



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PARÁMETROS DE VERTIDO DE
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
URBANIZACIÓN SIERRA DORADA, SEGÚN LA NORMA NACIONAL NTON 05-
027-05 CON ÉNFASIS EN CARGA ORGÁNICA**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Julio Cesar Carcache Téllez

Br. Emilio José Obregón Mena

Br. Ariel José Murillo Barrios

Tutor

Msc. Ing. Silvio Castillo

Managua, Marzo 2018

CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPITULO II: OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SIERRA DORADA	6
3.1. UBICACION.....	6
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE LA PTAR	7
3.3 .CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SUS ELEMENTOS.....	13
3.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNIDADES DE LA PLANTA	18
3.4.1. REJILLAS.....	19
3.4.2. BOMBEO EN TANQUE DE LODOS.....	19
3.4.3. CONTROL DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL SISTEMA.....	19
3.4.5. CONTROL DE LODOS EN EL SISTEMA	20
3.4.6. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	22
3.4.7. POSIBLES PROBLEMAS, SUS CAUSAS Y SOLUCIONES.....	22
CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO	24
4.1 LAS AGUAS RESIDUALES	24
4.1.1 CLASIFICACIÓN	24
4.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	24
4.1.3. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS STAR.....	30
4.2. INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES.....	31
4.3. PROCESO DE LODOS ACTIVADOS Y SUS VARIANTES.....	33
4.3.1. COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA.....	34
4.3.2. VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	35
4.4 INDICADORES VISUALES USADOS PARA EL MONITOREO OPERACIONAL DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS	37

CAPITULO V: METODOLOGIA DE EVALUACION DE EFICIENCIA DE CARGA

ORGANICA 41

5.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y SUS SISTEMA.....	41
5.1.1. VISITAS TECNICAS Y RECONOCIMIENTO A LA PLANTA	41
5.1.2. EVALUACION OPERACIONAL DE LA PLANTA MEDIANTE INDICADORES VISUALES	42
5.1.3. ANALISIS DE COSTO ENERGETICO DE LA PTAR	43
5.2. FASE II: ESTUDIO DE CAUDALES.....	45
5.2.1. METODOLOGIA PARA LA CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUA POTABLE.....	45
5.2.2. METODOLOGIA PARA LA CUANTIFICACION DE CAUDALES AGUAS RESIDUALES	49
5.2.3. ELABORACION DEL DIAGRAMAS DE CAUDALES	53
5.2.4. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO	54
5.3. FASE III: EVALUACION DE PARAMETROS DE VERTIDO CON ENFASIS EN CARGA ORGANICA	55
5.3.1. TOMA DE MUESTRA COMPUESTA Y EXPOCISION DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGUAS	55
5.3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE	57
5.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES PERCÁPITA	58
5.3.4. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR Y VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO.....	58

CAPITULO VI: DATOS, CALCULOS Y RESULTADOS 60

6.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y SUS SISTEMA.....	60
6.1.1. VISITAS TECNICAS Y RECONOCIMIENTO A LA PLANTA	60
6.1.2. EVALUACION OPERACIONAL DE LA PLANTA MEDIANTE INDICADORES VISUALES	63
6.1.3. ANALISIS DE COSTO ENERGETICO DE LA PTAR	64
6.2. FASE II: ESTUDIO DE CAUDALES.....	64
6.2.1. CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUA POTABLE.....	65
6.2.2. CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES.....	69
6.2.3. DIAGRAMA DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES	72
6.2.4. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RETORNO	73
6.3. FASE III: EVALUACION DE PARAMETROS DE VERTIDO CON ENFASIS EN CARGA ORGANICA	74
6.3.1. TOMA DE MUESTRA COMPUESTA Y EXPOCISION DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGUAS	74
6.3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.....	75

6.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES PERCÁPITA	76
6.3.4. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR Y VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO.....	77
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
7.1. CONCLUSIONES	84
7.2. RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA	87
ANEXOS.....	I
ANEXO A: TABLAS	I
ANEXO B: ELEMENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	V
ANEXO C: VISITAS TECNICAS AL SITIO.....	IX
ANEXO D: GRAFICO	XI

RESUMEN

En la actualidad muchas plantas de tratamiento de aguas residuales están diseñadas con el sistema de lodos activados. Una de ellas es la planta de la urbanizadora Sierra Dorada, el proceso de lodos activados es un proceso controlado que mantiene a los microorganismos en un ambiente líquido.

En el capítulo I se presentan los aspectos generales en torno al sistema de lodos activados utilizado en Sierra Dorada: Introducción, Antecedentes, Justificación

En el capítulo II, se presentan los objetivos (general y específicos) que se pretenden alcanzar con nuestro estudio

En el capítulo III, se muestra la ubicación de la urbanizadora y su PTAR, además de una breve descripción de su proceso de funcionamiento y las características generales de los elementos de esta

En el capítulo IV, se engloba todo lo concerniente a la teoría y conceptos generales de las áreas aplicadas durante el desarrollo de la investigación: aguas residuales y proceso de lodos activados.

En el capítulo V, se aborda la metodología en el cual se apoyó el presente trabajo. Visitas técnicas al sitio. Asimismo se describe cada uno de los pasos que se llevaron a cabo para la obtención de los resultados.

En el capítulo VI, abarca todo lo relacionado al cálculo y resultados de los estudio de caudales, monitoreo de los elementos de la planta, costos energéticos y eficiencia de remoción de contaminantes de la planta

En el capítulo VII, se exponen las conclusiones y recomendaciones, en base a los resultados obtenidos sobre el funcionamiento de la planta sierra dorada

La finalidad de este documento es evaluar la planta de tratamiento de sierra dorada que funciona mediante el sistema de lodos activado para obtener así de esta manera un mejor control de las plantas que funcionan mediante este sistema.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua existen muchas urbanizadoras ubicadas fuera de la cobertura del alcantarillado sanitario municipal que se ven obligados a disponer su propio sistema de tratamiento de aguas residuales y que por esta razón utilizan el sistema de lodos activados debido a su poca área de construcción, su alta eficiencia en la remoción de materia orgánica y la no generación de malos olores.

Toda Urbanización fuera del casco urbano de Managua, consta de un sistema de abastecimiento de agua potable y un Sistema de Tratamiento de Agua Residuales debido a que no se puede conectar a la red pública por su distancia. Pero estas plantas deben ser reguladas y supervisadas para poder saber en qué condiciones retorna el agua al medio ambiente, ver si puede ser reutilizada y tomarle algún aprovechamiento de la misma.

Por lo cual se ha planteado la Evaluación de la eficiencia de los parámetros de vertido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Urbanización Sierra Dorada, la cual trabaja mediante el método de lodos activados que es meramente biológico y con un proceso de desinfección mediante cloración. Se evaluó con la finalidad de comparar datos para así ver como se encuentra el funcionamiento de la planta, según la norma nacional NTON 05-027-05 con énfasis en carga orgánica.

1.2. ANTECEDENTES

El proceso de lodos activados como tratamiento de aguas residuales fue desarrollado inicialmente en Manchester, Inglaterra, por Fowler, Ardern, Munford y Lockett, en 1914. Ya para 1920 varias instalaciones iniciaban su operación en Estados Unidos de Norteamérica, sin embargo el uso extensivo de este sistema se dio hasta 1940. Este proceso nació de la observación realizada hace mucho tiempo de que si cualquier agua residual, urbana o industrial, se somete a aireación durante un período de tiempo se reduce su contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo floculante.

En la actualidad muchas plantas de tratamiento de aguas residuales están diseñadas con el sistema de lodos activados. Una de ellas es la planta de la urbanización Sierra Dorada, dicha urbanizadora inició su etapa constructiva en el año 2003 y en el año 2004 se construyó el primer módulo del sistema de tratamiento en la modalidad de lodos activados por aireación. Un segundo módulo de la planta de tratamiento, siempre con la misma modalidad, entro en operación en el año 2009

Actualmente la planta opera con dos módulos uno de ellos fue habilitado durante este estudio, el módulo 1 el cual es el más antiguo posee difusores de burbuja gruesa (tubulares) el módulo 2 posee difusores de burbuja fina (platos), ambos cuentan con una trampa de grasa, cámara anóxica, cámara de aireación, sedimentador, cámara de cloración y cámara de estabilización de lodos. (Ver *Anexo D.4*). El módulo 2 fue habilitado debido a que la densidad poblacional y la infraestructura de la Urbanizadora Sierra Dorada ha crecido de manera que un solo modulo no podía procesar los volúmenes de agua residuales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas que se ha presentado en Nicaragua debido al aumento de los residenciales y condominios ubicado fuera del área de cobertura del alcantarillado sanitario estatal en Nicaragua; es que las entidades gubernamentales no están dando el seguimiento adecuado a este tipo de plantas de tratamiento ubicadas en estas zonas, para saber si los estándares de tratamiento del agua servida que estas vierten a los cuerpos receptores después de haber sido tratados, realmente son los adecuados.

La verificación del cumplimiento de los parámetros de vertido de las aguas provenientes de las plantas de tratamiento de los residenciales y urbanizadora es de suma importancia para constatar que cumplen con los rangos especificados en las normas nicaragüenses que rigen dichas aguas. En particular, aquellas urbanizaciones ubicadas sobre el eje de la carretera a Masaya en el denominado Distrito V de Managua debajo del cual se asienta el acuífero que suministra agua a la principal batería del pozo de la ciudad capital y por lo cual se ven obligada a cumplir con NTON 05-027-05

Es por ello que se ha planteado empezar un proyecto piloto tomando como referencia la planta de tratamiento de lodos activados de la urbanizadora Sierra Dorada, para el estudio de la eficiencia de los parámetros de vertidos. Colaborando así con las instituciones encargadas de controlar estos parámetros de contaminación de las aguas, con este estudio se podrá saber con más certeza los grados de contaminación en las cuales están retornando al medio ambiente dichas aguas y así constatar si estas aguas están creando impactos negativos al medio o si están siendo vertidas adecuadamente a los cuerpos receptores siendo aceptables con el medio ambiente y la sociedad.

CAPITULO II: OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología de evaluación de la eficiencia de los parámetros de vertido de la planta de tratamiento de aguas residuales, según la norma nacional NTON 05-027-05 aplicándola a la PTAR de la urbanización Sierra Dorada.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Exponer las generalidades de los sistemas de lodos activados, haciendo énfasis en sus características generales, impactos ambientales y su aplicabilidad (ventajas y desventajas) en nuestro país.
2. Diagnosticar a través de un inventario los problemas físicos existentes en PTAR de la urbanización Sierra Dorada.
3. Verificar si se cumple el factor teórico de retorno de 0.8 (según la “guía técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales”, acápite 5.2.4) realizando una comparación del agua consumida (la cual se tomara de datos obtenidos por la urbanizadora) y el agua entrante a la planta de tratamiento (medida en sitio).
4. Realizar muestreo en las aguas residuales de entrada y salida de la planta por el método de muestra compuesta.
5. Someter a las pruebas de laboratorio correspondientes las muestras obtenidas para determinar las concentraciones de los parámetros mencionados en el cuadro 6 de la norma nacional NTON 05-027-05

6. Exponer los resultados de la Evaluación de los parámetros analizados y compararlos con los rangos establecidos por la NTON 05-027-05 para determinar la eficiencia de carga orgánica de la planta

CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SIERRA DORADA

3.1. UBICACION

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que fue evaluada es la perteneciente a la Urbanización Sierra Dorada la cual se encuentra ubicada en el Km 17 Carretera Masaya, 1 km Sur-oeste, Ticuantepe. Esta funciona según el método de Lodos Activados, se muestra a continuación su macro y micro localización

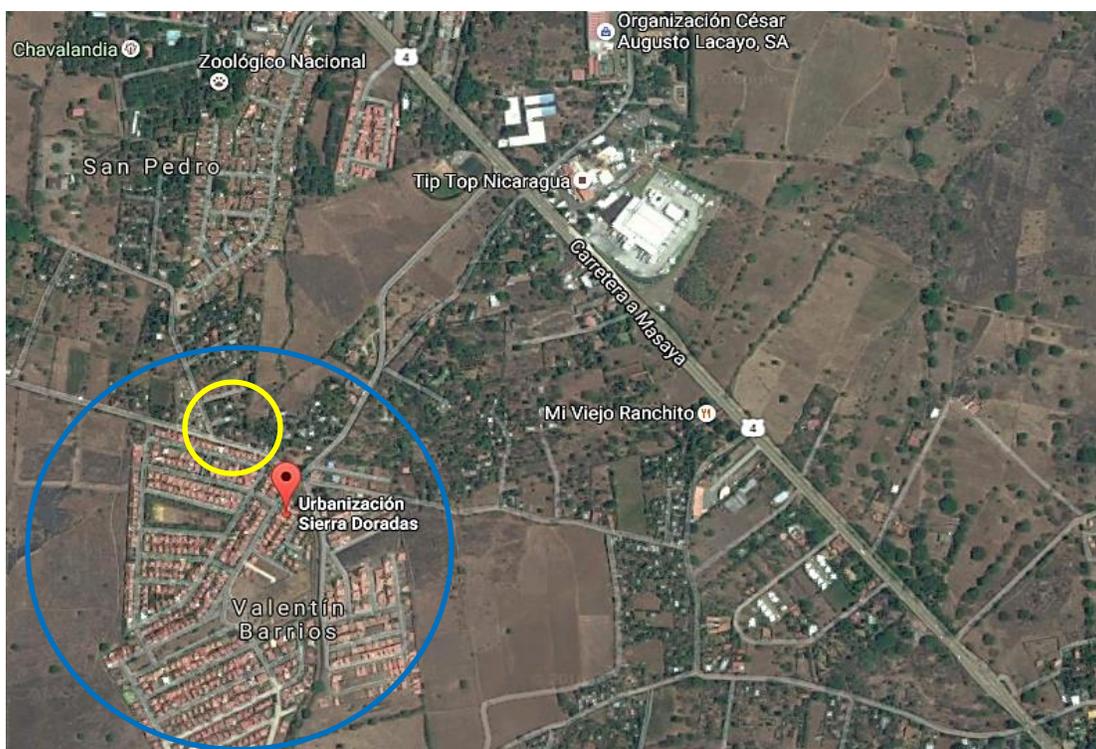


Figura 3.1 Macro localización- Residencial Sierra Dorada



Figura 3.1 Micro localización- PTAR del Residencial Sierra Dorada

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE LA PTAR

El proceso básico de lodos activados se integra de varios componentes que se interrelacionan entre sí. Sin embargo existen numerosas modificaciones al proceso de lodos activados. En este capítulo se describirá el proceso general del flujo de agua de esta planta de tratamiento según la variante específica de operación en base a la que se diseñó, para así poder conocer los principales equipos que se utilizan en cada una de las fases de este proceso, para comprender la importancia de cada uno de ellos en la correcta operación de la planta y así poder Diagnosticar los problemas físicos existentes de manera general en PTAR de la urbanización Sierra Dorada.

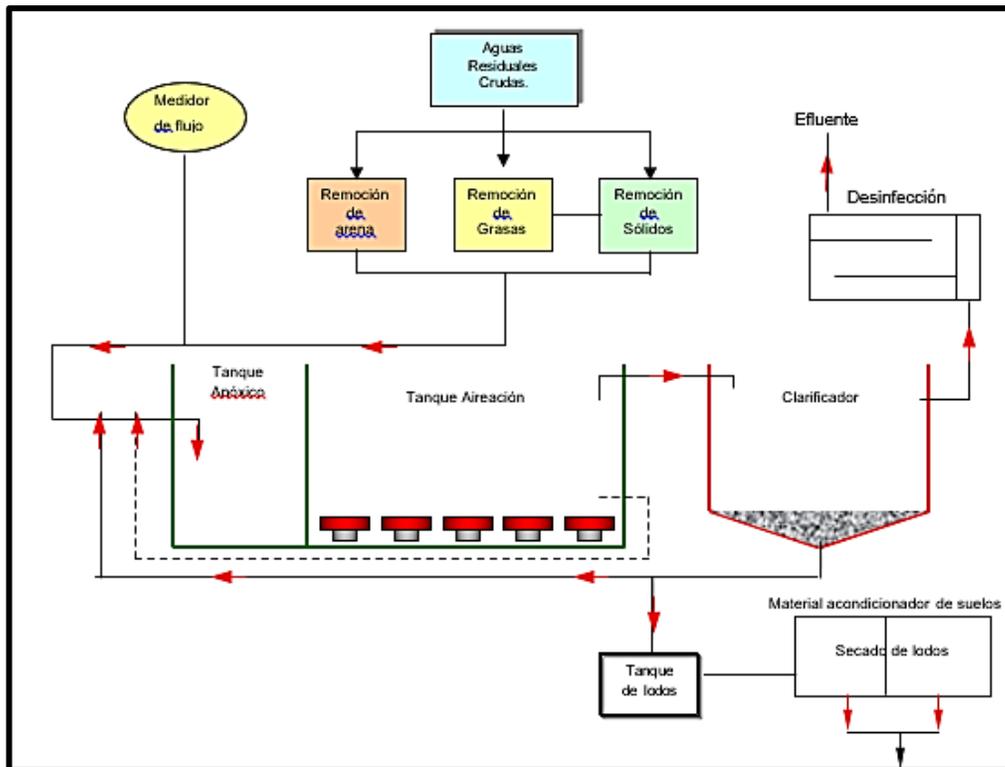


Figura 3.3 Diagrama de flujo

“Lodos Activados aireación extendida, modalidad LUDZACK-ETTINGER”

Las operaciones unitarias del sistema de tratamiento de la planta se encuentran integradas adecuadamente en una unidad compacta diseñada para optimizar el espacio. El sistema se describe en cinco fases generales:

- Fase 1: Pre tratamiento que consiste en la eliminación de material grueso.
- Fase 2: Tratamiento biológico para la remoción de la contaminación orgánica disuelta y de partículas muy finas.
- Fase 3: Desinfección
- Fase 4: Tratamiento biológico para la estabilización y manejo adecuado de lodo
- Fase 5: Espesamiento y deshidratación del lodo

Fase 1

- **Dispositivo de cribado**

Las aguas residuales crudas provenientes de la urbanización pasan a través de una **serie de rejillas** que permite eliminar el material grueso tal como plásticos, trozos de madera, trapos y otros

- **Remoción de Arenas**

Después de pasar por las rejillas, el agua residual fluye por la unidad de remoción de arena o **Desarenador**, donde estas partículas son removidas y luego eliminadas periódicamente por el operador de la planta. El sistema de desarenado, es una serie de desniveles en el piso, antes de la tubería de entrada, en la cámara del Desarenador (el piso está más bajo que la tubería), provoca que la arena se acumule y no entre por la tubería, para luego ser removida manualmente.

- **Medidor de flujo**

Un medidor de flujo es una estructura hidráulica calibrada de diferentes materiales, colocada en un canal abierto por donde fluye un líquido, generando una restricción al paso del líquido, con una relación conocida de profundidad (nivel) y caudal. Tal que el caudal puede ser determinado con una simple medición del nivel. Estos dispositivos pueden ser canales parshal, palmer bowlus, vertederos (aliviaderos) triangulares, rectangulares y trapezoidales

Esta planta no cuenta con ningún dispositivo de medición de flujo. Solo cuenta con dos dispositivos de control de flujo en su entrada el primero es una escotilla que descarga agua directamente al efluente, esta se usa cuando ocurren precipitaciones pluviales para aliviar el volumen de descarga entrante a la planta .Y el segundo dispositivo una válvula que se encuentra después del Desarenador y antes de la trampa de grasa, esta se usa para controlar el flujo del caudal

- **Eliminación de grasas y aceites**

Después de pasar por el Desarenador el agua es conducida hasta una **trampa de grasas** ubicada antes de la cámara anóxica, acá se separan las grasas y los sólidos suspendidos del agua clarificada. El agua entra en la primera cámara, todo el material flotante como las grasas, ascienden en el segundo compartimento de la cámara ya que son más livianas (menos densas) que el agua, mientras que el material más pesado se asienta como lodo en el fondo de la trampa de grasa. Por último en el tercer compartimento de la cámara, el agua clarificada sin grasa sale como efluente.

Fase 2

- **Tratamiento biológico (lodos activados)**

El agua es conducida hasta el **tanque de lodos activados** el cual está dividido en 2 partes la primera es un **“compartimiento anóxico” (que no está funcionando)** del tanque principal. En este compartimento se lleva a cabo el proceso conocido como des-nitrificación, que consiste en la transformación del nitrato en nitrógeno gaseoso. El nitrato proviene del flujo recirculado, ya oxidado, procedente del clarificador, mientras que la materia orgánica necesaria para este proceso se obtiene del influente. Del compartimiento anóxico el agua, con una disminución sustancial de materia orgánica, pasa a la segunda zona **“la cámara de aireación”**, donde le es insuflado aire por medio de **un soplador y difusores de burbuja fina** de alta eficiencia, con el objetivo de permitir que las bacterias presentes degraden, aeróbicamente, la materia orgánica contaminante.

