitado a fin de cumplir con la frecuencia de presentación de reporte operacional en la legislación. El muestreo debe llevarse a cabo en un período representativo de producción. Se deberán analizar los parámetros establecidos en este reglamento.

El reporte de laboratorio deberá incluir la información indicada en el artículo 50 del presente reglamento, el cual debe venir refrendado por el Colegio de Químicos cuando proceda y firmado por el profesional responsable. El muestreo compuesto elegido debe estar dentro de la jornada diaria tendiendo a lograr la representatividad de los valores de los parámetros de calidad. Dicho muestreo compuesto deberá efectuarse en un período no menor de dos horas con muestras tomadas cada treinta minutos por lo que se deberán tomar al menos cinco sub-muestras.

## **6. EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO**

El Responsable Técnico de la elaboración del reporte operacional deberá evaluar los resultados del monitoreo rutinario, el resultado de los análisis de laboratorio, las anotaciones de la bitácora (en donde se han anotado accidentes o situaciones anómalas), con el fin de emitir sus conclusiones y recomendaciones. El ente generador estará en la obligación de reportar ante el Ministerio de Salud cualquier cambio en el proceso de producción. Además, deberá indicar si se ha implementado una modificación en el sistema de tratamiento, la cual deberá contar con el permiso constructivo de la Municipalidad correspondiente. Esta información también debe ser incluida en la evaluación de las unidades de tratamiento.

## **7. PLAN DE ACCIONES CORRECTIVAS**

Cuando se sobrepase el límite máximo permisible de uno o más parámetros se deberá presentar junto al Reporte Operacional, un plan de acciones correctivas que incluya un Cronograma de actividades con plazos reales que describa claramente las acciones tomadas de manera inmediata y las acciones de corto y mediano plazo, de acuerdo a lo establecido en la publicación “Instructivo para presentación de cronograma de acciones correctivas en sistemas de tratamiento de aguas residuales” de *La Gaceta* 146 del 31 de julio de 2002. Este cronograma será de acatamiento obligatorio por parte del ente generador una vez aprobado por el Ministerio de Salud y será utilizado como punto de partida para efectos de control y seguimiento así como para la renovación del permiso sanitario de funcionamiento.

## **8. REGISTRO DE PRODUCCIÓN**

Esta información es obligatoria. El registro de producción deberá incluir los datos globales de producción del ente generador, en término de su valor promedio diario durante el período reportado. Las unidades en que será reportada la producción, corresponderá a la típicamente utilizada por cada actividad (por ejemplo: hectolitros de cerveza/día, pieles curtidas/día, toneladas de carne procesada/día, fanegas de café/día u otros.). El Ministerio

de Salud podrá solicitar aclaraciones, en caso que sea necesario, sobre la interpretación de las unidades reportadas por el ente generador.

***9. NOMBRE Y FIRMA DEL PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL Y DEL RESPONSABLE TÉCNICO***

El reporte operacional debe ser firmado por el propietario o representante legal del ente generador, así como por el responsable técnico, a fin de garantizar que el representante legal conoce y acepta la información reportada, así como sobre los compromisos descritos en el Plan de Acciones Correctivas y Cronograma de Actividades.