

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL ANCIANATO LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA. SECTOR LOS ANAUCOS NORTE, CORTADA DE MATURIN. ESTADO MIRANDA.**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br:  
Toro Betancourt Daniel Enrique  
Para optar al título de: Ingeniero Civil

Caracas, 2007

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL ANCIANATO LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA. SECTOR LOS ANAUCOS NORTE, CORTADA DE MATURIN. ESTADO MIRANDA.**

### **TUTORES:**

Prof. María Rincones  
Prof. Eudóro López

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br:  
Toro Betancourt Daniel Enrique  
Para optar al título de: Ingeniero Civil

Caracas, 2007

*A mis Padres por apoyarme en todos los momentos en los cuales los he necesitado y haberme brindado la educación necesaria para ser la persona que hoy en día soy....*

*A mi abuelo "Torito" al cual recuerdo mucho y que estoy seguro que en algún lugar estará observando este logro.*

*Daniel E. Toro B*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, por estar siempre a mi lado y guiarme en todo momento en cada una de las situaciones que se me han presentado a lo largo de mi vida.
- A mis padres por apoyarme siempre de manera incondicional y estar allí cuando más los he necesitado.
- A mis hermanos por ayudarme en momentos en los cuales los he necesitado.
- A la Profesora Rosario, por su valiosa ayuda para poder realizar este trabajo. Gracias profe!
- A Alejandro Mata por haberme ayudado a lo largo de todo el trabajo.
- Al personal obrero de la PETA, por su colaboración.
- A la Profesora María Rincones, por su paciencia, su tiempo, su dedicación y la pasión por lo que hace. Profe muchísimas gracias!
- Al profesor Eudoro López, por su apoyo, su conocimiento, su sentido del humor. Gracias Profesor!
- A Jehiro Cújar por estar siempre allí en las buenas y las malas dando apoyo y ayuda incondicional. Gracias Giro!

- A María Fernanda García, por su apoyo incondicional, por motivarme día a día, por su paciencia, por su ayuda, por su comprensión!, Sin ti no hubiera podido lograrlo..Gracias Mafe!!
- A la UCV por haberme enseñado a lo largo de estos años la mayoría de todo lo que sé.

**Toro B, Daniel E.**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL ANCIANATO LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA. SECTOR LOS ANAUCOS NORTE, CORTADA DE MATURIN. ESTADO MIRANDA.**

**Tutores Académicos: Prof. María Rincones, Prof. Eudoro López. Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Año 2007.**

**Palabras clave:** agua residual, lodos activados, eficiencia del sistema.

**Resumen:** Las aguas residuales municipales se definen como una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, instituciones públicas y centros comerciales a las que eventualmente se pueden añadir aguas superficiales, subterráneas y pluviales. La concentración de estos residuos contenidos en el agua residual afecta negativamente las condiciones ambientales del lugar donde se descarga y tiene relación directa con el número de habitantes que la generan y sus actividades.

En este Trabajo de Investigación, se estimó la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales, de carácter doméstico, existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, en el Estado Miranda. El mismo cuenta con una población de 94 habitantes, todos de origen Portugués.

El caudal medio de líquido residual obtenido durante las doce (12) horas en las cuales se realizaron los muestreos fue de **24,7 l/mtn**. Suponiendo un caudal despreciable para las horas de la noche se consideró un caudal medio de **12,4 l/mtn**. Estas aguas son sometidas al sistema de tratamiento existente, el cual consiste en un proceso de lodos activados del tipo aireación extendida, el efluente tratado es destinado

para uso de riego y para descargar a un pequeño río o quebrada que tiene su cauce cerca del ancianato.

Para poder estimar la eficiencia del sistema de tratamiento, fue necesario preparar muestras compuestas durante tres días distintos para ser analizadas en el laboratorio de la Planta Experimental de Aguas de la UCV.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre la caracterización del afluente generado se tiene que la DBO es aproximadamente de **213 mg/l**, la DQO es de **340 mg/l** y la relación **DBO/DQO** es de 0,63 aproximadamente. Los aportes unitarios registrado en cuanto materia orgánica carbonácea (DBO y DQO), son de **39 g/p.d** y **63 g/p.d** , respectivamente.