- **Sedimentador**

Posterior a la etapa de aireación, la mezcla de lodo y agua ya tratada, es conducida al **tanque de sedimentación o clarificador**. Este tanque tiene la finalidad de separar el agua tratada de los “lodos activados” los cuales sedimentan por gravedad en el fondo del tanque. Para mantener un balance adecuado de lodos en el sistema, una parte de estos deben ser nuevamente recirculados al tanque de aireación, de esto se encarga la **bomba de recirculación de lodos**. En cambio el exceso de lodos que no reingresa al

sistema debe ser retirado periódicamente para evitar una acumulación excesiva de los mismos. Este lodo en exceso es conducido a un tanque especial de digestión de lodos donde se continúa con su estabilización para reducir su volumen y facilitar el manejo posterior del mismo, esto se logra gracias a la **bomba de evacuación de lodos**.

Fase 3

- **Desinfección por cloración**

El agua tratada y clarificada proveniente del decantador es conducida a un **tanque de cloración** en el que las bacterias patógenas son destruidas (**sin embargo durante se realizó este estudio se observó la constante falta de cloración**)

Fase 4

- **Digestión de almacenamiento y digestión adicional de lodos**

En el tanque de almacenamiento se reciben los lodos en exceso provenientes del tanque de aireación, a estos lodos se insufla aire por medio de **difusores de burbuja fina** con lo cual el lodo se va espesando y se continúa degradando, cada cierto tiempo el lodo degradado (estabilizado) tendrá que ser retirado del tanque digestor sobre la base de cálculos de la edad de lodo.

Estos lodos estarán estabilizados y sin malos olores, así que pueden ser dispuestos en otro lugar y eventualmente ser aprovechados como mejoradores de suelos o abono orgánico.

Fase 5

- **Deshidratación del lodo**

Esta última fase es una operación que se realizará por medio de **pilas de secado**. La finalidad de la deshidratación del lodo es reducir sensiblemente el volumen de lodo en exceso a manejar una vez que este sea retirado del sistema de tratamiento

SISTEMA DE AIREACIÓN Y RECIRCULACIÓN DE LA PLANTA

Ambos módulos funcionan con un solo soplador o blower (cada módulo con un blower), y una serie de tubería y válvulas que recorren cada cámara antes mencionada (cámara de aireación, sedimentador, cámara de estabilización de lodos) sin la presencia de ninguna otra bomba es decir no existe bomba de recirculación de lodos o expulsión de lodos, tampoco soplador para la cámara de aireación o para la cámara de estabilización de lodos, estos blower se encargan de cumplir con la función de estos equipos antes mencionados y se ubican dentro de las casetas de control de cada módulo respectivo. En la figura 3.4 se puede observar la placa del blower del módulo 1 y en la figura 3.5 se puede observar la placa del blower del módulo 2



Figura 3.4. Placa del blower módulo 1



Figura 3.5. Placa blower módulo 2

Es decir que cada módulo mueve, recircula y expulsa el lodo de una cámara hacia otra, haciendo uso de un solo blower , abriendo y cerrando distintas válvulas para conducir el lodo de una cámara a otra, con la fuerza de presión del aire

3.3 .CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SUS ELEMENTOS

Dada la cercanía del proyecto de urbanización **SIERRAS DORADAS** con el principal acuífero que dota a la ciudad de Managua de agua potable, en PURITEC nos hemos dado a la tarea de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para dicha urbanización que sobre cumpla, en todos los aspectos, la normatividad vigente en Nicaragua

DEPSA se propone la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales el cual brindará servicio a la Urbanización **SIERRAS DORADAS**. Las características y capacidades diseñadas para el sistema de tratamiento corresponden con parámetros apropiados para el tratamiento de “Aguas Residuales Domésticas”.

Todos los valores utilizados como base de cálculo se derivan de la información brindada por el consultor **DEPSA** quienes aseguran que las aguas residuales a ser tratadas corresponden con los parámetros físico-químicos propios de “Aguas Residuales Domésticas”.

Tabla 3.1. Datos de diseño de PTAR Sierra Dorada

Caudal diario:	218 m3/día
Caudal máximo:	13.63 m3/h (factor 1.5 respecto a flujo horario)
Carga orgánica:	65.4 Kg. DBO/día
Concentración de DBO5:	300 mg/l
Concentración TKN:	40 mg/l
pH:	6-9

Calidad de efluente requerida

La normatividad nicaragüense señala en el decreto No. 33-95, artículo 23, que para poblaciones menores a 75 mil habitantes se tienen los siguientes requerimientos mínimos de calidad:

Tabla 3.2. Calidad de vertidos líquidos en cuerpos receptores para poblaciones menores a 75,000 habitantes (decreto 33-95, arto. 23)

Parámetros	Rangos y límites máximos permisibles promedio diario
pH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	80
Grasas y aceites (mg/l)	10
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	90
Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	180
Sustancias Activas de azul de metileno (mg/l)	3

DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA

El procedimiento de cálculo aquí desarrollado se ajusta al recomendado por la American Society of Civil Engineers (ASCE) de los Estados Unidos y por el Manual of Practice (MOP) de la Water Environmental Federation (WEF) en su última edición (WEF, MANUAL OF PRACTICE 8 4th Edition).

Rejillas

Las rejillas son de acero inoxidable, instaladas en un canal de concreto.

La limpieza de las rejillas se realiza de forma manual.

Tabla 3.3. Dimensiones de rejillas de pre tratamiento

Ancho del Canal	0.50 m
Angulo de inclinación de la rejilla	60
Ancho de barra	0.01 m
Espesor de barra	0.04 m
Separación entre barras	0.04

Compartimiento anóxico

El compartimiento anóxico es el sitio donde se desarrolla la des-nitrificación, su cálculo se relaciona directamente con el proceso de nitrificación.

Tabla 3.4. Parámetros de diseño de cámara anóxica:

Temperatura =	25	°C
Tasa máxima de nitrificación (q_{Nmax}) =	1.3	mg N/mg SSV _N d
Coef crecimiento de org nitrificantes (Y_N) =	0.15	g/g
Coef decaimiento de org nitrificantes (k_{DN}) =	0.045	g/g
Oxígeno disuelto (Do) =	2	mg/l
Coef de saturación media nitrógeno (K_N) =	0.6	
Coef de saturación media nitrógeno (K_o) =	0.5	
Nitrógeno orgánico no degradable (SON) =	1	mg/l

Tabla 3.5. Dimensiones compartimiento anóxico:

Largo:	3.00 m
Ancho:	3.00 m
Profundidad (incluye bordo libre):	3.00 m

Cámara de Aireación

El criterio utilizado es el de Lodos Activados con aireación extendida. El volumen del tanque de aireación se calculó considerando la información básica ya definida, adicionalmente se seleccionaron los parámetros cinéticos que el autor consideró más apropiados.

Tabla 3.6. Datos para diseño de cámara de aireacion

Caudal diario:	218 m³/día
Caudal máximo (horario):	13.63 m ³ /h (factor 1.5 de flujo)
Carga orgánica:	65.4 Kg.DBO/día
Concentración TKN:	40 mg/l
pH:	6-9
Carga orgánica después de nitrificación:	236.2 mg/l
Carga orgánica a utilizar para diseño:	300 mg/l (conservador)
SST:	200 mg/l

Tabla 3.7. Parámetros de diseño:

θ_c (Edad de Lodo)	25 días
θ (Tiempo de Retención Hidráulico, ambos compartimientos)	23.1 horas
Y (Coeficiente de producción específico)	0.7
Kd (Coeficiente de consumo endógeno)	0.045 d ⁻¹
X (Concentración de microorganismos en licor mezclado)	2570 mg/l
Xr (Concentración esperada de SST en el lodo de retorno)	8,000 mg SST/l
S (Concentración teórica del sustrato en el efluente)	0

Presunciones típicas para aguas residuales domésticas

- Se asume que los sólidos Inertes representan un 20% de los SST presentes en el agua residual.
- Se asume que la fracción no biodegradable de los SSV representan un 40% de los SSV.

Tabla 3.8. Dimensiones de tanques aeróbicos (dos unidades):

Largo:	8.75 m
Ancho:	3.00 m
Profundidad (incluye bordo libre):	4.60 m

Dimensiones de tanque de lodos

Si decidimos almacenar lodos durante 7 días, el volumen del tanque de almacenamiento de lodos será de **15.69 m³**.

Tabla 3.9 .Dimensiones de tanque de lodos

Largo:	1.40 m
Ancho:	3.00 m
Profundidad (incluye bordo libre):	4.60 m

Dimensiones de clarificador (dos tolvas):

Para el diseño del área útil del clarificador se asumió una carga de 0.8 m³/m² – hora para caudal pico horario; con lo cual se garantiza un factor de seguridad bastante amplio y cumple con las normas recomendadas por el WasteWater Treatment Plant Desing de WPCF de los EE.UU.

Tabla 3.10.Dimensiones de clarificador (dos tolvas):

Largo:	2.75 m
Ancho (incluye ambas tolvas):	6.25 m
Profundidad (incluye bordo libre):	4.60 m
Tolvas:	60°

Dimensiones eras de secado (tres eras):

El espesor de la capa de lodo no debe sobrepasar los 50 cm y el tiempo de almacenamiento será de 15 días, bajo estas premisas se calcula el área requerida para las eras de secado:

Tabla 3.11. Dimensiones eras de secado (tres eras):

Largo:	11.30 m
Ancho:	3.00 m
Profundidad:	0.50

3.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNIDADES DE LA PLANTA

A continuación se presentan los procedimientos para la buena operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, en la cual se han aplicado para su diseño los criterios de Lodos Activados en su modalidad de aireación extendida.

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

Para la realización de las tareas descritas en el presente manual se requiere del siguiente equipamiento:

- Un rastrillo de mango largo para recoger los sólidos de la rejilla
- Un medidor de oxígeno portátil para el control de la concentración de oxígeno en el tanque de aireación y temperatura
- Un pH metro.
- 2 probetas de 1000 ml

3.4.1. REJILLAS

Las rejillas deberán limpiarse periódicamente por el operador, una revisión diaria de la rejilla es recomendable; sin embargo el buen criterio del operador es fundamental para decidir en qué momento será necesario extraer los materiales gruesos acumulados en la rejilla.

3.4.2. BOMBEO EN TANQUE DE LODOS

En el tanque de lodos se deberá verificar el buen funcionamiento de la bomba cada vez que sea necesario sacar lodo, En caso de que la misma presente algún desperfecto deberá ser cambiada por la unidad que se encuentra en Stand By, los detalles de colocación y ajuste del equipo podrán ser consultados en el manual de operación y funcionamiento del mismo.

Si por alguna razón fallara el sistema eléctrico o el sistema de bombeo durante un tiempo prolongado, el operador deberá utilizar el sistema de by pass existente en las instalaciones. Bajo ninguna circunstancia se deberán permitir derrames en el tanque de lodos.

3.4.3. CONTROL DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL SISTEMA

Tal y como ya se ha descrito anteriormente, el sistema de lodos activados requiere oxígeno para su funcionamiento. En condiciones naturales, la tasa de consumo de oxígeno por parte de estos microorganismos en un momento determinado excede la tasa de transferencia del oxígeno atmosférico hacia el agua, produciéndose un déficit de oxígeno que eventualmente conlleva a una situación anaeróbica: El operador deberá controlar que al menos exista una concentración de 2 mg/l de O₂ en cualquier punto del tanque de aireación y en todo momento; esta medición se puede realizar por medio de un medidor de oxígeno portátil, el cual es una herramienta importante para el buen control del funcionamiento de la planta.

Estas mediciones el operador deberá realizarlas al menos dos veces durante el día.

3.4.5. CONTROL DE LODOS EN EL SISTEMA

3.4.5.1. Control por medio de la concentración de SSV

El sistema ha sido diseñado para mantener una concentración de lodos en el tanque de aireación entre 2,500 mg/l y 3,000 mg/l expresados como Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

En condiciones de operación normal se ha estimado que alrededor de dos tercios de toda la materia orgánica entrante con el agua residual ya sea en forma coloidal o disuelta, es transformada en nuevos microorganismos; además de que grandes cantidades de los desechos entrantes al sistema son inertes o de difícil degradación. El resultado es que una buena parte de la contaminación removida por los lodos activados permanecen en el floculo y se acumulan en el mismo. Debido a esta acumulación de sólidos y al crecimiento de nuevos microorganismos, es que eventualmente el tanque de sedimentación se llenaría de lodos si una parte de los mismos no fueran removidos del sistema.

Una de las formas de controlar la cantidad de lodo en el sistema es tomando una muestra del tanque de aireación y determinar la concentración de SSV cuando se ha conseguido obtener muy buenos resultados; por ejemplo si el operador encuentra que a una concentración de 2,500 mg/l de SSV la planta opera adecuadamente entonces no realiza ninguna acción, si la concentración de lodos en el tanque de aireación es mayor que 2,500 mg/l , entonces el operador decidirá sacar más lodo del sistema hasta alcanzar la concentración de 2,500 mg/l; si la concentración es menor, entonces el operador reducirá la cantidad de lodo que eliminará del sistema reduciendo el flujo de la bomba de eliminación de lodos. El operador deberá controlar la concentración de lodos en el tanque de aireación al menos una vez por semana.

3.4.5.2. Control por medio de Índice Volumétrico de Lodo

Este método requiere acumular una cierta experiencia y conocimiento sobre el funcionamiento de la planta en particular, pero una vez que se obtienen los datos necesarios el procedimiento se vuelve sumamente simple y de fácil manejo para el operador.

El Índice Volumétrico de Lodos (IVL) se define como la relación existente entre el volumen de lodo que sedimenta durante 30 minutos en una probeta de 1000 ml y la concentración de lodos expresada en g/l. Un IVL entre 40 y 150 es un indicador de que el lodo posee buenas cualidades de sedimentación; un IVL mayor de 200 indica una pobre calidad de sedimentación del lodo lo cual podría incidir negativamente en la obtención de un efluente de buena calidad. Como en el IVL la concentración del lodo (mg/l SST) se encuentra relacionada con la sedimentabilidad del lodo (ml/l) el operador puede construir un gráfico o un cuadro en el cual relacione la concentración de lodo con la sedimentabilidad del mismo, de tal manera que para cada valor en ml/l se corresponderá un valor promedio en mg/l. Este cuadro permitirá al operador conocer aproximadamente la concentración de lodo en el tanque de aireación solamente con realizar la prueba de sedimentación durante 30 minutos utilizando una probeta de 1000 ml.

$$IVL = \frac{\text{ml de lodo sedimentado} \times 1,000}{\text{mg / l SST}} \text{ (ecuación - 3.1)}$$

Otro criterio importante que el operador deberá tener en cuenta es la acumulación de lodo que se pueda observar a simple vista en el tanque de decantación, si esta acumulación de lodos es tal que está provocando arrastre del lodo fuera del sistema, el operador deberá valorar la necesidad de extraer lodo del mismo, hasta un nivel tal que no afecte la concentración óptima dentro del tanque de aireación. El operador deberá regular el flujo de recirculación hasta tal punto que permita obtener la concentración deseada de lodos en el tanque de aireación. En esta

operación se deberá procurar recircular entre el 50% y el 100% del caudal, en dependencia de la concentración de sólidos presente en el decantador y el tanque de aireación.

3.4.6. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

El micro PLC LOGO se programará como un contador de horas para el control del mantenimiento de cada compresor; cuando un compresor cumpla las horas de operación se activará una señal amarilla, el display visualizara un mensaje donde indicará a cual compresor le toca el mantenimiento preventivo. Este sistema permite que, una vez identificado el compresor de mantenimiento, se oprima una botonera de “reset” para que el contador vuelva a comenzar su conteo.

El sistema de arranque de los compresores se ejecuta a través de guardamotors, contactores y selectores para operación de manual, automático; se dispondrá también de lámparas de señalización para visualizar la operación de cada motor, estos se alternaran cada semana y su operación es de 198 horas equivalentes a 7 días a la semana durante 24 horas diarias.

El sistema de arranque de bomba de lodos se ejecutará por medio de guardamotors y contactores, también se dispondrá de selector para operación auto y manual, su lámpara de visualización de operación y control de alto y bajo nivel para el encendido y apagado de la bomba.

El sistema de control de las válvulas solenoides es completamente automático y sus ciclos de operación los maneja el micro PLC; este sistema no posee operación manual ya que se contará con un by pass en las tuberías para este tipo de operación.

3.4.7. POSIBLES PROBLEMAS, SUS CAUSAS Y SOLUCIONES

El operador deberá observar si se presentan cambios en la apariencia física del sistema y deberá tomar notas de esos aspectos. Con una buena observación y

con experiencia adquirida el operador podrá determinar qué es lo que está ocurriendo en el sistema de tratamiento.

Tabla 3.12. Posibles problemas, sus causas y soluciones en la operación de la planta Sierra Dorada

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
Color negro del agua en el tanque de aireación	Falta de oxígeno	Ampliar la capacidad de oxigenación del sistema.
Acumulación de espuma fina de color blanquecina	Edad de lodo muy baja.	Reducir la tasa de descarga de lodos.
Acumulación de espuma grasosa y densa	Edad del lodo muy alta.	Incrementar la tasa de descarga de lodos.
Arrastre de sólidos fuera del decantador	Nivel de lodo demasiado alto en el Sedimentador	Incrementar la tasa de descarga de lodos.
Generación de gas en el Sedimentador	Edad del lodo demasiada grande, condiciones anaerobias en el Sedimentador	Incrementar la tasa de descarga de lodos
Formación de grumos de color gris y de apariencia grasosa	Mal funcionamiento de la trampa de grasa, condiciones anaerobias en el decantador	Limpieza de la trampa de grasa, incremento de la tasa de recirculación o eliminación de lodos.
Demasiada turbulencia en un sector del tanque	Colmatación o disfunción de algún difusor	Revisar y cambiar los difusores que se encuentren en mal estado

CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO

4.1 LAS AGUAS RESIDUALES

Aguas residuales: son todas las aguas de desechos que resultan de las diversas actividades del hombre y los cuáles no pueden volver a ser usadas sino para otros fines, con un previo tratamiento. Pueden ser de origen doméstico o de origen industrial.

4.1.1 CLASIFICACIÓN

- Domésticas y Comercial :de Hogares, Comercios, Instituciones
- Industrial

Aguas residuales Domésticas y Comerciales: Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Esta agua están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos

Aguas residuales industriales: Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre u otros dependiendo del tipo de industria, estos requieren ser removidos (tratamiento) antes de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Sólidos suspendidos

Se entiende por Total de sólidos en suspensión o TSS a un parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua.

Sólidos disueltos

El total de sólidos disueltos es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (sol coloide). En general, la definición operativa es que los sólidos deben ser lo suficientemente pequeño como para sobrevivir filtración a través de un filtro con poros de 2 micrómetros (tamaño nominal, o más pequeño). EL total de sólidos disueltos se diferencia del total de sólidos en suspensión (TSS), ya que este último se compone de sustancias que no pueden pasar a través de un filtro de dos micrómetros, aunque estas sean también suspendidas indefinidamente en una solución líquida.

Color y turbiedad

Estas características son utilizadas como indicadores visuales para saber la calidad del agua residual tratada y el estado de funcionamiento de la PTAR se hablara de ellas en el inciso 4.4 (como “color” y “turbiedad del afluente”)

pH

El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa y se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones H⁺. Influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9.

Oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 7 y 12 partes por millón (ppm o mg/l). A veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación. Los niveles bajos de OD pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y, por lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua.

Fósforo total

Los fosfatos y compuestos de fósforo se encuentran en las aguas naturales en pequeñas concentraciones. Los compuestos de fosforo que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; y detergentes y productos de limpieza. Los compuestos del fósforo (particularmente el orto-fosfato) se consideran importantes nutrientes de las plantas, y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, pudiendo llegar a promover la eutrofización de las aguas. El crecimiento excesivo de algas en las aguas receptoras causa una disminución del oxígeno disuelto y, a largo plazo, serios problemas de contaminación. En lo referente a las aguas de consumo humano, un contenido elevado modifica las características organolépticas y dificulta la floculación - coagulación en las plantas de tratamiento.

Nitrógeno total

El nitrógeno presente en el medio acuático puede existir en cuatro formas diferentes:

- Nitrógeno orgánico.
- Nitrógeno amoniacal.
- Compuesto en forma de nitritos.
- Compuestos en forma de nitratos.

En un agua residual sin tratar están presentes las dos primeras. La descomposición por las bacterias transforma fácilmente el nitrógeno orgánico en

amoniacal en la cantidad relativa de amoníaco presente es un indicativo de la edad del agua residual. En el tratamiento de aguas residuales urbanas se emplea el concepto de nitrógeno total, suma del orgánico y amoniacal. El exceso de nutrientes, nitrógeno y fósforo en el agua provoca que las plantas y otros organismos crezcan. Cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo su calidad. Durante su crecimiento y su putrefacción, consumen una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido. Por otra parte, el nitrógeno es tóxico para los peces.

Nitritos

Su presencia puede deberse a una oxidación incompleta del amoníaco o a la reducción de nitratos existentes en el agua. La reducción de nitratos a nitritos puede llevarse a efecto por la acción bacteriana. El agua que contenga nitritos puede considerarse sospechosa de una contaminación reciente por materias fecales. Algunas aguas, debido a los terrenos por donde discurren o a las condiciones de almacenamiento pobre en oxígeno, pueden presentar ciertos contenidos de nitritos.

Los nitritos existentes en un agua pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud de quien la consume, si se encuentran en una concentración bastante elevada. La enfermedad producida por la ingestión de nitritos se denomina metahemoglobinemia. Es recomendable la ausencia de nitritos en un agua de consumo. Los iones nitrito pueden formar compuestos nitrogenados en el organismo, que, en un porcentaje elevado, hay indicios de que sean cancerígenos.

La relación de absorción de sodio (sar)

La relación de absorción de sodio (SAR) es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos

dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad. Sus efectos no dependen solo de la concentración en sodio sino también del resto de cationes. Si en un agua predomina el ion sodio, inducirá cambios de calcio y magnesio por sodio en el suelo, lo que podría llevar a la degradación de este, con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad.

El calcio y el magnesio tienden a contrarrestar el efecto negativo de sodio. Altos niveles de SAR podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de infiltración de agua. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire. Cuanta más alta es la salinidad, menor será el efecto negativo del sodio sobre la estructura del suelo.

Demanda química de oxígeno

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos. La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande caso en el que la DBO₅ puede alcanzar valores muy altos, será necesaria una pre-cloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado.

Demanda bioquímica de oxígeno

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores. El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO₅

Coliformes fecales

El agua para consumo humano puede estar contaminada por microorganismos patógenos de origen fecal. Muchas enfermedades importantes se asocian a contaminación del agua por desechos humanos. Los indicadores bacteriológicos, son organismos de un grupo específico, el cual por su sola presencia demuestra que ocurrió contaminación y en ocasiones, sugiere el origen de dicha contaminación. En la actualidad, el grupo Coliformes se define como todos aquellos bacilos cortos, gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a 35 °C. Y los Coliformes fecales se definen como todos aquellos bacilos cortos, gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, capaces de fermentar lactosa con producción de ácido y gas en 24-48 horas a 44 °C. La principal diferencia entre los Coliformes totales y fecales es la capacidad de estos últimos de crecer a mayor temperatura en condiciones de laboratorio. Desde el punto de vista salud, este grupo es más importante que los Coliformes totales, dado que se relaciona más con la probabilidad de encontrar patógenos excretados (bacterias, parásitos y virus entéricos) en el agua.

4.1.3. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS STAR

Tabla 4.1 – Impactos medioambientales de los Sistemas de tratamientos de Aguas Residuales

MEDIOAMBIENTALES	
POSITIVOS	NEGATIVOS
Evitar la contaminación de cuerpos de aguas superficiales debido al vertimiento directo de las aguas residuales en ríos, lagos o mares, se deposita una menor cantidad de materia orgánica, de la misma forma también disminuye la carga microbiológica descargada.	Presencia de elementos potencialmente Fito-tóxicos que pueden acumularse en los cultivos y transmitirse a lo largo de la cadena alimenticia, si se permite la descarga de efluentes industriales sin tratamiento previo
De esta manera, se reducen significativamente algunos problemas de contaminación ambiental, tales como el agotamiento del oxígeno disuelto y la eutrofización	Generación de malos olores por diseño, operación y mantenimiento inadecuados.
Esto posibilita que el agua dulce se destine a satisfacer la demanda urbana y que el agua residual convenientemente tratada se aplique al uso agropecuario.	Si no se presta especial atención al proceso de filtración y drenaje se puede producir un deterioro en el suelo, causado por el aumento de salinización y saturación del agua
Incrementar su atractivo visual mediante entornos ecológicos alrededor de las zonas urbanas .El agua tratada puede utilizarse para regar zonas verdes urbanas (campos de golf, parques, etc.).	Contaminación del agua subterránea a causa de elementos contaminantes no removidos por el sistema de tratamiento, en caso el acuífero sea vulnerable y no exista una impermeabilización adecuada

SOCIOCULTURALES	
POSITIVOS	NEGATIVOS
Reduce riesgos a la salud por el manejo adecuado de las aguas residuales, disminuyendo así las enfermedades	Pérdida de valor de los terrenos aledaños si se presentan malos olores o molestias por el diseño incorrecto o inadecuada operación y mantenimiento de la planta de tratamiento
Empleos generados por la construcción, operación y mantenimiento de la planta y ampliación de la frontera agrícola	Efectos adversos a la salud de los agricultores y consumidores de los productos generados con el uso de las aguas residuales no tratadas.
Fertilización de suelos agrícolas con lodos tratados que contienen materia orgánica y minerales	Presencia de vectores de enfermedades, si no hay control adecuado
Protección de las comunidades aguas abajo de las descargas de aguas residuales y consumidores de los productos generados con su uso	Disminución de terrenos para la producción agrícola (cuando los agricultores tienen que ceder parte de sus terrenos para el tratamiento)

4.2. INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES

Los **tratamientos biológicos** de aguas residuales aprovechan la capacidad de determinados microorganismos (entre los que destacan las bacterias) de asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual para su propio crecimiento. Los únicos requisitos para la aplicación satisfactoria de estas tecnologías son que la contaminación sea biodegradable y que no haya presencia de ningún compuesto biocida en el efluente a tratar. Los microorganismos pueden asimilar la materia orgánica consumiendo oxígeno (**sistemas aeróbicos**), o bien en completa ausencia

de éste (**sistemas anaeróbicos**), lo que nos lleva a disponer de 2 sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales. La selección del tipo de proceso biológico más conveniente se debe analizar caso a caso en función de las características del efluente a tratar.

4.2.1. SISTEMAS AEROBIOS

La tecnología del tratamiento de aguas residuales por vía aerobia está bien desarrollada. La experiencia acumulada y las altas eficiencias en la remoción de la materia orgánica son algunas de las razones de su aceptación. Estos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar materia orgánica y nutriente disuelta en el agua residual para su propio crecimiento, en presencia de oxígeno. En todos estos procesos, la materia orgánica se descompone convirtiéndose en dióxido de carbono, y en especies minerales oxidadas.

4.2.2. SISTEMAS ANAEROBIOS

Consisten en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato. Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo

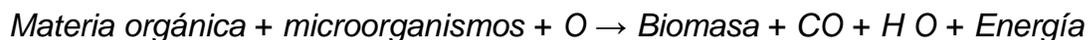
Tabla 4.2 Ventajas y desventajas de los procesos de tratamiento aerobio y anaerobio

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Aerobio	<ul style="list-style-type: none"> Alta eficiencia en la remoción de materia orgánica. Son procesos relativamente estables 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere aireación. Produce 10 veces más lodo biológico. Inadecuado para tratar residuos líquidos con altos contenidos de materia orgánica. No soporta periodos largos sin alimentación.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Anaerobio	<ul style="list-style-type: none"> Menor producción de lodo biológico. Posibilidad de tratar desechos con alto contenido de materia orgánica. Utilización del metano para producir energía. Periodos prolongados sin alimentación. El lodo biológico en el rango termofílico. 	<ul style="list-style-type: none"> Lentitud en el arranque. Adaptación lenta a variaciones en la alimentación. Dificultad en su control. Productos reducidos en el efluente (requiere un postratamiento). Complejidad en el sistema de distribución. Dificultad en la construcción si son profundos. El agua resultante tiene una alta cantidad de amonio.

4.3. PROCESO DE LODOS ACTIVADOS Y SUS VARIANTES

Este sistema de tratamiento biológico se desarrolla en un ambiente rico en oxígeno (aerobio), con microorganismos vivos y materia orgánica. Es similar al proceso biológico natural que se observa en las capas superiores del suelo que contiene gran variedad de microorganismos; la diferencia consiste en que el proceso de lodos activados es un proceso controlado que mantiene a los microorganismos en un ambiente líquido. El mecanismo básico del sistema se representa de una manera simplista con la siguiente reacción biológica:



Los primeros microorganismos dirigen una parte de la materia orgánica absorbiéndola a través de su pared celular, produciendo ciertos productos de desecho, los que se utilizan como alimento por otros microorganismos. Este proceso de degradación acumulativa continúa hasta que la materia orgánica compleja original ha sido degradada y asimilada por la población biológica.

4.3.1. COMPONENTES BASICOS DEL SISTEMA

El proceso básico de lodos activados se integra de varios componentes que se interrelacionan entre sí:

1. Tanque de aeración (uno o varios) diseñado para un mezclado completo o trabajar como flujo pistón. Estructura donde el desagüe y los microorganismos son mezclados. Se produce reacción biológica.
2. Fuente de aeración que permita transferir el oxígeno y proporcione la mezcla que requiere el sistema. La fuente puede ser un soplador con difusores, aeración mecánica o a través de la inyección o de oxígeno puro. El sistema de aireación, dispersa el aire en el fondo de la cámara de aireación y están diseñados de tal manera que son inobstruibles, impidiendo el retorno del líquido por la cañería al cesar el flujo de aire
3. Sedimentador (uno o varios) para separar los sólidos biológicos (lodos activados) del agua tratada. El desagüe mezclado procedente del tanque aireador es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
4. Un mecanismo para recolectar los sólidos biológicos del sedimentador y recircular la mayor parte de ellos al reactor biológico o tanque de aeración, en lo que se conoce como recirculación de lodos activados. El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aeración. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables en el tanque sedimentador son retornados al tanque de aeración
5. Un mecanismo para desechar el exceso de sólidos biológicos del sistema, lo que se conoce como purga de lodos. El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aeración, es eliminado, tratado y dispuesto.

En una planta municipal típica, un proceso de lodos activados bien diseñado y operado puede alcanzar efluentes con 20 mg/L de DBO₅ y 20 mg/L de sólidos suspendidos. El proceso tiene capacidad para mayores eficiencias hasta de 10 mg/L de DBO y 15 mg/L se SS. Para alcanzar valores menores a estos últimos, se requiere tratamiento avanzado.

4.3.2. VARIANTES AL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

Existen numerosas modificaciones al proceso de lodos activados. Hay varias maneras de tratar el agua residual biológicamente; el proceso de lodos activados es uno de los más comunes y eficientes. Existen también algunas modificaciones al proceso convencional de lodos activados que son usadas a menudo al diseñar estos sistemas. Las modificaciones se describirán de manera sencilla a continuación.

Completamente mezclado

Las aguas residuales están en mezclado completo en cualquier sitio dentro del tanque de aeración. En el modelo completamente mezclado (idealmente), toda el agua influente al tanque de aeración se mezcla instantáneamente con el oxígeno (abastecido con aire) y las bacterias (lodos activados) dentro del agua contenida en el tanque de aeración. Un diagrama de flujo para este esquema se presenta en la figura 4.1

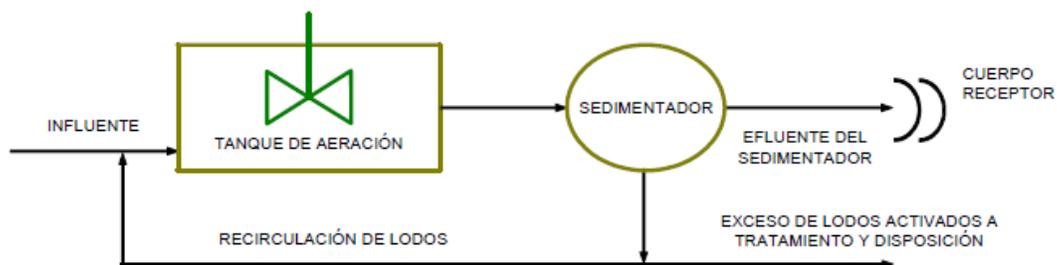


Figura 4.1 Diagrama de flujo para mezcla completa del proceso de lodos activados (proceso convencional)

Una vez que el agua cruda está en mezclado completo con el oxígeno y las bacterias, la concentración de sólidos suspendidos volátiles y la demanda de oxígeno son homogéneos en todo el tanque. Este es el esquema más común del proceso de lodos activados.

Aeración extendida

La aeración extendida es usada para tratar aguas residuales industriales. La modificación al sistema de lodos activados denominada Aeración Extendida es usada comúnmente para tratar aguas residuales de origen industrial que contienen principalmente materia orgánica soluble y las bacterias necesitan amplios tiempos de retención para desdoblar las sustancia complejas de este tipo de residuos. La figura 4.2 muestra un diagrama de flujo.

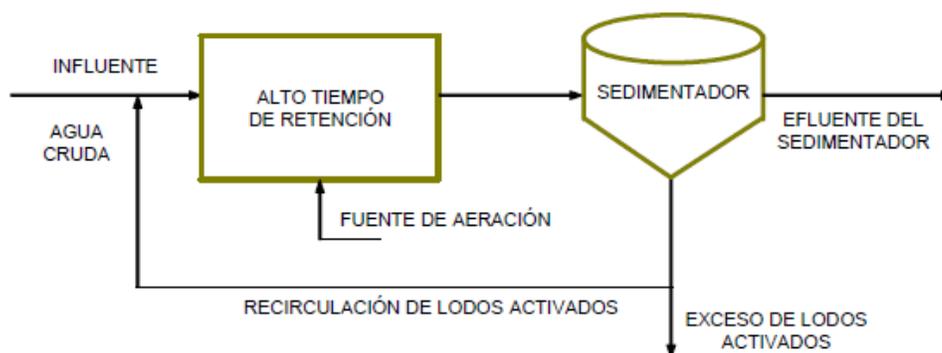


Figura 4.2 Aeración extendida

El modelo de esta modificación es similar al completamente mezclado, con la característica de tener altos tiempos de aeración (aeración extendida). Una ventaja de este proceso es que el largo tiempo de retención en el tanque de aeración proporciona una mayor homogeneización del agua cruda, aceptando el proceso cambios bruscos en cargas hidráulicas y orgánicas. Una segunda ventaja es que se producen menos lodos de desecho pues algunas bacterias son digeridas en el tanque de aeración. Ambas ventajas hacen de este sistema uno de los más simples de operación en el marco de los lodos activados.

4.4 INDICADORES VISUALES USADOS PARA EL MONITOREO OPERACIONAL DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

Los indicadores visuales son la principal herramienta del personal de operación para monitorear el funcionamiento de su planta de tratamiento. Los resultados se usan no solo para conocer las eficiencias del proceso, sino también para resolver problemas de operación en pocas palabras sirven como base para el funcionamiento adecuado del sistema. Los más usados en los sistemas de lodos activados son:

Color

El color puede ser indicativo de un lodo viejo o de uno saludable; un lodo activado airado en buenas condiciones presenta un color café achocolatado. Un lodo oscuro o negro podrá indicar que no se transfiere el suficiente oxígeno al tanque de aeración y que el lodo es anaerobio. Un color poco usual que se observe en el tanque de aeración puede indicar alguna sustancia extraña descargada en el sistema de alcantarillado (por ejemplo, colorantes de la industria textil o sangre de un rastro).

Olor

El olor puede indicar si la planta está trabajando bien; una planta bien operada no debe generar olores objetables. Una muestra de lodos activados saludables del tanque de aeración tiene un ligero olor; si el lodo se vuelve séptico, su color cambia a oscuro y el olor irá aumentando hasta ser similar al del huevo podrido (ácido sulfhídrico gaseoso).

Espuma

La espuma también es indicio de las condiciones de operación de la planta. La formación de espuma blanca en el efluente de la planta indica alta concentración de sólidos, y la formación de grandes cantidades de espuma en el tanque de aeración, signo de que el lodo activado es demasiado joven, y que se debe disminuir la purga de lodos; por el contrario, la formación de espuma espesa y oscura indica un lodo viejo, por lo que la purga debe aumentarse. La presencia de

espuma puede deberse en algunas ocasiones a sustancias químicas descargadas al alcantarillado.

Algas

El excesivo crecimiento de algas en las paredes de los tanques o en las canaletas recolectoras significa que el influente a la planta tiene altos niveles de nutrientes. Las algas necesitan nitrógeno y fósforo para crecer y algunas formas de algas tienen la habilidad de tomar el nitrógeno de la atmósfera; esto quiere decir que aun con poco nitrógeno y alto contenido de fósforo se pueden presentar problemas de algas. Si se agrega ácido fosfórico como fuente de nutrientes, esta fuente debe reducirse o cancelarse

Turbiedad del efluente

Altas concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente del sedimentador secundario es una indicación obvia del mal funcionamiento de la planta. Sin embargo, este problema, a menudo es observado solamente hasta que se tienen resultados analíticos del efluente. Si el acarreo de sólidos se presenta solamente en una sección de la canaleta, es probable que se tengan cortocircuitos en el sedimentador o que los vertedores estén desnivelados. Si el acarreo ocurre a lo largo de toda la canaleta (y vertedores), es indicativo de que el lodo tiene propiedades de sedimentación muy pobres.

Burbujeo

Las burbujas en el sedimentador secundario denotan que el lodo está siendo retenido durante mucho tiempo y que se debe incrementar la recirculación. Si el manto de lodos es demasiado profundo, el lodo en las capas más profundas se convertirá en anaerobio (séptico) y producirá ácido sulfhídrico, metano y dióxido de carbono, que al desprenderse como gas formará burbujas. Este fenómeno causa problemas operacionales, pues al desprenderse las burbujas se arrastran sólidos a la superficie.

Material flotante

El material flotante o capa de lodos del sedimentador secundario es indicador de altas concentraciones de grasas y aceites en el influente a la planta; esto interfiere con la sedimentación secundaria y puede causar bajas eficiencias de remoción de DBO5. Una capa de nata en el sedimentador significará que se está inyectando demasiado aire y que las burbujas formadas arrastran los flóculos fuera del sedimentador. El oxígeno disuelto en el tanque de aeración debe revisarse continuamente para mantenerlo entre 1 y 2 mg/L.

Acumulación de sólidos

La acumulación de sólidos, sobre todo en las esquinas en zonas intermedias entre aireadores o zonas profundas, indica un mezclado ineficiente del licor mezclado del tanque de aeración. Este problema puede identificarse muestreando el tanque con equipo para pruebas de fondo, o con un palo para sentir los depósitos de lodo. Los montículos de lodos depositados pueden ser causados también por la operación ineficiente de las cámaras desarenadoras, o de los sedimentadores primarios, lo que permite que la arena llegue hasta el aireador. La colocación adecuada de mamparas, en ocasiones resuelve el problema de mezcla pobre. La acumulación de sólidos es indeseable porque reduce el volumen efectivo del aireador; por tanto, afecta la eficiencia del proceso. Los montículos de lodos dan como resultado zonas de actividad anaerobia que se traducirán en problemas de sedimentación y olor.

Trayectoria de flujos

Los cortocircuitos en tanques es otro problema que algunas veces se detecta visualmente. Un cortocircuito es cuando el influente pasa al tanque directamente de la estructura de entrada a la estructura de salida; esto lleva a la reducción de tiempos de retención por debajo de los de diseño, o sea una pobre operación. Algunos cortocircuitos se detectan al observar cómo se mueve la espuma del aireador, los sólidos suspendidos o el material flotante. La colocación de mamparas, a menudo elimina este problema.

Turbulencia

La turbulencia en el tanque de aeración puede usarse para identificar problemas; un tanque completamente mezclado debe presentar una turbulencia homogénea. Turbulencias heterogéneas (no uniformes) pueden ser causadas por difusores obstruidos, colocación desigual de aireadores superficiales, o insuficiente aeración de algún equipo. Las zonas de baja turbulencia indican el lugar preciso de difusores obstruidos.

Tacto

Cuando una planta ha operado por un largo período, las reparaciones del equipo se vuelven más frecuentes. El tacto es una importante herramienta para monitoreo de equipos en funcionamiento; si los motores de las bombas, sopladores o algún otro motor de los equipos el proceso se sienten más calientes de lo normal, se deben verificar para evitar un daño y costo mayor. La excesiva vibración en bombas y tuberías pueden ser una señal de advertencia de un mal funcionamiento de los equipos; se debe identificar la causa de la vibración para corregirla y evitar problemas futuros.

CAPITULO V: METODOLOGIA DE EVALUACION DE EFICIENCIA DE CARGA ORGANICA

5.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y SUS SISTEMA

5.1.1. VISITAS TECNICAS Y RECONOCIMIENTO A LA PLANTA

Se realizaron visitas de campo a la planta de tratamiento de aguas residuales que fue evaluada, la cual es la perteneciente a la urbanización Sierra Dorada con el objetivo de verificar el estado físico-operacional de la planta y los aspectos relacionados a su uso general actual, así como las condiciones actuales existentes de cada una de los componentes del sistema de tratamiento y su ubicación exacta dentro del complejo operacional de la planta.

A partir de estas visitas brindadas por la urbanizadora se observó el funcionamiento exacto del sistema, reconociendo cada uno de los componentes del complejo de la planta con el fin de utilizarlos en la obtención de los datos necesarios para el estudio de la planta; como por ejemplo la medición de los caudales de agua residuales contaminadas que recibe la planta y los caudales tratados que son evacuados por la planta; los cuales se obtendrán a partir de elementos propios de la planta como una cajas de registro o tuberías de descargas, además de otros aspectos a estudiar de la planta.

En la tabla 6.1, mostrada en el capítulo VI se encuentran las observaciones del estado físico actual de los elementos de la planta, recopiladas durante estas visitas.

Además de verificar el método exacto que se utiliza para el tratamiento de las aguas residuales contaminadas el cual resulto ser de el “método de lodos activados con aireación prolongada”, además de conocer la ubicación exacta de la planta con respecto a la urbanizadora y la ubicación del cuerpo de agua receptor que recibe el agua ya tratada descargada por la planta.

5.1.2. EVALUACION OPERACIONAL DE LA PLANTA MEDIANTE INDICADORES VISUALES

Existen muy pocas reglas que pueden utilizarse para intentar diagnosticar problemas del proceso de lodos activados. Sin embargo, los problemas que se presentan súbitamente, en general son fáciles de identificar, mientras que los que se presentan en un tiempo largo, o que se desarrollan lentamente son difíciles de determinar.

Si se presenta algún problema en la planta, debe ser caracterizado, recopilando la mayor cantidad de información relativa a como se presentó. Una vez caracterizado, se intentará identificar el problema basándose en literatura consultada, interpretación de datos obtenidos, experiencias en la planta, y listado de múltiples causas posibles para ir eliminándolas de acuerdo con toda la información.

Para la evaluación operacional de la planta en estudio se usó un método de monitoreo visual (extraído del manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de lodos activados – 2009-instituto mexicano de tecnología del agua)

El operador puede usar los indicadores visuales (acápite 4.4) para conocer las condiciones de funcionamiento de la planta de tratamiento y proceder a su adecuada operación. Para este análisis se realizó un recorrido por la planta de tratamiento en estudio, y se rellenó la tabla 5.1

Una vez realizado el recorrido y recopilados los datos necesarios rellenando la tabla mostrada se procedió a realizar los análisis correspondientes para determinar las causa de los problemas presentados, y los equipos o procesos de control afectados, estos se mostraran en el capítulo de resultados.

Tabla 5.1 Tabla de Evaluación operacional de la PTAR Sierra Dorada usando indicadores visuales

COLOR	café	negro	verde	otro
	X			
Observaciones	Lodo color café en todas las áreas de la PTAR			
OLOR	húmedo	ligero	séptico	otro
	X			
Observaciones	Olor a humedad en todas las áreas de la PTAR			
ESPUMA	entrada	Tan. Aireación	sedimentador	salida
Observaciones	No hay presencia de espumas en ninguna parte			
ALGAS	entrada	Tan. Aireación	sedimentador	salida
Observaciones	No hay presencia de algas en ninguna parte			
TURBIEDAD	Sedimentador		Verificar salida de los vertedores	
Observaciones	No hay turbiedad en el efluente			
BURBUJAS	Sed. Primario	Sed. Secundario		otro
Observaciones	No hay presencia de burbujas en el sedimentador			
MAT. FLOTANTE	Sed. Primario	Tan. Aeración	Sed. Secundario	Otro
Observaciones	No hay presencia de material flotante en ninguna parte de la PTAR			
ACUMULACIÓN DE SÓLIDOS	Verificar las esquinas de los tanques de aireación			
Observaciones	No hay acumulación de sólidos en el tanque de aireación			
CORTOCIRCUITO	Observar trayectoria de las corrientes y/o material flotante			
Observaciones	No hay cortocircuitos ni en el sedimentador ni en la cámara de aireación			
TURBULENCIA	Tanque de aeración			
	Homogénea	Heterogénea: Ubicar zonas		Otro
		X		
Observaciones	Desigual en la Esquina sur este del tanque de aireación modulo 1			

5.1.3. ANALISIS DE COSTO ENERGETICO DE LA PTAR

Como es bien sabido una de las grandes desventajas de los lodos activados es su alto consumo energético debido a la inyección de aire ,esto lo convierte en uno de los métodos de tratamiento de aguas residuales más caros esto se puede

corroborar en el análisis realizado en Colombia en el año 2002, llamado “MODELO DE COSTOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA REGIÓN” donde se integraron de varios estudios y algunos costos de inversión de sistemas de tratamiento para tener una aproximación real a los costos asociados a los sistemas de tratamiento de aguas residuales y entender el comportamiento de sus diferentes costos asociados (inversión inicial, operación y mantenimiento).

En el que se compararon, para seis sistemas de tratamiento evaluados en la ciudad de Pereira y se demostró que el sistema de lodos activados es el segundo más barato en costos de construcción pero el primero más caro en costos de operación y mantenimiento.

Además se llegó a la conclusión de que el sistema más oneroso de operar y mantener de todos. (Anexos D.2 Y D.3). En este inciso se evaluó de manera rápida el costo energético de la planta, con el objetivo de determinar el costo unitario del agua tratada por la planta, para ello se tomó como muestra el mes de octubre del 2017

Para ello se utilizó la ecuación:

$$CUAT = \frac{CPT + CPA + CEM}{\frac{30}{CRPD}} \text{ (ecuacion 5.1)}$$

Costo unitario de agua tratada (CUAT)

Costo de personal técnico (CPT)

Costo de personal administrativo (CPA)

Costo energético mensual (CEM)

Caudal residual promedio diario (CRPD)

Hay que destacar que los valores del costo de personal técnico y administrativo son una variable fija, además de que la planta consta de blowers los cuales trabajan las 24 horas del día y estos sin importar el caudal entrante a la planta trabajan a una sola potencia consumiendo la misma o casi la misma cantidad de energía , pudiéndose catalogar como una variable fija, este comportamiento de consumo similar de energía se puede observar en la Anexo D.5 donde se muestra una gráfica del consumo energético de los 12 meses anteriores. La única variable no fija es el caudal de agua residual el cual depende del caudal de agua consumida por la planta, se determinó una ecuación para describir la relación costo - consumo, sin embargo el comportamiento descrito por la gráfica (Anexo D.6) muestra un valor de confiabilidad demasiado bajo y por ende se despreció y se analizó de manera puntual para el mes de octubre.

5.2. FASE II: ESTUDIO DE CAUDALES

5.2.1. METODOLOGIA PARA LA CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUA POTABLE

Los caudales de agua potable serán calculados teóricamente, usando datos de censo habitacional (por casas) y consumo históricos de años anteriores (2014, 2015). Estos datos fueron suministrados por la empresa Servicios de Agua S.A (SASA) la cual es la encargada de llevar el control de consumo de agua potable, facturación y cobro dentro de la urbanizadora.

El consumo industrial, público, comercial y fugas en la zona

Una de las características del asentamiento poblacional “urbanización sierra dorada” es que no presenta consumo público o comercial, ya que dentro de los límites establecidos por las autoridades de dicho asentamiento **no existen conexiones de suministros de agua , así como conexiones al alcantarillado por parte de empresas comerciales** (como mercados, supermercados u otros negocios de volumen pequeño volumen como carnicerías, lácteos , etc.) **ni tampoco de instituciones públicas**(escuelas, hospitales, parques, etc.)

Otra característica de este asentamiento es que sigue en crecimiento continuo, expandiéndose infraestructuralmente (construcciones de casas, vías y otros aspectos estructurales). Indicando la presencia de la empresa constructora “Lacayo Fiallos”. Cabe destacar que como el único macro medidor presente, se encuentra después de la fuente de abastecimiento (pozo), este solo determina los volúmenes de consumo totales que ocurren dentro de la urbanización (incluyendo el consumido por la constructora) y como esta se encuentra en constantes actividades en distintos lugares dentro del asentamiento se conecta de distintos ramales de la red, haciendo muy dificultoso determinar el volumen que ella consume a partir de una medición directa

Por ende el volumen consumido por la población se determina haciendo una sumatoria con los volúmenes registrados por cada medidor habitacional. Estos datos son los recolectados por empresa SASA, y los mostrados en la tabla 6.2 , debido a esto es que el **consumo industrial se toma como nulo** , pues este no es percibido por los medidores domiciliarios.

El porcentaje de aguas conocida como **porcentaje de fugas se despreció**, ya que se busca es comparar los caudales de consumo domiciliarios con los caudales de descargas residuales. Sin embargo estos volúmenes de agua no, nos interesan ya que no forman parte del agua consumida por la población y debido a que las urbanizaciones al ser de índole privada, son más rigurosas para evitar totalmente las conexiones ilegales, también se despreció este porcentaje de agua.

La determinación de la cantidad de agua consumida de una comunidad depende directamente del número de pobladores en ella y de su nivel de vida. Por consiguiente se hizo necesario predecir la población para el periodo (mes) en que se realizaron las mediciones de los caudales de aguas residuales y así realizar una comparación precisa de ambos caudales en un mismo intervalo de tiempo. Sin embargo en este caso la predicción de la densidad de pobladores no se determinó en un rango poblacional (personas) sino más bien habitacional (casa).

Proyección de Población

Para esto se usara el **Método gráfico de tendencia (según el INAA)** que consiste en dibujar una curva, teniendo por abscisas el tiempo (en nuestro caso meses) y por ordenadas las poblaciones correspondientes (en nuestro caso número de casas), con los datos extraídos de censos anteriores y siguiendo la tendencia general de crecimiento prolongar la curva hasta el momento (mes) para el cual se quiere conocer la población.

Con ayuda de **Microsoft Excel** y la los datos de la tabla 6.2 se dibujó la curva y se encontró la ecuación que nos ayudó a calcular nuestra población futura donde X representa el tiempo en este caso dado en meses y Y representa el número de casas que corresponderán a ese mes. Cabe destacar que una curva se considera confiable cuando el valor de confiabilidad (R^2) que calcula Excel está establecido entre 0.9 a 1 (la ecuación encontrada junto con su valor R^2 es la ecuación 6.1 que se encuentra en el inciso 6.2.1)

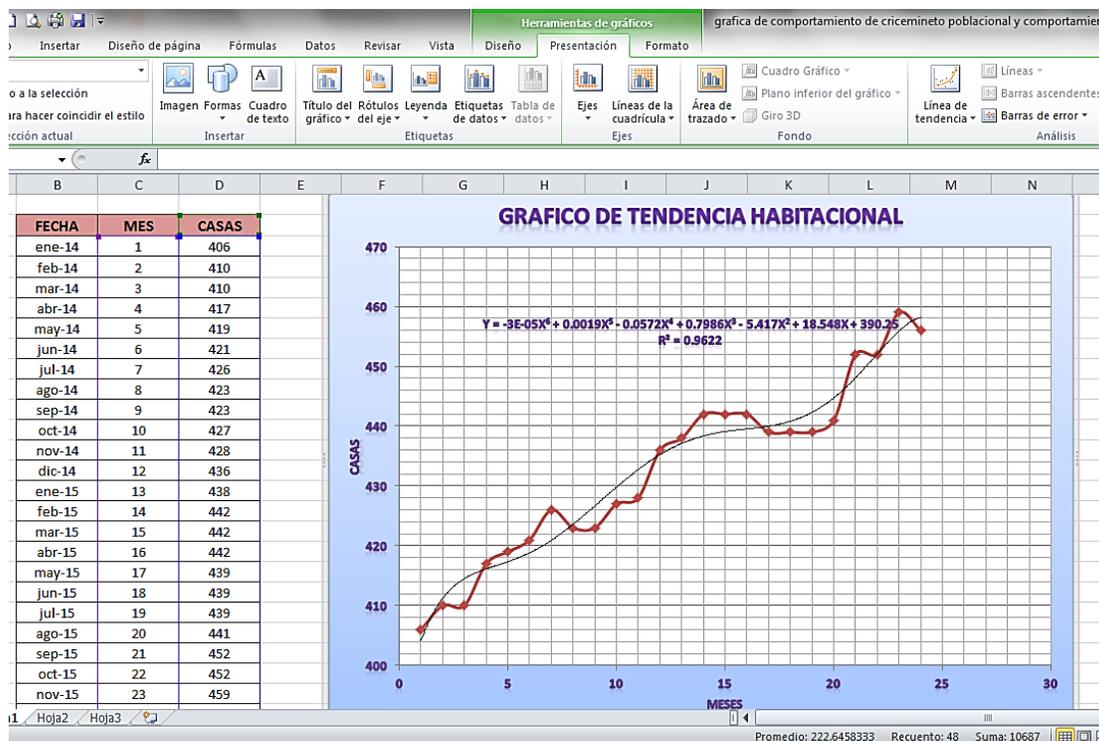


Figura 5.1 Ejemplo de Método Grafico de Tendencia con Microsoft Excel

Dotación Histórica del Residencial

Se analizaron los registros de consumo del lugar se observó que el abastecimiento de agua no ha tenido un comportamiento uniforme que lo pueda describir una función, por ende la dotación se calculara a como sigue:

Se analizó el comportamiento del residencial en base a su consumo histórico para determinar la dotación de agua a utilizar de la siguiente manera:

- se calculó la dotación promedio histórica en base a: la población conectada en el último mes registrado y en base al consumo promedio de los 12 últimos meses registrados según los datos históricos

$$Dotacion (lppd) = \frac{\text{consumo promedio} \frac{m^3}{\text{mes}} \times 10^3}{\text{poblacion} \times 30 \text{ dias}} \text{ (ecuacion 5.2)}$$

- Se calculó el número de habitantes proyectados para el mes en análisis en base a; el número de casas correspondientes para dicho mes (según la ecuación 3.1) y al índice poblacional de dicha zona (suministrado por la empresa SASA) .Tomando en cuenta que el 100% de la población está conectada al sistema de abastecimiento y con medidor.

$$Poblac \text{ conec} (\text{mes } x) = \text{indice habitaciol} \frac{\text{hab}}{\text{viv}} \times \text{numero de viviendas} \text{ (ecuacion 5.3)}$$

Obteniendo así el caudal de consumo promedio diario:

$$Qcpd(lps) = \frac{\text{habitantes} \times \text{dotacion}(lppd)}{86400 \frac{\text{seg}}{\text{dia}}} \text{ (ecuacion 5.4)}$$

El caudal de consumo promedio diario total será analizado y comparado con el caudal de aguas residuales y obtener así el coeficiente de retorno en el inciso 6.2.4

5.2.2. METODOLOGIA PARA LA CUANTIFICACION DE CAUDALES AGUAS RESIDUALES

Los caudales de aguas residuales entrantes a la planta se obtendrán de manera volumétrica, utilizando una caja de registro ubicada posteriormente a la caja de rejillas. Para calcular los caudales de aguas residuales entrantes a la planta de tratamiento, se utilizó la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{V}{t}, (\text{ecuación 5.5})$$

V = volumen de agua

t = tiempo transcurrido

Para ello se realizaron varias visitas a la planta con el fin de realizar las mediciones correspondientes y así obtener los datos necesarios para calcular dichos caudales y en base a estos caudales se elabora el diagrama de caudales vs tiempo; con este diagrama podremos analizar cómo varía el flujo a lo largo del día (6:00am a 6:00pm) para saber más sobre el comportamiento de la carga que entra hacia la planta.

Cabe destacar que la función para la que fue construida dicha caja de registro no es la de medir caudales, es decir la planta no cuenta con una unidad para determinar los caudales recibidos, pero a pesar de ello se realizaron de manera experimental las mediciones intentando aproximarnos lo posible a la exactitud necesitada

La metodología para obtener los datos para el cálculo de aguas residuales tanto promedio diario así como máxima hora, que recibe la planta de tratamiento por parte del residencial se detalla en los párrafos siguientes

Primera recolección de datos

Para realizar las mediciones de caudales de estas aguas se usó básicamente:

- una caja de registro que se encuentra ubicada después del tratamiento preliminar (caja de rejillas)
- una pequeña compuerta móvil de metal que se elaboró con el fin de obstruir la salida del agua en dicha caja de registro.
- Los materiales para anotar datos y medir el tiempo, (tabla de toma de datos y cronometro)

Sin embargo para poder cumplir con nuestros objetivos se necesitó realizarle una hendidura en el piso a dicha caja de registro, exactamente en la boca de la tubería de salida de las aguas .Esta ranura sirve como guía y seguro para la compuerta de metal, haciendo que esta quede sujeta como una gaveta. Para realizar dicho ajuste se procedió de la siguiente manera: (ver Anexo C.2)

- Debido a que se usaron herramientas eléctricas, antes de trabajar se observó que el caudal entrante en esos momentos no fuera de gran intensidad por cuestión de no causar alguna repercusión en la entrada de la planta (rebalse de caja de rejillas).
- Una vez que se determinó que la intensidad del caudal era menor en ese momento y que nos brindaría el tiempo suficiente para trabajar en la caja de registro sin que se rebalsara la caja de rejillas se procedió a realizar las modificaciones a la caja de registro.
- Luego se procedió a cerrar la válvula de pase de dicha caja para evitar que el agua fluya hacia ella y poder trabajar en su interior, también se escurrió toda la humedad en su interior por cuestión de seguridad
- Por ultimo utilizando los equipos de seguridad adecuados, se procede con la pulidora eléctrica a realizar la ranura en el piso de la caja junto a la boca de la tubería de descarga.

Una vez realizado este ajuste a la caja de registro, se procedió a comenzar con la medición de caudales utilizando la compuerta que se elaboró para tal fin de la siguiente manera (ver Anexo C.4):

- La compuerta se coloca dentro de la caja y su punta se engaza en la ranura , así el agua comienza a inundar la caja sin que haya escape de agua
- Se utiliza la misma compuerta que esta graduada con marcas en intervalos de 5 cm para medir los volúmenes de agua entrantes
- A su vez se miden los tiempos correspondientes a cada volumen con el cronometro
- Se anotan los datos necesarios para calcular los distintos caudales que se dan a lo largo del día (volúmenes y tiempos)
- Este proceso se realizó cada 15 minutos entre las horas de las 6 am a las 8 am y cada 30 minutos entre las horas de las 8 am hasta las 6 pm

Una vez obtenidos los datos se procede a elaborar el diagrama de caudales, analizar el comportamiento de los caudales y analizar la veracidad del trabajo realizado.

Segunda recolección de datos

Una vez analizados los datos y caudales obtenidos a partir de la primera recolección de datos se observó que la veracidad de estos estaba alejada de lo necesitado, ya que los caudales resultantes eran irreales presentando unas magnitudes muy alejadas al factor de retorno y a los caudales de agua potable.

Además de que se llegó a la conclusión de la posibilidad de que la creación de tres remansos que están conectados al volumen de agua que entra a la caja es más significativa de lo que se había estimado (anteriormente la afectación de estos remansos se había despreciado). (Los datos y la curva de caudales obtenidos a partir de la primera recolección de datos, se agregaron para fines de observación en los Anexos A.4 y D.1).

Estos tres remansos son

El remanso que se crea en la tubería de entrada de la caja de registro (tubería que conecta con la caja de registro y la caja de rejas), ya que el otro

extremo de la tubería que es el que conecta con la caja de rejillas, queda sumergido bajo el agua, pero en el extremo que se encuentra en la caja de registro posee aire libre y este se llena totalmente solo cuando se coloca la compuerta

Los otros dos remansos son los que se crean en dos tuberías que se encuentran en los costados laterales de la caja de registro (ver Anexo B.10), estas tuberías están fuera de funcionamiento y fueron selladas en sus otros extremos (pero no en los extremos de la caja de registro), estas generalmente se encuentran con aire y comienzan a llenarse de agua cuando se coloca la compuerta

Debido a que uno de los remansos ocurre a lo largo de la tubería de entrada (tubería de la caja de rejillas hacia la caja de registro), no se puede utilizar la ecuación de ***manning*** para medir el flujo a lo largo de dicha tubería ya que se crea un flujo no uniforme y **fuera de estos no existe otro elemento o unidad en la planta que se pueda utilizar para obtener los caudales**

Debido a esto se utilizó el método volumétrico para obtener los caudales, pero para aumentar la veracidad de los datos y realizar las mediciones adecuadamente se sellaron las entradas de las otras dos tuberías (tuberías fuera de uso) que están en el interior de la caja de registro. En los cálculos debido a que no se pudo solucionar el remanso en la entrada de aguas, se añadió al volumen obtenido de la caja de registro, el volumen equivalente al tramo de la tubería que conecta la caja de rejillas con la caja de registro.

Después de estos análisis y conclusiones sobre nuestra medición, se realizaron dichos ajustes o cambios y se realizó una segunda medición siguiendo el mismo procedimiento que en la primera recolección de datos.

Los datos obtenidos se analizaron y se decidió que estos datos si se pueden utilizar para los análisis necesitados ya que sus valores fueron más próximos y

reales según lo que se establecen en la teoría hidrosanitaria .Siempre tomando en cuenta que su exactitud no es 100% acertada debido que no existe un elemento dentro de la planta que funcione para medir los caudales que esta recibe

5.2.3. ELABORACION DEL DIAGRAMAS DE CAUDALES

En la medida que pasa el día, los caudales de aguas residuales varían, observándose que los caudales mínimos, máximos y promedios los cuales se presentan durante determinadas horas del día. La determinación no solo de las magnitudes de los caudales residuales sino también de su comportamiento variable es importante para el análisis de la planta de tratamiento

Para ello se hace uso de los diagramas de caudales los cuales son una gráfica en el que se muestra una curva formada a partir de los puntos cuyas coordenadas X e Y, son una hora determinada y el valor del flujo que se da en ese momento.

Además de que son de vital importancia para el control y cuidado de la planta por parte del operador ya que los caudales de entrada o gasto de entrada es un factor donde el operador tiene poco o nulo control

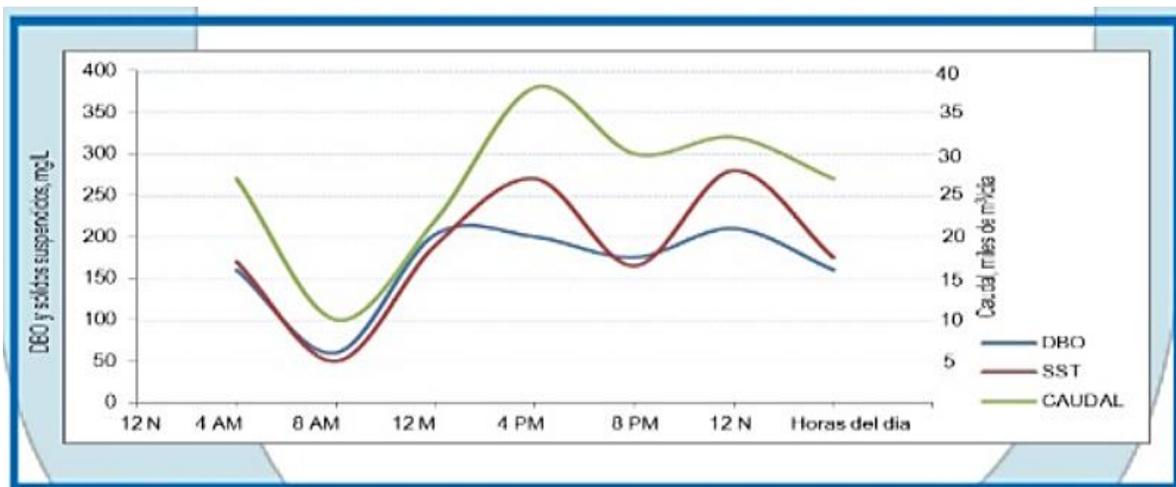


Figura 7. Variación horaria de caudal y calidad del agua residual.

Figura 5.2 Ejemplo de Diagrama de Caudales

5.2.4. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RETORNO

La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos. A este porcentaje de agua que se pierde y no ingresa al alcantarillado es denominado coeficiente de retorno o aporte, el que estadísticamente fluctúa entre 60% a 80% en Nicaragua.

Sin embargo es recomendable estimar este factor en base a información y estudios locales. Ya que está relacionado con factores propios de cada zona, entre los cuales están: los hábitos y valores de la población, las características de la comunidad, la dotación de agua, y las variaciones del consumo según las estaciones climáticas de la población

Por ejemplo según la Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado de lima en áreas áridas de Estados Unidos, el factor de retorno es tan pequeño como 0,4, mientras que en las zonas peri urbanas de Brasil es mayor a 0,8, pero en los proyectos se han empleados valores más bajos como 0,65 .En cambio la guía RAS 2000, TITULO B de Colombia cataloga el coeficiente de retorno según la complejidad del sistema de tratamiento, la cual a su vez está determinada en función de la población.

Coefficiente de retorno en función del nivel de complejidad del sistema RAS TITULO B, 2000

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo y medio	0,7 – 0,8
Medio alto y alto	0,8 – 0,85

La fórmula para determinar el coeficiente de retorno el cual relaciona los consumos de agua potable, con las descargas de aguas residuales está dada por:

$$C = \frac{Q_{cpdr} \times 86400}{P \times Dot} \text{ (ecuacion 5.6)}$$

Qcpdr = Caudal promedio diario de aguas residuales(lps)

P = Poblacion

Dot = Dotacion de agua potable(lppd)

C = Coeficiente de retorno

5.3. FASE III: EVALUACION DE PARAMETROS DE VERTIDO CON ENFASIS EN CARGA ORGANICA

5.3.1. TOMA DE MUESTRA COMPUESTA Y EXPOSICION DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGUAS

Una muestra compuesta, es una combinación de muestras individuales de agua residual tomadas a intervalos predeterminados .La función de las muestras compuestas es la de minimizar el efecto de las variaciones puntuales de la concentración de los elementos que se están analizando. Generalmente son recogidas en el mismo sitio

El volumen de las sub-muestras individuales que componen una muestra compuesta puede ser iguales o proporcionales al caudal al momento de extracción de la muestra. Las muestras compuestas generalmente sólo se utilizan para determinar parámetros de calidad del agua que no cambian bajo las condiciones de muestreo, preservación y almacenamiento de las sub-muestras.

La muestra compuesta puede formarse de dos maneras diferentes:

1. Mediante una colección de muestras instantáneas individuales obtenidas a intervalos regulares. Por ejemplo con una sub-muestra obtenida cada 2 h durante 24 h. En el muestreo compuesto por tiempo, se toman las muestras en intervalos iguales de tiempo y se combinan en proporción a la relación de flujo cuando se tomó la muestra.

2. Mediante una colección de muestras instantáneas individuales obtenidas cuando se haya producido un determinado flujo, independientemente del tiempo necesario para acumular dicho flujo. Por ejemplo, cada sub-muestra es retirada a cada 1000 L de agua residual procesada.

El análisis de la muestra compuesta se puede hacer de dos formas:

1. Cada muestra instantánea individual se combina con las otras y se analiza el agua derivada de la combinación de las sub muestras.

2. Cada muestra instantánea individual se analiza separadamente y luego se promedian los resultados.

Para el actual estudio descrito en este documento de la planta de tratamiento de la urbanizadora Sierra Dorada se formó y analizo la muestra compuesta de la manera número 1 antes descrita.

La recopilación de las muestras se llevaron a cabo los días miércoles 26 de abril, jueves 27 de abril y jueves 4 de mayo del 2017, durante un lapso de tiempo de 12 horas comprendido entre las 6:00 am a 6:00 pm.

Se tomaron muestras representativas durante el lapso antes descrito en intervalos de 1 hora, resultando así un total de 13 muestras puntuales de cada tipo de agua (13 de agua sin tratar y 13 de aguas tratadas)

El volumen total solicitado por el laboratorio que realizo el análisis de dichas muestras es de 16lt de agua; conformados por 8 lt de agua cruda (sin tratamiento) y 8lt de agua tratada.

El volumen de cada muestra puntual que se tomo es de 0.615 lt el cual resulta de dividir el volumen total de muestra compuesta (8 lts) entre el número de muestras puntuales que se deben toma (13 muestras)

Las muestras se conservaron en termos con hielo para mantener una temperatura fría pero sin congelamiento, se necesitaron un total de 2 termos para almacenar de manera independiente las muestras tratadas y sin tratamiento. Inmediatamente luego de tomar la última muestra se procedió al traslado hacia el laboratorio de química de la UNI- RUSB.

Para esta actividad se utilizaron los siguientes materiales:

- 4 recipientes de 4lt cada uno
- 1 recipiente para medición, con marca de aforo a 0.615lt
- 2 termos con hielo para mantener frías las muestras
- 2 embudos para depositar las muestras en los recipientes

5.3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

El producto de la concentración (usualmente DBO) por el caudal, en un sitio específico, se denomina carga y generalmente se expresa en kg/día, es decir que usualmente se encuentra en unidades de peso/tiempo.

El porcentaje de remoción necesario depende, principalmente, de la norma para el mejor uso de la fuente receptora. Por lo cual, en la fase de planeación de un sistema de tratamiento para satisfacer una norma o estándar de calidad, es de gran importancia calcular la carga máxima permisible que puede disponerse si se quiere aprovechar la capacidad de auto purificación de la fuente receptora y el beneficio económico consecuente.

Para flujos continuos, la carga másica se calcula mediante la ecuación

$$W = \frac{Q * C}{1000} \text{ (ecuacion 5.7)}$$

Dónde:

W = Carga másica - kg/día

Q = Caudal - m³/día

C = Concentración - mg/l o g/m³

5.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES PERCÁPITA

Existe una relación entre la cantidad de carga contaminante, usualmente expresados en DBO y SST recibida por una planta de tratamiento y la población conectada al sistema que traslada dichos gastos. Las Concentración Percápita para una determinada población indican la cantidad de residuos promedio que produce una persona durante un día, estas son características de cada población pues varían dependiendo del tamaño de la misma, sus hábitos, nivel económico, clima, etc.

$$P = \frac{C * CPD}{H} \text{ (ecuacion 5.8)}$$

Dónde:

P = Concentración Percápita de un contaminante en específico

C = Concentración de un contaminante (mg/l)

CPD = Caudal Promedio Diario (m³/día)

H = número de habitantes

5.3.4. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR Y VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO

Una vez analizados todos los factores que intervienen en la afectación de la eficiencia de la planta de tratamiento y como se relacionan entre ellos. Se determina la eficiencia de carga de contaminantes principales los cuales son dos: carga orgánica (medida a partir de la DBO) y la carga de sólidos suspendidos.

Según la definición de carga la cual es contaminante por gasto, se llega a la conclusión que debido a que según la teoría del diseño de la planta de tratamiento

el caudal que entra es igual al que sale de la planta solo se necesita determinar la concentración de los contaminantes por medio de las pruebas realizadas en laboratorio a las muestras tomadas en la entrada y salida de aguas residuales. Por ende el porcentaje de eficiencia será:

$$Eficiencia = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100 \text{ (ecuacion 5.9)}$$

Afluente: concentración de determinado contaminante presente en las aguas residuales afluentes antes de pasar por el proceso de tratamiento

Efluente: concentración de determinado contaminante presente en las aguas residuales efluentes después de pasar por el proceso de tratamiento

CAPITULO VI: DATOS, CALCULOS Y RESULTADOS

6.1. FASE I: RECONOCIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y SUS SISTEMA

6.1.1. VISITAS TECNICAS Y RECONOCIMIENTO A LA PLANTA

A continuación se muestran los resultados de la verificación visual del estado físico de los elementos de la planta, en base a las visitas de reconocimiento.

Tabla 6.1 observaciones del estado físico actual de los elementos de la planta

FASE	ELEMENTO	OBSERVACION
ELIMINACION DE MATERIAL GRUESO	DISPOSITIVO DE CRIBADO	Las rejas de la planta son de operación manual , metálicas y se actualmente encuentran en buen estado, además de que se observó que los operarios cumplen con la constante remoción de los desechos sólidos en la cámara de rejillas
	DESARENADOR	Actualmente se encuentra en buen estado, y se observaron buenos resultados de remoción de arenas con su método
	<u>MEDIDOR DE FLUJO</u>	<u>La planta no posee un medidor de flujo a pesar que su diagrama de diseño lo presenta (sin embargo posee válvulas en la entrada para regular el caudal que entra a la planta)</u>
	<u>TRAMPA DE GRASA</u>	<u>Las trampas de grasa, se encuentra actualmente en buen estado y funcionando. sin embargo se observó la falta de limpieza de estas, esto reduce la eficiencia de remoción de grasas y aceites en la planta</u>

Tabla 6.1 observaciones del estado físico actual de los elementos de la planta

FASE	ELEMENTO	OBSERVACION
REMOCION DE CONTAMINACION ORGANICA	<u>CAMARA ANOXICA</u>	<u>El compartimiento de las cámaras anóxicas se encuentran en buen estado, sin embargo no están en funcionamiento ya que los mezcladores de ellas fueron extraídos, debido a que se obstruyen constantemente por los residuos gruesos que logran pasar</u>
	CAMARA DE AIREACION	Las cámaras de aireación no presenta averías ni anomalías, en su estructuras , es decir las paredes, así como barandales y pasamanos y tuberías , se encuentran bien
	DIFUSORES DE C.A	Estos son de burbuja gruesa para el módulo 1, con un total de 11 instalados
		Para el módulo 2 , son de burbuja fina con u total de 24 y todos en buen estado estos no son observables a simple vista pero se puede determinar su estado haciendo uso de los indicadores visuales cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente
	SEDIMENTADOR	El sedimentador en todo su conjunto(mamparas tolvras, tuberías) no presenta anomalía ni avería y se observo
SISTEMA DE AIREACION Y RECIRCULACION DE LODOS	Ambos blower en uso se encuentran en buen estado, existe uno de repuesto instalado en el módulo 2. sin embargo se destaca que no hay un blower de repuesto para el módulo 1	
DESINFECCION	<u>CAMARA DE CLORACION</u>	<u>Las cámaras de cloración no presenta daños severos, sin embargo en el módulo 1 se observa la presencia abundante de lama en sus paredes(falta de limpieza)</u> <u>El dispositivo de cloración usado es un barril con grifo instalado en su parte inferior, sin embargo se observó la mala práctica de no realizar el proceso de cloración en esta planta</u>

Tabla 6.1 observaciones del estado físico actual de los elementos de la planta

ELEMENTO	OBSERVACION
ESTABILIZACION Y MANEJO DE LODOS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LODOS Los tanques de ambos módulos no presentan averías ni anomalía, actualmente en buen estado y funcionando
	DIFUSORES DE T.A.L Los difusores del módulo 1 son de burbuja grueso, 2 en instalados en total estos no son observables a simple vista pero se puede determinar su estado haciendo uso de los indicadores visuales cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente
DESHIDRATACION DEL LODO	PILAS DE SECADO Las pilas de secado son 6 en total , todas en buen estado y sin presentar ninguna anomalía

6.1.2. EVALUACION OPERACIONAL DE LA PLANTA MEDIANTE INDICADORES VISUALES

Una vez analizados los datos recopilados en la Tabla 5.1 y habiendo hecho el análisis correspondientes, se determinaron las causas de los problemas operacional presentados en la PTAR sierra dorada.

Tabla 6.2 Resultados del estado operacional de la planta mediante los indicadores visuales

Indicadores Visuales	
Color	El color café del lodo indica que está muy bien aireado y saludable
Olor	El olor a humedad y no séptico indica que la PTAR está trabajando bien
Espumas	La ausencia de espuma indica un buen proceso de purga en el lodo activado
Algas	La ausencia de algas indica un buen proceso de remoción de nutrientes en general o baja concentración de ellos en las aguas del afluente (fosforo y nitrógeno)
Turbiedad del efluente	La claridad del agua en el efluente (sin turbiedad) indica un buen proceso de sedimentación en el clarificador y un lodo con buenas características de sedimentación
Burbujeos	La ausencia de burbujas en el sedimentador indica buenos tiempos de recirculación de lodos evitando que este se vuelva séptico
Material flotante	La ausencia de material flotante indica una bajas concentraciones de las grasas y aceites , además de un eficiente mezclado del agua en la cámara de aireación es decir una buena inyección de aire por los difusores
Acumulación de solidos	La ausencia de acumulación de solidos indica un buen funcionamiento del desarenador, y un buen mezclado en la cámara de aireación
Trayectoria de flujos	No se presentó presencia de cortocircuitos esto indica una buena distribución de difusores en la cámara de aireación y de mamparas en el sedimentador
Turbulencias	<u>La turbulencia en la esquina sur-este del tanque de aireación del módulo 1 , ayudo a identificar la presencia de un difusor en mal estado</u>

6.1.3. ANALISIS DE COSTO ENERGETICO DE LA PTAR

Una de las grandes desventajas del sistema de lodos activados es el alto consumo energético por lo que tratamos de compararlo con otros sistemas de tratamiento en nuestro país lo cual no conseguimos debido a que no existen estudios que nos brinden costos de operación de otros sistemas, por lo que hicimos uso de un documento colombiano *modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. Pereira, Colombia, 2002.*

Para la realización de esta comparación los costos involucrados en la operación de la planta (desechando los costos de inversión) son:

- Personal técnico: 2 operarios con salario fijo de C\$7800
- Personal administrativo: 1 Ingeniero C\$20000
- Costo energético: C\$ 57,231.12 (incluye costo energético, recarga por factor de potencia, comercialización, regulación del INE)
- Caudal residual promedio diario :194.77 m³/día

$$CUAT = \frac{CPT + CPA + CEM}{30} \text{ (ecuacion 5.1)}$$
$$CUAT = \frac{((2 * 7800) + 20000 + 57231.12) \frac{C\$}{mes}}{30 \frac{dia}{mes}} = 15.89 \frac{C\$}{m^3}$$
$$CUAT = \frac{194.77 \frac{m^3}{dia}}{194.77 \frac{m^3}{dia}} = 15.84 \frac{C\$}{m^3}$$

El costo promedio de agua tratada para el mes de octubre del año 2016 es de 15.84 C\$/m³

En nuestro estudio tenemos que el caudal calculado entrante a la planta es de 194.77 m³/día por 15.84 C\$/m³ eso en 30 días da un total de C\$ 92,554.704 córdobas que equivalen a 2,061 dólares americanos y el estudio de la ciudad de Pereira en Colombia nos brinda un costo de operación aproximado de 9 millones de pesos colombianos lo que a la tasa actual son \$ 3,060 dólares americanos por lo que se concluye que los costos en Colombia como en nuestro país son muy similares.

6.2. FASE II: ESTUDIO DE CAUDALES

6.2.1. CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUA POTABLE

Calculo de conexiones

La tabla siguiente muestra los datos de censo suministrados por la empresa Servicios de Agua S.A (SASA), en ella se encuentran el número de casas habitadas, con respecto a cada mes desde enero del 2014 hasta junio del 2016.

Tabla 6.3 Tabla de censo habitacional Sierra Dorada

MES-AÑO	MES	CONEXIONES
ene-14	1	406
feb-14	2	410
mar-14	3	410
abr-14	4	417
may-14	5	419
jun-14	6	421
jul-14	7	426
ago-14	8	423
sep-14	9	423
oct-14	10	427
nov-14	11	428
dic-14	12	436
ene-15	13	438
feb-15	14	442
mar-15	15	442
abr-15	16	442
may-15	17	439
jun-15	18	439
jul-15	19	439
ago-15	20	441
sep-15	21	452
oct-15	22	452
nov-15	23	459
dic-15	24	456
ene-16	25	457
feb-16	26	457
mar-16	27	460
abr-16	28	459
may-16	29	459
jun-16	30	459

Con ayuda de estos datos y del software Microsoft Excel, se crea el **GRAFICO DE TENDENCIA HABITACIONAL**, que se muestra a continuación, también se formula la ecuación que describe el comportamiento aproximado de dicho gráfico y el valor de confiabilidad (R^2) el cual resultado ser de 0.9611 esto indica que la ecuación es lo suficientemente confiable para usarla con fines de cálculo (ya que se recomienda que el valor de R^2 se encuentre entre el rango de 0.9 y 1)

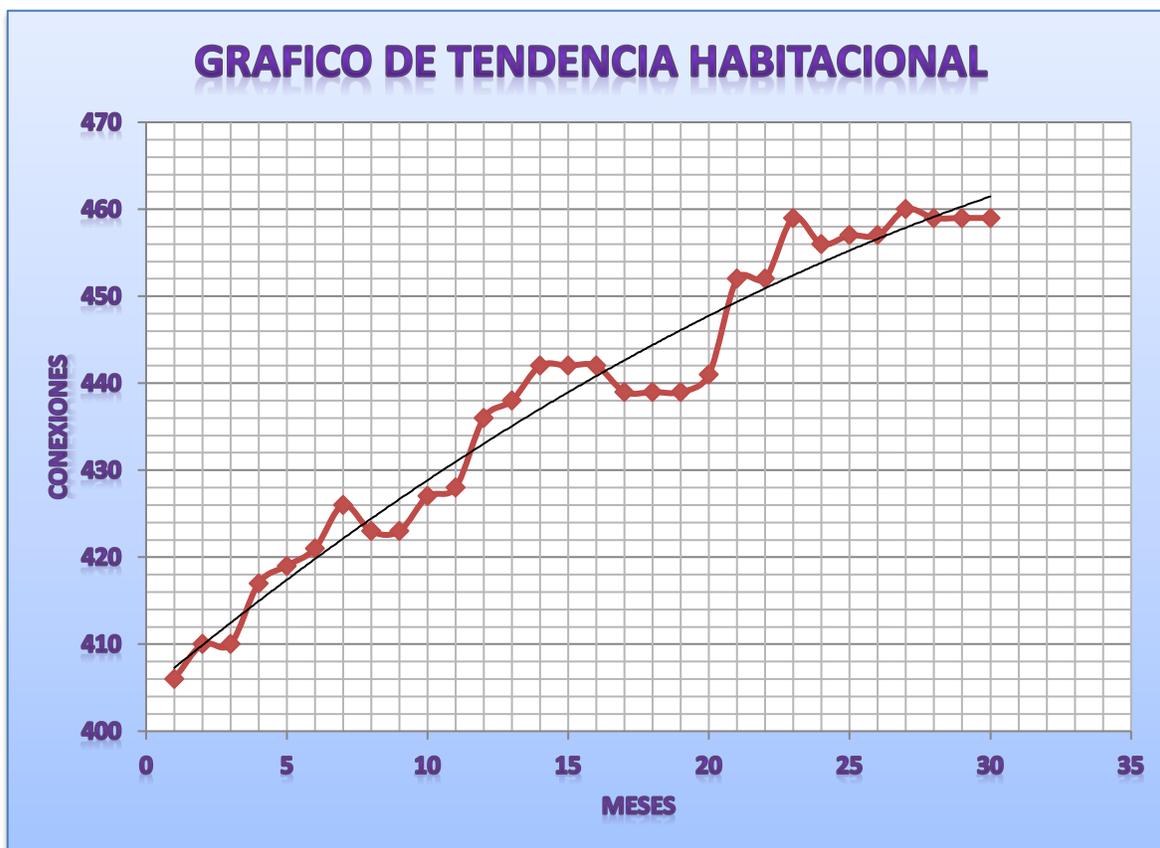


Figura 6.1 Grafico de tendencia habitacional Sierra Dorada hasta octubre 2016Y
 $= 2E-05X^2 - 0.0278X^2 + 2.6949X + 404.61$ (ECUACIÓN 6.1)
 $R^2 = 0.9611$

En el gráfico de tendencia habitacional se puede observar como las viviendas habitadas de la urbanizadora ha venido creciendo a un ritmo aproximado descrito por la ecuación 6.1, con esta ecuación se encontró el número de conexiones para un mes en estudio, que en este caso será para el mes que se realizó las mediciones de caudales de descarga (noviembre 2016- mes 35).

$$Y = 0.00002X^3 - 0.0273X^2 + 2.6949X + 404.61$$

$$Y = 0.00002(35)^3 - 0.0273(35)^2 + 2.6949(35) + 404.61$$

$$Y = 466.3465 = \mathbf{466 \text{ conexiones para el mes de noviembre de 2016}}$$

Una vez calculadas las conexiones se multiplico por el índice habitacional para obtener la población en estudio

Calculo de dotación histórica

Tabla 6.4 consumo habitacional Sierra Dorada 12 últimos meses

MES-AÑO	CONEXIONES	CONSUMO(M3/MES)
jun-15	439	9731
jul-15	439	9859
ago-15	441	10121
sep-15	452	9713
oct-15	452	9220
nov-15	459	8300
dic-15	456	11309
ene-16	457	11389
feb-16	457	11600
mar-16	460	14695
abr-16	459	12011
may-16	459	10499
jun-16	459	8679
PROMEDIO		10548

Datos

- Consumo promedio mensual = 10548 m³/mes
- Conexiones domiciliars= 459 casas conectadas
- Índice poblacional = 6 personas por vivienda
- Área de lotes=360 vr² = 253 m²

$$Poblac\ conec\ (mes\ x) = indice\ habitaciol\ \frac{hab}{viv} \times numero\ de\ viviendas$$

$$Poblacion = 6 \frac{hab}{viv} \times 459\ viviendas$$

Poblacion = 2754 habitantes conectados (ultimo mes censado)

$$Dotacion\ (lppd) = \frac{consumo\ promedio\ m^3/mes \times 10^3}{poblacion \times 30\ dias}$$

$$Dotacion\ (lppd) = \frac{10548\ m^3/mes \times 10^3}{2754 \times 30\ dias}$$

Dotacion = 127.67 lppd (Dotación promedio de los últimos 12 meses)

Calculo del caudal promedio diario para el mes en estudio

Datos

- 466 viviendas conectadas para el mes de noviembre
- 6 personas por vivienda (índice poblacional suministrado por SASA)
- Dotación histórica del residencial 127.67 lppd

$$Poblac\ conec\ (mes\ x) = indice\ habitaciol\ \frac{hab}{viv} \times numero\ de\ viviendas$$

$$Poblacion = 6 \frac{hab}{viv} \times 466\ viviendas$$

Poblacion = 2796 habitantes conectados para noviembre 2016

$$Qcpd(lps) = \frac{2796\ hab \times 127.67\ lppd}{86400\ seg/dia}$$

$$Qcpd = 4.132\ lps = 357.005\ m^3/dia$$

6.2.2. CUANTIFICACION DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

Calculo de los caudales de máxima hora y caudal promedio diario residual

Los caudales de aguas residuales se calculan de manera volumétrica a como se describe en el inciso 5.2.2 del presente documento y a partir de los datos recolectados en la segunda visita para recolección de datos debido a las razones expuestas en el inciso 5.5.2 .A continuación se muestran los datos que se usan para calcular los caudales de aguas residuales

Segunda recolección de datos.

Datos Generales

Fecha : 10/11/2016

Hora inicio: 06:00 a.m.

Hora fin: 06:00 p.m.

Clima : soleado por la mañana, soleado con una lluvia fugaz por la tarde

Medidas de caja de registro

Ancho: 0.5 m

Largo: 0.51m

Medias de tubería entre caja de rejillas y caja de registro

Largo de tubo: 2.90 m

Diámetro: 6 pulgadas

Volumen de tubo (l):52.9004

Tabla 6.5 Datos para el cálculo de Caudales Residuales

Lectura	nivel(m)	tiempo(s)	hora	frecuencia (minutos)	tipo de descarga	de
1	0.1	12.35	06:00:00	15	pico	
2	0.1	12.99	06:15:00	15	pico	
3	0.1	25.39	06:30:00	15	pico	
4	0.1	27.3	06:45:00	15	pico	
5	0.1	36.7	07:00:00	15	pico	
6	0.1	38.78	07:30:00	30	pico	
7	0.1	22.91	08:00:00	30	pico	
8	0.1	28.75	08:30:00	30	promedio	
9	0.1	46.68	09:00:00	30	promedio	
10	0.1	48.24	09:30:00	30	promedio	
11	0.1	54.55	10:00:00	30	promedio	
12	0.1	43.47	10:30:00	30	promedio	
13	0.1	74.48	11:00:00	60	promedio	
14	0.1	86.2	12:00:00	60	promedio	
15	0.1	73.34	13:00:00	60	promedio	
16	0.1	103.16	14:00:00	60	promedio	
17	0.1	91.63	15:00:00	60	promedio	
18	0.1	106.59	16:00:00	60	promedio	
19	0.1	97.26	17:00:00	60	promedio	

Determinación de volúmenes y caudales

$$Q_{AR} = \frac{V_{cr} + V_{tub}}{t}$$

Dónde:

V_{cr} = Volumen de agua medido dentro de la caja de registro

V_{tub} = Volumen de la tubería que conecta la caja de rejillas con la caja de registro

t= tiempo

Q_{AR}= Caudal de aguas residuales entrante a la Planta

El volumen de la tubería es constante y para mantener un volumen constante siempre se midió el mismo volumen de agua dentro de la caja de registro

$$V_{tub} = L\pi r^2 = (2.90m)(\pi)(3 * 0.0254 m)^2 = 0.0529 m^3 = 52.9004 \text{ litros}$$

$$V_{cr} = BHL = 0.5m * 0.51m * 0.1m = 0.0255 m^3 = 25.50 \text{ litros}$$

$$\underline{V_{cr} + V_{tub} = 25.50 \text{ litros} + 52.9004 \text{ litros} = 78.4004 \text{ litros}}$$

Tabla 6.6 Caudales Residuales obtenidos

Lectura	hora	volumen(l)	caudal(l/s)	caudal (m ³ /día)	tipo de descarga	de
1	06:00:00	78.40	6.35	548.49	pico	
2	06:15:00	78.40	6.04	521.46	pico	
3	06:30:00	78.40	3.09	266.79	pico	
4	06:45:00	78.40	2.87	248.12	pico	
5	07:00:00	78.40	2.14	184.57	pico	
6	07:30:00	78.40	2.02	174.67	pico	
7	08:00:00	78.40	3.42	295.67	pico	
8	08:30:00	78.40	2.73	235.61	promedio	
9	09:00:00	78.40	1.68	145.11	promedio	
10	09:30:00	78.40	1.63	140.42	promedio	
11	10:00:00	78.40	1.44	124.18	promedio	
12	10:30:00	78.40	1.80	155.83	promedio	
13	11:00:00	78.40	1.05	90.95	promedio	
14	12:00:00	78.40	0.91	78.58	promedio	
15	13:00:00	78.40	1.07	92.36	promedio	
16	14:00:00	78.40	0.76	65.66	promedio	
17	15:00:00	78.40	0.86	73.93	promedio	
18	16:00:00	78.40	0.74	63.55	promedio	
19	17:00:00	78.40	0.81	69.65	Promedio	
Promedio				194.77	CPD	

El **caudal promedio diario** se calculó promediando los 19 caudales mostrados en la tabla .Resultando así con un valor de **Q_{rp}d= 194.77 m³/día = 2.254 l/s**

6.2.3. DIAGRAMA DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

En el diagrama de caudales se puede observar el comportamiento del uso que le da la población al recurso hídrico y por lo consiguiente retorno a la planta, existen los mayores consumos en horas tempranas entre 5:00 am a 7:00am este va decreciendo a lo largo del día, por lo que podemos asumir que esta urbanizadora es de tipo dormitorio, ya que los habitantes consumen solo en horas tempranas para luego retirarse a sus trabajos y llegar a descansar en horas de las noche.

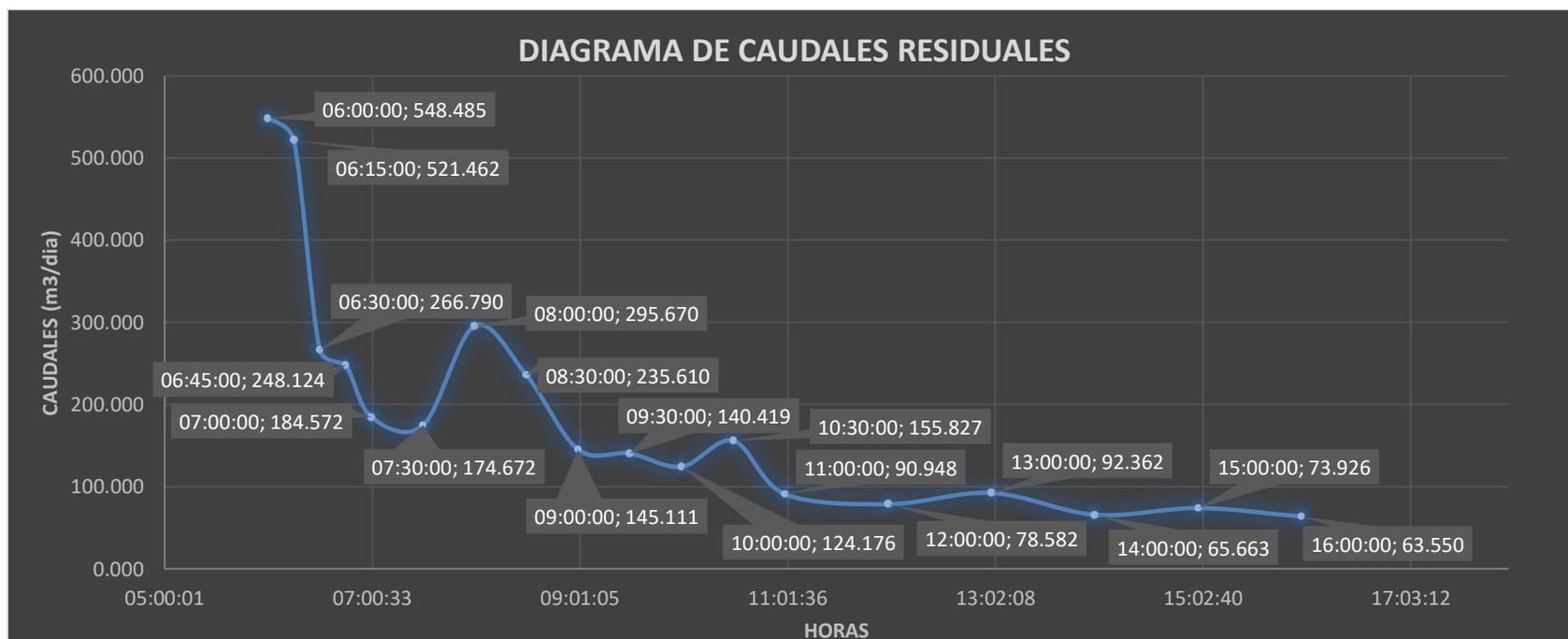


Figura 6.2 Diagrama de Caudales de Aguas Residuales Sierra Dorada (muestra de 1 día)

6.2.4. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE RETORNO

La fórmula para determinar el coeficiente de retorno el cual relaciona los consumos de agua potable, con las descargas de aguas residuales está dada por:

$$C = \frac{Q_{cpdr} \times 86400}{P \times D_{ot}}$$

Es decir el coeficiente de retorno es el resultado de dividir los caudales de descargas entre los caudales de consumo :

$$C = \frac{Q_{cpdr}}{Q_{cpd}}$$

$$C = \frac{Q_{cpdr}}{Q_{cpd}} = \frac{194.77 \text{ m}^3/\text{dia}}{357.005 \text{ m}^3/\text{dia}} = 0.546$$

El coeficiente retorno es un factor propio del lugar en estudio, esta planta posee un población con características y hábitos propios, como es el caso de pérdidas por usos de riegos, además hay que tomar en cuenta que no existe un medidor de flujo en la entrada a la planta de tratamiento por lo que se ingenió un método que arrojará datos aproximados a los reales pero con factor de error debido al remanso que se provoca en el lugar que se tomó la muestra, todo estos factores hacen que el caudal de retorno sufra una disminución considerable.

6.3. FASE III: EVALUACION DE PARAMETROS DE VERTIDO CON ENFASIS EN CARGA ORGANICA

6.3.1. TOMA DE MUESTRA COMPUESTA Y EXPOSICION DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGUAS

Luego de haber realizado la toma de muestra se procedió a trasladar dichas muestra al laboratorio de la facultad de química de la universidad nacional de ingeniería para obtener los resultados y lograr comprar las muestras entrantes y salientes de la plata, dicha comparación podemos hacerla en la siguiente tabla

Tabla 6.7 Resultados del análisis físico-químico de las aguas de la PTAR Sierra Dorada

DETALLE DE RESULTADOS DE LABORATORIO								
Parámetro	Método	Unidad	ENTRADA			SALIDA		
			26/4/2017	27/4/2017	4/5/2017	26/4/2017	27/4/2017	4/5/2017
Ph	4500 H+		7.49	7.64	7.62	7.68	8.03	7.85
SST	2540 D	mg/l	224.9	230.6	230.4	25.4	27.5	26
DBO5	5210 B	mg/l	270	360	350	21.6	4.1	13.2
DQO	5220 C	mg/l	448	555	568	33	6	18.5
grasas y aceites	5520 D	mg/l	82.4	82.71	83.1	5.8	6.3	5.03
Fosforo Total	4500-C	mg/l	9.1	10.2	11.53	5.31	4.4	4.71
Nitrógeno Total	4500-C	mg/l	38.52	38.31	39	14.1	15.56	14.91
SAR	titulo métrico EDTA	mg/l	23.7	22.3	23.41	11.5	10.9	11.27
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	UFC/100ml	3.50E+08	3.80E+08	4.21E+09	1.20E+06	2.20E+05	1.50E+06

6.3.2. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

Tabla 6.8 Concentraciones promedio de entrada y salida en base a los resultados mostrados en la tabla 6.6

Parámetro	Método	Unidad	E* promedio (Afluente)	S* promedio (Efluente)
SST	2540 D	mg/l	228.63	26.30
DBO ₅	5210 B	mg/l	326.67	12.97
DQO	5220 C	mg/l	523.67	19.17
grasas y aceites	5520 D	mg/l	82.74	5.71
Fosforo Total	4500-C	mg/l	10.28	4.81
Nitrógeno Total	4500-C	mg/l	38.61	14.86
SAR	titulometrico EDTA	mg/l	23.14	11.22
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	UFC/100ml	1.65E+09	9.73E+05

$$W = Q * C \text{ (ecuacion 5.7)}$$

Carga contaminante entrada

$$W_{DBO5 PROM} = \frac{194.77 \frac{m^3}{día} * 326.67 \text{ mg/l}}{1000} = 63.62 \frac{kg}{dia} \text{ (en base a DBO)}$$

Carga contaminante salida

$$W_{DBO5 PROM} = \frac{194.77 \frac{m^3}{día} * 12.97 \text{ mg/l}}{1000} = 2.52 \text{ kg/dia (en base a DBO)}$$

EFICIENCIA DE REMOCION DE CARGA ORGANICA (DBO₅)

$$\text{Eficiencia Carga Organica} = \frac{63.62 \frac{kg}{dia} - 2.52 \text{ kg/dia}}{63.62 \text{ kg/dia}} * 100 = 96.04\%$$

6.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES PERCÁPITA

Para la determinación de las concentraciones Percápita se calculó la población para el mes abril de 2017 debido a que en este mes fue que se tomaron las muestras.

$$Y = 0.00002(40)^3 - 0.0273(40)^2 + 2.6949(40) + 404.61$$

$$Y = 470.006 = \mathbf{470 \text{ conexiones para el mes de abril de 2017}}$$

$$Y = \mathbf{470 \text{ conexiones} \times 6 \text{ hab/conx} = 2820 \text{ habitantes}}$$

Una vez calculada la población se procedió a calcular las respectivas concentraciones Percápita con la siguiente norma:

$$P = \frac{C * CPD}{H} \text{ (ecuacion 5.8)}$$

Tabla 6.9 Concentraciones Percápita promedio de entrada y salida en “gramos por persona por día” (g/hab.día)

DETALLE DE CONCENTRACIONES PERCAPITA		
Parámetro	ENTRADA	SALIDA
SST	15.791	1.816
DBO5	22.562	0.896
DQO	36.168	1.324
grasas y aceites	5.714	0.394
Fosforo Total	0.710	0.332
Nitrógeno Total	2.667	1.026
SAR	1.598	0.775
Coliformes Fecales	1.14E+08	6.72E+04

Analizando las concentraciones de nuestras poblaciones con los rangos mostrados en la *Tabla A.5* encontrada en los anexos, podemos determinar que el grado de contaminación de las aguas es de baja concentración.

6.3.4. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR Y VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PARAMETROS DE VERTIDO

Los resultados mostrados a continuación indican el comportamiento de remoción de los parámetros de vertido (según la norma NTON 05-027-05) de la planta de tratamiento de 2 maneras:

- a) Según la concentración promedio (E) de las aguas en el afluente y el efluente (entrada y salida de la planta)
- b) Según la eficiencia de remoción de dicho contaminante de la planta

$$Eficiencia = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100 \text{ (ecuacion 5.9)}$$

DBO₅

Con respecto a las concentraciones DBO₅ en las aguas del efluente es decir, ya tratadas por la planta (12.97) se observa que estas son mayores que el límite permisible impuesto por la norma (< 10). Hay que destacar que la diferencia es relativamente baja y que la norma NTON 05-027-05 es la más rigurosa estatalmente ya que si se analizan estas aguas con respecto al decreto 33-95 , las concentraciones son mucho menores que el límite impuesto.

Tabla 6.10 Concentraciones promedio de DBO₅ y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
DBO ₅	mg/l	5210 B	326.67	12.97	96.03	10	75-95

Pero si analizamos el cumplimiento de este parámetro con respecto a la eficiencia de depuración del mismo en la PTAR podemos observar cómo incluso sobre cumple la eficiencia esperada por esta misma norma (96.03%>95%).

DQO

Aunque la norma no solicita concentración de salida de DQO, se determinaron las concentraciones de este parámetro para determinar la eficiencia de depuración de este parámetro en la planta, además de que si se comparan las concentraciones en el efluente con el límite impuesto por el decreto 33-95, estas resultan ser mucho menores.

Tabla 6.11 Concentraciones promedio de DQO y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
DQO	mg/l	5220 C	523.67	19.17	96.34		70-90

Al realizar el análisis de la eficiencia de remoción de DQO de la planta, nos damos cuenta como esta supera los resultados esperados por la norma. Verificando así su sobre cumplimiento (96.34%>90%).

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTATES

Para el estudio de cumplimiento de la remoción de sólidos suspendidos totales se comparó las concentración de aguas tratadas por la planta vs el límite permisible de la norma y se determinó que esta cumple con los resultado esperados por dicha norma.

Tabla 6.12 Concentraciones promedio de SST y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	2540 D	228.63	26.3	88.5	30	83-99

En cuanto al análisis del cumplimiento de la eficiencia de depuración de dicho parámetro se puede observar como el resultado de la eficiencia de depuración de la planta está dentro del rango establecido por la norma.

ACEITES FLOTANTES Y GRASAS

Hay que destacar que no se cumplió con la depuración esperada por la norma con respecto a las concentraciones de aceites y grasas en las aguas descargadas al efluente, y que además la mala remoción de estas sustancias afecto a la remoción de DBO₅. Pero también se debe recalcar la rigurosidad de esta norma al observar como su límite permisible es el cero absoluto.

Tabla 6.13 Concentraciones promedio de aceites -grasas y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Aceites Flotantes y Grasas	mg/l	5520 D	82.74	5.71	93.1	0	

Aunque no se puede comparar los resultados de la eficiencia de depuración de este parámetro con respecto a un rango esperado por la norma, si se puede determinar por experiencia que una eficiencia arriba del 90 % ya se puede catalogar como buena.

FOSFORO TOTAL

El cumplimiento de remoción del parámetro de vertido fosforo total, también se logró alcanzar con un resultado de concentración de 4.81 en las aguas del efluente, resultando ser menor que el límite permisible de 5 impuesto por la norma.

Tabla 6.14 Concentraciones promedio de fosforo y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Fósforo Total	mg/l	4500-C	10.28	4.81	53.23	5	40-70

Por consecuente también se logró cumplir con la eficiencia esperada por dicha norma con una eficiencia de depuración de la planta con un resultado de 53.23% ubicándose dentro del rango esperado por la NTON 05-027-05.

NITROGENO TOTAL

La concentración de nitrógeno total en las aguas del efluente también cumplieron con los requisitos impuestos por la norma, aunque muy estrechamente con el límite, hay que destacar que la cámara anóxica no se encuentra realizando su función de reducir los nitritos y nitratos debido a que se extrajeron los mezcladores.

Tabla 6.15 Concentraciones promedio de nitrógeno y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Nitrógeno Total	mg/l	4500-C	38.61	14.86	61.52	15	40-60

Sin embargo a pesar de la ausencia del proceso de des-nitrificación de la planta, con ayuda de la población bacteriana que consume nutrientes (nitritos y nitratos), si se pudo reducir el nitrógeno total, obteniendo una eficiencia del 61.52 % ubicándose dentro del rango establecido por la norma.

TASA DE ADSORCION DE SODIO

Se debe analizar que aunque no se logró cumplir con el límite establecido por la norma NTON 05-027-05, esta es la más rigurosa estatalmente ya que el decreto 33-95 ni siquiera toma en cuenta este parámetro. Además del hecho de que la diferencia entre el límite permisible y la concentración de las aguas en el efluente es relativamente bajo

Tabla 6.16 Concentraciones promedio de SAR y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Tasa de Adsorción de Sodio	mg/l	titulométrico EDTA	23.14	11.22	51.49	10	

COLIFORMES FECALES

Cabe recalcar que no se logró cumplir con el límite de concentración de Coliformes fecales impuestos por la norma, esto se debe a 2 cosas, la mala práctica de no realizar la cloración en la PTAR y la rigurosidad de la norma utilizada, ya que el decreto 33-95 ni siquiera toma en cuenta este parámetro.

Tabla 6.17 Concentraciones promedio de Coliformes fecales y eficiencia del sistema en cuanto a contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Método	PTAR SIERRA DORADA			NTON 05-027-05	
			E afluente	S efluente	Eficiencia (%)	L per "Recarga de acuíferos"	Eficiencia según Norma
Coliformes Fecales	NPM/100ml	Filtración por membrana	1.65E+09	9.73E+05	99.94	no detectables	90

Sin embargo si se logró cumplir con la eficiencia de remoción de Coliformes fecales, inclusive sobrepaso el rango establecido por la misma norma de un 90% con un resultado arrojado de 99.94% de eficiencia de remoción por la PTAR de Coliformes fecales, catalogando como sobre eficiente a la planta en estudio.

Tabla 6.18 Eficiencia de remoción de contaminantes de la planta sierra dorada vs eficiencias esperadas por la norma NTON 05-027-05 para el sistema de lodos activados aireación prolongada

Parámetro	Unidad	E promedio (Afluente)	S promedio (Efluente)	Eficiencia de remoción (%)	Eficiencias esperadas según NTON 05-027-05	Conclusión
SST	mg/l	228.63	26.3	88.5	83-99	cumple
DBO5	mg/l	326.67	12.97	96.03	75-95	sobre cumple
DQO	mg/l	523.67	19.17	96.34	70-90	sobre cumple
grasas y aceites	mg/l	82.74	5.71	93.1		
Fosforo Total	mg/l	10.28	4.81	53.23	40-70	cumple
Nitrógeno Total	mg/l	38.61	14.86	61.52	40-60	sobre cumple
SAR	mg/l	23.14	11.22	51.49		
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.65E+09	9.73E+05	99.94	90	sobre cumple

Tabla 6.19 Límites Máximos Permisibles para Aguas Residuales de Reusó vs concentraciones de aguas tratadas por la PTAR Sierra Dorada

PARÁMETROS	UNIDAD	Límites permisibles según uso" Recarga de acuíferos"	Concentraciones Promedio de aguas tratadas	CONCLUSIÓN
PH		6-9	7.85	cumple
Temperaturas				
Solidos Flotantes Visibles y Espumas	mg/l	0		
DBO ₅ (mg/l)	mg/l	10	12.97	No cumple
DQO	mg/l		19.17	
Oxígeno Disuelto (OD) Mínimo	mg/l			
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	30	26.30	cumple
Aceites Flotantes y Grasas (Ay G)	mg/l	0	5.71	No cumple
Aceites de Grasas Emulsionadas (Máx.)	mg/l			
Color, Escala Platino Cobalto	mg/l			
Fósforo Total	mg/l	5	4.81	cumple
Turbiedad				
Nitrógeno Total	mg/l	15	14.86	cumple
Amonio				
Nitritos				
Tasa de Adsorción de Sodio	mg/l	10	11.22	no cumple
Coliformes Fecales	NPM/100ml	No detectables	9.73*10 ⁵	no cumple

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

La alta tasa de concentración de Coliformes fecales en el agua tratada se debe a la mala práctica acostumbrada en la planta de no clorar el agua cuando transita en la cámara de cloración, ya que este proceso se encarga de reducir la contaminación del agua eliminando microorganismos como bacterias y otros similares entre ellos los Coliformes.

El estado de los elementos principales de la planta se encuentra en buen estado, recalcando 2 averías encontradas en la estructura las cuales son la presencia de un difusor en mal estado en el tanque de aireación en el modulo1 y la extracción de los mezcladores de las cámaras anóxicas de ambos módulos debido a que se atascaban constantemente .Y que a pesar de la presencia de ambos problemas la planta ha cumplido los estándares exigidos por la norma NTON 05-027-05 relacionados directamente con la función de ambos equipos.

A pesar de que no se realizaron comparaciones de los datos de esta planta de tratamiento con otras, se concluye que el sistema de lodos activados es uno de los más caros debido a los altos costos de consumo energético en su operación y mantenimiento, esto se puede reafirmar en base a otros estudios ya realizados de los que se habla en el inciso 5.1.4

No se pudo ser absolutamente concluyente en el caudal de entrada a la planta debido a las dificultades que se presentaron en el momento de medir el caudal, ya que no existe un lugar adecuado para la medición de caudales. Recalcando así la importancia de los mecanismos para medición de caudales, ya que sin ellos no se pueden definir las cantidades exactas de aguas entrantes a la planta, por ende no se puede estudiar y controlar una planta con exactitud y certeza. Como sucedió en este actual caso.

El diagrama de caudales elaborado confirma el comportamiento esperado de los caudales de aguas residuales, demostrando que los valores máximos suceden durante las primeras horas de la mañana, hasta bajar a magnitudes menores y continuas durante toda la tarde, llegando a la conclusión de que esta se trata de una urbanización tipo dormitorio donde muy poca gente se mantiene durante el día debido a su estilo de vida

El coeficiente de retorno con un valor de 0,546 no fue el esperado y resulto ubicarse fuera del rango genérico el cual es de 0,6 a 0,8. Aunque este valor se encuentra fuera del rango genérico, no significa que sea erróneo ya que a como se describe en el inciso 5.2.4 los coeficientes de retorno son muy propios de cada sitio y las características de vida de los asentamientos residenciales.

En base a las concentraciones Percápita de entrada obtenidas y a las tablas de “Tipificación de contribuciones Percápita en aguas residuales” (Anexo A.5) se concluye que el agua que entra a la planta de tratamiento es una agua residual de baja concentración contaminante, y que además los habitantes de este residencial aportan muy poca carga contaminante es decir contaminan muy poco el agua.

Se establece que la eficiencia de remoción de carga orgánica de la planta en base a la DBO₅, con un valor del 96% es muy buena según la norma NTON 05-027-05 - cuadro 3 con valores de eficiencia para este tipo de plantas que oscilan entre un 75% y 95%, sin embargo con un valor de concentración de DBO₅ de 12.97 mg/l en las aguas descargadas por la planta no se cumple con los límites permisibles de la NTON 05-027-05 cuadro 6 con un límite máximo permisible para aguas residuales urbanas de no mayor de 20 mg/l de DBO₅ en aguas para recarga de acuíferos.

7.2. RECOMENDACIONES

Resolver aspectos como el cumplimiento del proceso de cloración y la adecuada remoción de aceites y grasas en las aguas residuales, ya que estos aspectos están relacionadas con la remoción de DBO_5 , para que las aguas descargadas por la planta puedan cumplir con los límites permisibles establecidos (Coliformes fecales, aceites y grasas, DBO_5) por la norma NTON 05-027-05.

Instalar un medidor de flujo que permita cuantificar los caudales entrantes a la planta de tratamiento, para llevar un mejor control de la eficiencia de esta y así poder operarla con mayor precisión. Un ejemplo de ello puede ser un canal parshal que ayude a la medición de dichos caudales

Instalar un blower de respaldo en el módulo 1 , de la misma manera como se instaló uno en el módulo 2 , para el mantenimiento de los mismos y poder alternarlos periódicamente, evitando así que se detenga el funcionamiento del módulo y el proceso de remoción de materia orgánica en el mismo.

BIBLIOGRAFIA

Libros

1. ACUERDO INTERINSTITUCIONAL ENACAL /AMUSCLAM
Situación de las urbanizaciones en las Zonas I y II de Protección del acuífero. Asociación de Municipios de la Cuenca Sur del Lago de Managua (AMUSCLAM)
2. *Guía técnica para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, INAA, Nicaragua*
3. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físico-químicos Básicos en Aguas. *Carlos Alberto Severiche Sierra, Marlon Enrique Castillo Bertel y Rosa Leonor Acevedo Barrios. Cartagena de Indias, Colombia, 2013*
4. Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región. *Pereira, Colombia, 2002*
5. NTON 05 027-05
Norma técnica obligatoria nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reusó
6. Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Lodos
Autores: Dra. Gabriela Moeller Chávez, M. en I. Luciano Sandoval Yoval, M. en I. Esperanza Ramírez Camperos, M. en C. Lina Cardoso Vígueros, M. en C. Violeta E. Escalante Estrada, M. en C. Ana Cecilia Tomasini Ortiz. Cuernavaca, Morelos, 2009

Páginas electrónicas

1. *Impactos ambientales/Tratamiento de aguas servidas y lodo*
https://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Tratamiento_de_aguas_servidas_y_lodo (Consulta: 28/05/2016)
2. *Lodos activados*
<http://www.monografias.com/trabajos74/lodos-activos/lodos-activos.shtml>
(Consulta: 29/05/2016)
3. *Parámetros físico-químicos para el control de calidad del agua*
http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosNutrientes.htm
(Consulta: 26/05/2016)

4. *Tecnología de Lodos Activados*
http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_30.pdf
(Consulta: 29/05/2016)

5. *Tratamiento de Aguas Residuales y su Impacto Ambiental*
<http://civilgeeks.com/2011/12/08/tratamiento-de-aguas-residuales-y-su-impacto-ambiental/>
(Consulta: 26/05/2016)

6. *Tratamiento secundario: el proceso de lodos activos r. s. ramalho*
<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/TRATAMIENTO.pdf>
(Consulta: 30/05/2016)

ANEXOS

ANEXO A: TABLAS

A.1. Tabla de resultado de los analisis enviado por el laboratorio de quimica de la Universidad Nacional de Ingenieria



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Química
SERFIQ-CETEAL



INFORME DE RESULTADOS DE SERVICIOS DE LABORATORIOS

TRABAJO DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS EN PTAR URBANIZACIÓN SIERRA DORADA.

Atención: Br. Emilio José Obregón Mena

Lugar y Fecha: Managua, 16 de Junio 2017

Dirección: Managua Cel:

Servicios de Laboratorio: Análisis Físicoquímico y Microbiológicos para Aguas Residuales

La Facultad de Ingeniería Química a través de la Unidad de Servicios, SERFIQ-CETEAL, les presenta los resultados obtenidos de TRES MUESTRAS de agua residual tomada por UDS., las cuales fueron trasladadas al laboratorio de Ingeniería Ambiental.

Detalles de los Resultados.

Parámetro	Método	Unidad	E1	E3	E4	S1	S3	S4
pH	4500 H+	-	7,49	7,64	7,62	7,68	8,03	7,85
SST	2540 D	mg/l	224,9	230,6	230,4	25,4	27,5	26,0
DBO ₅	5210 B	mg/l	270,0	360,0	350,0	21,6	4,1	13,2
DQO	5220 C	mg/l	448,0	555,0	568,0	33,0	6,0	18,5
Grasas y Aceites	5520 D	mg/l	82,4	82,71	83,1	5,8	6,30	5,03
Fósforo Total	4500-C	mg/l	9,1	10,2	11,53	5,31	4,40	4,71
Nitrógeno Total	4500-C	mg/l	38,52	38,31	39,0	14,1	15,56	14,91
SAR	Titulométrico EDTA	mg/l	23,7	22,3	23,41	11,5	10,9	11,27
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	UFC/100 ml	3,5x10 ⁸	3,8x10 ⁸	4,21x10 ⁹	1,2x10 ⁶	2,2x10 ⁵	1,5x10 ⁶

Comentarios a los Resultados: Las muestras fueron tomadas en planta y custodiada por los dueños de las muestras e ingresadas al laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería. A solicitud del cliente se realizaron los análisis solicitados.

Descripción del Método

Todos los métodos de análisis siguen los procedimientos del Standard Method for Water and Waste water Examination (2010).

El presente informe de Resultados consta de una página sellada y firmada por una parte, abajo detalle. Atentamente,

Ing. Nelly Betanco Figueroa
Coordinadora SERFIQ-CETEAL



cc: Archivo

A.2. Tabla de Límites Máximos Permisibles para Aguas Residuales según la Norma NTON 05-027-05 cuadro 6

Cuadro 6: Límites Máximos Permisibles para Aguas RESIDUALES de Reuso

PARAMETROS	UNIDAD	URBANA	RECARGA DE ACUIFEROS	RECREACION SIN CONTACTO *	ACUICULTURA
Ph		6 - 9	6 - 9	6 - 9	
Temperaturas	° C			± 3 de Normal	Mínimo 17
Sólidos Flotantes Visibles y Espumas	mg/l	0	0		60
DBO ₅	mg/l	20	10	30	
DQO	mg/l				
Oxígeno Disuelto (OD) Mínimo	mg/l	5		2	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	30	30		
Aceites Flotantes y Grasas (A y G)	mg/l	15	0	15	
Aceites y Grasas Emulsionadas (Máximo)	mg/l			10	
Color, Escala Platino Cobalto				50	
Fósforo Total	mg/l		5		5
Turbiedad				30	
Nitrógeno Total	mg/l		15		15
Amonio					5
Nitritos					0.5
Tasa de Adsorción de Sodio	mg/l	10	10		
Coliformes Fecales	NPM/100 ml	1*10 ³	No detectables	1*10 ³	1*10 ⁴

*Lago de Managua cumplir con la regulaciones del Decreto 77- 003

A.3. Tabla de Eficiencias de Remoción de contaminantes de los diferentes procesos de tratamiento según la Norma NTON 05-027-05 cuadro 3

Cuadro 3: Eficiencia de Remoción de los Diferentes Procesos de Tratamientos

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE REDUCCION (%)					
	DBO5	DQO	SS	Coliformes	P	N
Tratamiento Preliminar o pretratamiento	15 - 30	10 - 20	15 - 30	10 - 25		
Decantación Primaria	25 - 40		50 - 70	25 - 75		
Efluente Primario + Cloración				99		0 - 10
Fosas Sépticas ó Tanques Imhoff	40 - 60	40 - 70	37 - 85	10 - 90	0 - 10	3 - 5
Lodos Activados (Aireación Prolongada)	75 - 95	70 - 90	83 - 99	90	40 - 70	40 - 60
Lodos Activados (Convencional)	85 - 95		85 - 92	90 - 98	40 - 70	40 - 60
Lechos Bacterianos	80 - 90	70 - 92	90 - 99			
Efluente Secundario + Cloración				98 - 99		
Lagunas Aerobias	70 - 95	40 - 70	70 - 90	99 - 99.99	40 - 60	55 - 85
Lagunas Facultativas	70 - 85	40 - 70	50 - 90	99 - 99.99		
Lagunas Anaerobias	40 - 80	40 - 60	60 - 80	40 - 60		
Humedales de Flujo Superficial Libre (Lagunas con Macrofitas)	70 - 90	40 - 80	60 - 80	90 - 98	40 - 70	40 - 60
Humedales sub-superficial	70 - 95	70 - 90	90 - 99	70 - 90	85 - 91	90 - 96
Biodiscos	70 - 97		75 - 97	75 - 97	85 - 91	90 - 96
Filtro Verde (Irrigación)	90 - 99	90 - 95	95 - 100	95 - 100	85 - 90	90 - 96
Filtro Verde (escorrentía)	92 - 96	60 - 70	95	95	85 - 91	90 - 96
Infiltración - Percolación	80 - 99	70 - 80	95	95	25 - 40	30 - 95

A.4. Tabla de Datos y Caudales Resultantes de la primera recopilación de datos
(ver también anexo D.1)

Lectura	nivel(m)	tiempo(seg)	hora	tipo de descarga	volumen(lts)	caudal (m3/día)
1	0.2	48.26	06:00:00	pico	51.00	91.305
2	0.2	46.9	06:15:00	pico	51.00	93.953
3	0.2	41.18	06:30:00	pico	51.00	107.003
4	0.15	93.54	06:45:00	pico	38.25	35.330
5	0.15	142.22	07:00:00	pico	38.25	23.237
6	0.15	146.12	07:15:00	pico	38.25	22.617
7	0.15	118.24	07:30:00	pico	38.25	27.950
8	0.15	72.24	07:45:00	pico	38.25	45.748
9	0.15	47.22	08:00:00	promedio	38.25	69.987
10	0.15	73.48	08:30:00	promedio	38.25	44.976
11	0.15	80.69	09:00:00	promedio	38.25	40.957
12	0.15	44.59	09:30:00	promedio	38.25	74.115
13	0.15	43.19	10:00:00	promedio	38.25	76.518
14	0.15	46.93	10:30:00	promedio	38.25	70.420
15	0.15	48.5	11:00:00	promedio	38.25	68.140
16	0.15	164.27	11:30:00	promedio	38.25	20.118
17	0.15	207.72	12:00:00	promedio	38.25	15.910
18	0.15	178.72	12:30:00	promedio	38.25	18.491
19	0.15	251.09	13:00:00	promedio	38.25	13.162
20	0.15	233.09	13:30:00	promedio	38.25	14.178
21	0.15	261.85	14:00:00	promedio	38.25	12.621
22	0.15	288.83	14:30:00	promedio	38.25	11.442
23	0.15	214.23	15:00:00	promedio	38.25	15.426
24	0.15	269.38	15:30:00	promedio	38.25	12.268
25	0.15	261.39	16:00:00	promedio	38.25	12.643
26	0.15	265.55	16:30:00	promedio	38.25	12.445
27	0.15	451.22	17:00:00	promedio	38.25	7.324
					CPD	39.196
					CMH	107.003

A.5. Tabla de clasificación de aguas residuales en base a la concentración de contaminantes y contribuciones Percápita

TIPIFICACION DQO EN AGUAS RESIDUALES			
TIPO DE AGUA RESIDUAL	CONCENTRACION	CONTRIBUCION PERCAPITA(g/hab.dia)	
CONCENTRADA	≥1000 mg/L	80-120	100
MEDIA	500 mg/L		
BAJA CONCENTRACION	250 mg/L		
TIPIFICACION SOLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUAS RESIDUALES			
TIPO DE AGUA RESIDUAL	CONCENTRACION	CONTRIBUCION PERCAPITA(g/hab.dia)	
CONCENTRADA	≥400 mg/L	35-70	60
MEDIA	200 mg/L		
BAJA CONCENTRACION	100 mg/L		
TIPIFICACION NITROGENO EN AGUAS RESIDUALES			
TIPO DE AGUA RESIDUAL	CONCENTRACION	CONTRIBUCION PERCAPITA(g/hab.dia)	
CONCENTRADA	≥85 mg/L	35-60	40
MEDIA	40 mg/L		
BAJA CONCENTRACION	20 mg/L		
TIPIFICACION FOSFORO EN AGUAS RESIDUALES			
TIPO DE AGUA RESIDUAL	CONCENTRACION	CONTRIBUCION PERCAPITA(g/hab.dia)	
CONCENTRADA	≥15 mg/L	4-15	7
MEDIA	8 mg/L		
BAJA CONCENTRACION	4 mg/L		

ANEXO B: ELEMENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

B.1. Tratamiento preliminar (rejillas)



B.2. Desarenador



B.3. Escotilla de descarga directa



B.4. Trampa de grasa



B.5. Cámara anóxica y cámara de aireación



B.6 .Sedimentador



B.7. Cámara de estabilización de lodos



B.8. Dispositivo de cloración



B.9. Pilas de secado de lodos



B.10. Planta de tratamiento de Aguas Residuales Sierra Dorada



ANEXO C: VISITAS TECNICAS AL SITIO

C.1. Modificación en Caja de registro que se utilizó para medir los caudales de entrada a la planta. A la izquierda se muestra en su estado original con tuberías laterales que causaban los remansos Y a la Derecha el proceso de sellado de las tuberías para evitar los remansos



C.2. Trabajo de elaboración de ranura en piso de caja de registro para poder engavetar el palin metálico que fue usado como compuerta de cierre



C.3 Lodo en proceso de secado



C.4 Medición de caudales residuales

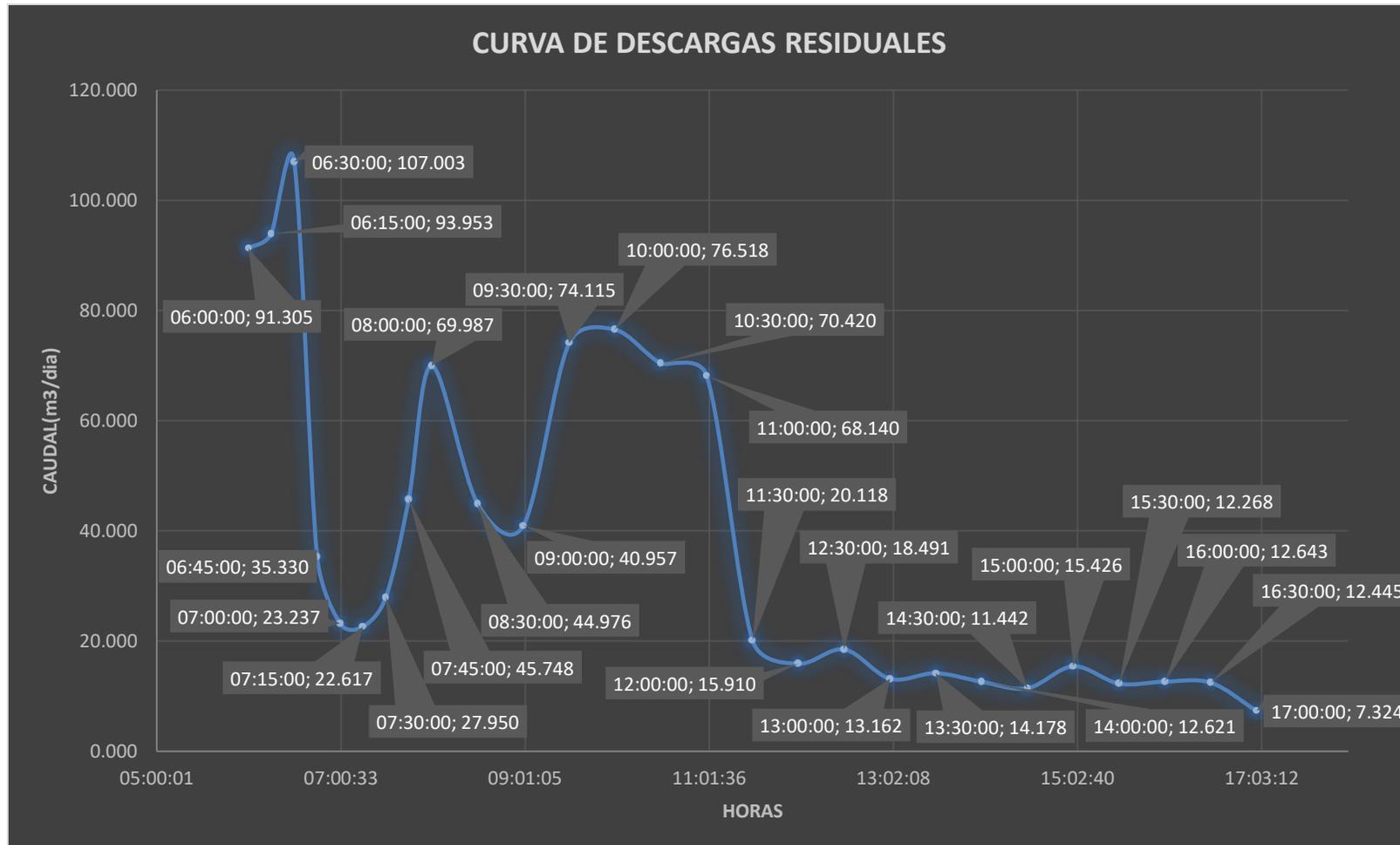


C.5. Toma de muestras de aguas por el método de muestra compuesta. A la izquierda el agua ya tratada (salida) y a la derecha el agua sin tratar (entrada)

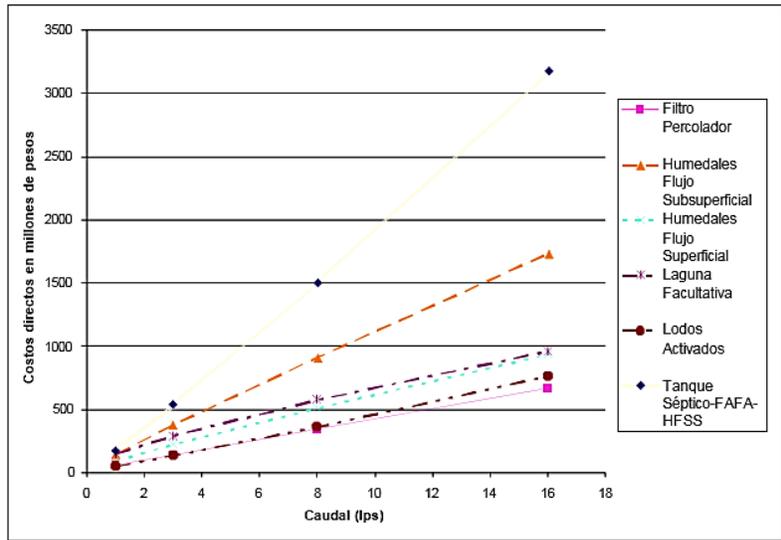


ANEXO D: GRAFICO

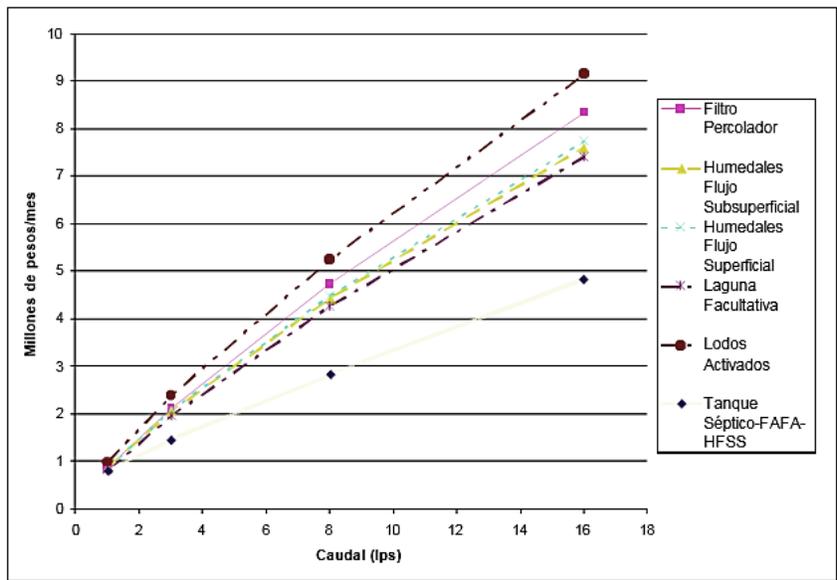
D.1. Diagrama de Caudales de Aguas Residuales Sierra Dorada ,primera recoleccion de datos (sin menospreciar remansos)



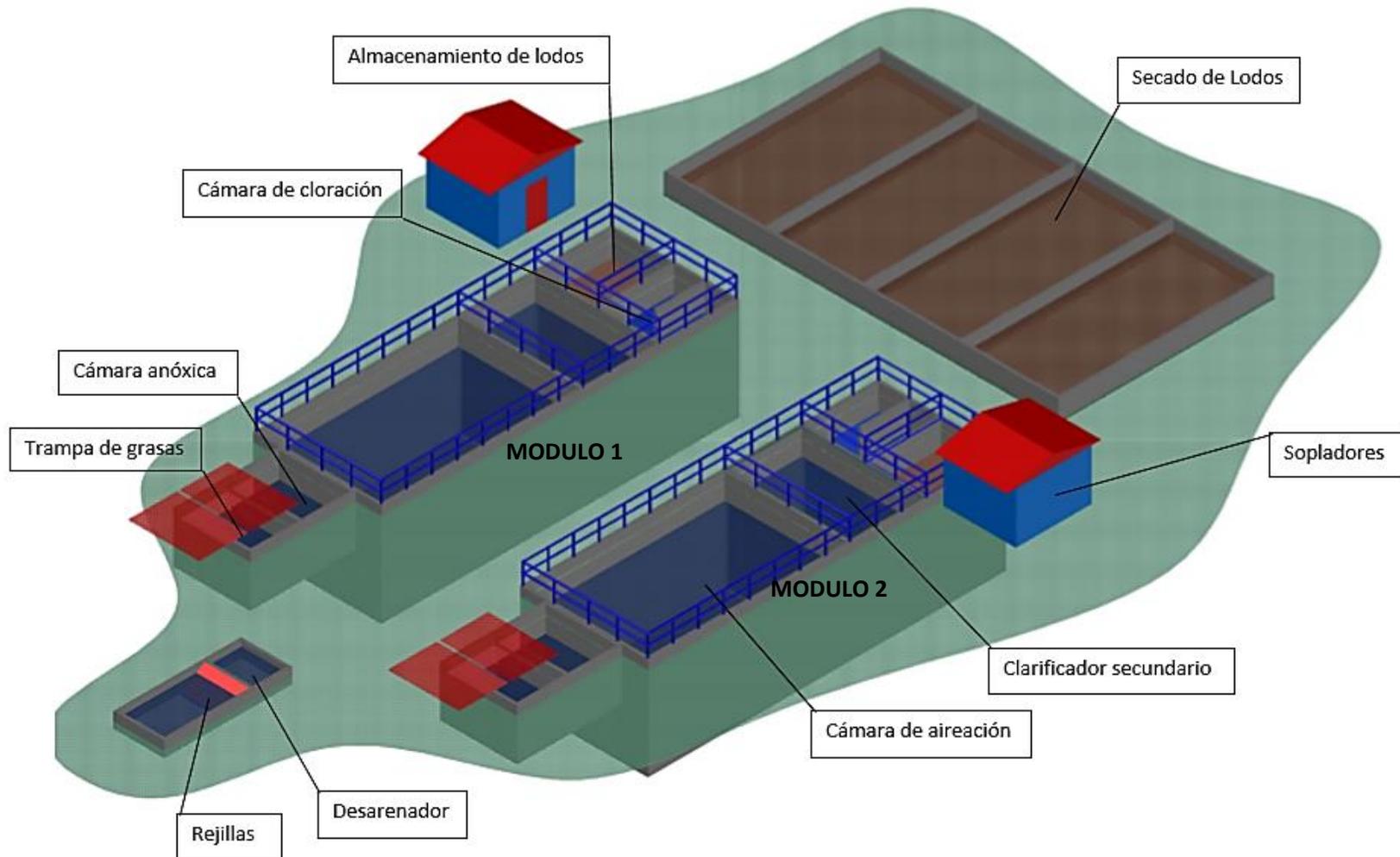
D.2. Costos de construcción de los seis sistemas de tratamiento de aguas residuales evaluados en la ciudad de Pereira Colombia en 2002



D.3. Costos de Operación & Mantenimiento de los seis sistemas de tratamiento de aguas residuales evaluados en la ciudad de Pereira Colombia en 2002



D.4. Diagrama de los elementos de la Planta de tratamiento Sierra Dorada



D.5.Factura de Costo energético del mes de octubre del 2017 de la Planta de tratamiento Sierra Dorada

DISNORTE - DISSUR

NIS: 2610412

ESTE DOCUMENTO ES UNO DE LOS QUE SE EMITE EN FORMA DE SERIE Y LA EMPRESA EMISORA SE RESPONSABILIZA DE LA VERIFICACIÓN DE LA AUTENTICIDAD DE LOS DATOS Y DE LA CORRECCIÓN DE LOS MISMOS.

SERVICIOS DE AGUA S.A.
 TICUANTEPE, CARRETERA KM 14-18 1/2, CARRETERA KM 14-18 1/2, 1 156, 0101, FINCA
 KM 17- 800MTROS AL OESTE RECIDENCIA SIERRA
 DISTR. En mano
 1220.40.0030.0306

Distribuidora de Electricidad del Sur, S.A. J0310000003750

MED. 15901115IT

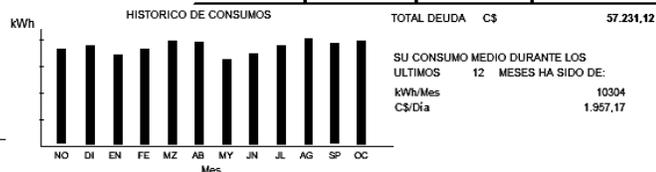
OFICINA COMERCIAL TICUANTEPE	REFERENCIA DE COBRO (SV) 2610412219	MES DE FACTURA OCTUBRE	DIAS FACTURADOS 31	FECHA DE EMISION 29/10/2016	FECHA DE VENCIMIENTO 18/11/2016		
DIRECCION DEL SUMINISTRO CARRETERA KM 14-18 1/2, CARRETERA KM 14-18 1/2/FINCA 1 156 0101 KM 17- 800MTROS AL OESTE RECIDENCIA SIERRA			TITULO DEL CONTRATO SERVICIOS DE AGUA S.A.		NÚMERO DE FACTURA F122016101180089		
TIPO DE CONSUMO	NUMERO DE MEDIDOR	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	MULTIP.	CONSUMO	DETALLE DE FACTURACIÓN	IMPORTE EN C\$
Activa kWh BT	15901115IT	194	272	140	10920	Energía (Kwh)	54.178,67
Reactiva	15901115IT	132	187	140	7700	Recargo p/Factor Potencia	1.625,36
Demanda kW. (To	15901115IT	36	49	1.40	18	Comercialización	860,45
						Regulación INE	566,64
PERIODO DE CONSUMO	TARIFA	KW CONT.	FACT. POT.				
Desde 28/09/2016 Hasta 29/10/2016	T7C MT.BOMBEO MONOMIA	86	0.82				

INFORMACION COMPLEMENTARIA RUC: 507049024X 10

Energía (kWh)	CS/kWh	Importe
1057	4,94290	5.224,65
9983	4,96340	49.954,02
10920		54.178,67

TOTAL FACTURADO	57.231,12
CUOTA	0,00
TOTAL A PAGAR	57.231,12

DETALLE MOROSIDAD			Saldo Arreglo De Pago
90 días o más	60 días	30 días	
0,00	0,00	0,00	0,00



EL CONSUMO DE ESTA FACTURA ES: REAL ESTIMADO

AHORA A SU DISPOSICIÓN NUESTRA OFICINA DE ATENCIÓN TELEFÓNICA OT24 HORAS AL TELÉFONO

Mantenga su factura de energía eléctrica al día desde la comodidad de su hogar. DISNORTE - DISSUR le brinda la facilidad de pagar su factura a través del Débito Automático. Para inscribirse le invitamos a visitar las sucursales bancarias: BAC, BANPRO, LAFISE - BANCENTRO, FICOHSA o PROCREDIT

SOMOS LA NUEVA IMAGEN DE LA ENERGÍA

ESTA FACTURA SÓLO TENDRÁ VALIDEZ CON LA AUTENTIFICACIÓN DE LA OFICINA DE COBRO Y NO ACREDITA EL PAGO DE LAS ANTERIORES

RESERVADO PARA LA OFICINA DE COBROS

DISSUR, S.A.

TITULAR DEL CONTRATO SERVICIOS DE AGUA S.A.	DIRECCION DEL SUMINISTRO CARRETERA KM 14-18 1/2, CARRETERA KM 14-18 1/2/FINCA 1 156 0101 KM 17- 800MTROS AL OESTE RECIDENCIA SIERRA		
REFERENCIA DE COBRO (SV) 2610412219	FECHA DE EMISION 29/10/2016	NUMERO DE FACTURA F122016101180089	TOTAL A PAGAR C\$ 57.231,12
ORDEN DE LECTURA 1220.40.0030.0306	TARIFA T7C MT.BOMBEO MONOMIA	261041221900000000572311274	

D.6. Tabla y Grafica de comportamiento de consumo de agua potable en la residencial Sierra dorada según datos suministrados por la empresa SASA

FECHA	CASAS	CONSUMO (M3/MES)
ene-14	406	10010
feb-14	410	10753
mar-14	410	13298
abr-14	417	13212
may-14	419	11163
jun-14	421	9839
jul-14	426	9646
ago-14	423	9505
sep-14	423	8022
oct-14	427	8098
nov-14	428	8796
dic-14	436	8543
ene-15	438	9969
feb-15	442	11251
mar-15	442	13204
abr-15	442	12424
may-15	439	9904
jun-15	439	9731
jul-15	439	9859
ago-15	441	10121
sep-15	452	9713
oct-15	452	9220
nov-15	459	8300
dic-15	456	11309
ene-16	457	11389
feb-16	457	11600
mar-16	460	14695
abr-16	459	12011
may-16	459	10499
jun-16	459	8679

COMPORTAMIENTO HISTORICO DE CONSUMOS