Todos los parámetros fueron analizados mediante el Método Standard (APHA-AWWA-WEF), 1998. Se analizaron los parámetros físicos, químicos y biológicos más importantes, los cuales están contenidos en la norma actual referida a descargas sobre cuerpos de agua y para ser destinadas a riego, bajo los límites permisibles establecidos (Decreto 833 de la Gaceta Oficial de la República). El efluente cumple con los parámetros físico-químicos establecidos en la normativa, pero no con los parámetros biológicos ya que se evidenció la presencia de Organismos Coliformes Totales y Fecales en el efluente tratado

Una vez realizados todos los análisis correspondientes se obtuvo la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales evaluado, en cuanto a los porcentajes de remoción de DBO, DQO, Nitrógeno, Detergentes, Aceites y Grasas. Obteniendo para cada uno de estos parámetros, porcentajes de remoción mayor al 75 %, lo cual evidenció que el sistema es eficiente en cuanto a la remoción de los parámetros antes mencionados.

Se plantearon una serie de propuestas que permitirán un mejor funcionamiento de la planta de tratamiento instalada en el ancianato, entre las cuales están: revisar el proceso de desinfección en el tratamiento y un manual de operación y mantenimiento, con controles rutinarios a seguir por el operador, de manera que se garantice la calidad del vertido.



<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	
LISTA DE TABLAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	5
APORTES.....	6
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
II.1 LAS AGUAS RESIDUALES.....	8
II.2 IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
II.3 PROPIEDADES OFENSIVAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	9
II.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	9
II.5 EFECTOS DE POLUCIÓN POR LAS AGUAS RESIDUALES.....	13
II.6 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	16
II.7 ETAPAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	20
II.7.1 PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO.....	20
II.7.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	21
II.7.3 TRATAMIENTO TERCIARIO.....	21
II.8 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES.....	21
II.8.1 GRUPOS PRINCIPALES DE PROCESOS BIOLÓGICOS.....	22
II.9 LODOS ACTIVADOS.....	25
II.9.1 ESQUEMA GENERAL DE UN PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	26
II.10 SISTEMA CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS.....	29
II.11 TIPOS DE PROCESOS BIOLÓGICOS DE LODOS ACTIVADOS.....	31
II.12 LA AIREACIÓN EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	31

II.13 REQUISITOS NUTRICIONALES EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.....	33
II.14 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UN PROCESO DE LODOSACTIVADOS.....	33
II.14.1 TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO.....	34
II.14.2 CARGA ORGÁNICA.....	34
II.14.3 LA CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA.....	35
II.14.4 RELACIÓN ALIMENTO/MICROORGANISMO.....	35
II.14.5 TIEMPO PROMEDIO DE RETENCIÓN CELULAR.....	36
II.14.6 ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODO.....	38
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>40</b>
III.1 FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
III.1.1 FASE 1: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TEÓRICA.....	41
III.1.2 FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE GENERADO EN EL ANCIANATO “LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA” .....	42
III.1.3 FASE 3: IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTES EN EL ANCIANATO “LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA” .....	45
III.1.4 FASE 4: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	46
III.1.5 FASE 5: PROPUESTAS PARA UN MEJOR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....	47
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>48</b>
IV.1 FUNCIONAMIENTO DEL ANCIANATO “LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA” .....	49
IV.2 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES GENERADO EN EL ANCIANATO.....	51
IV.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL LÍQUIDO RESIDUAL GENERADO EN EL ANCIANATO.....	57

IV.3.1 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS DEL AFLUENTE GENERADO EN EL ANCIANATO CON OTRAS CARACTERIZACIONES.....	59
IV.3.2. VALORES DE LA CONSTANTE K Y L OBTENIDOS DEL AGUA RESIDUAL GENERADA EN EL ANCIANATO, CALCULADOS MEDIANTE EL MÉTODO DE THOMAS.....	62
IV.3.3. COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE K (BASE e), D <sup>-1</sup> Y L OBTENIDOS, CON LOS VALORES TÍPICOS DE AGUAS RESIDUALES, SEGÚN DATOS BIBLIOGRÁFICOS.....	63
IV.3.4. COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE K (BASE e), D <sup>-1</sup> Y L OBTENIDOS, CON LOS VALORES DE LOS MISMOS CORRESPONDIENTES A DISTINTOS POBLADOS EN NUESTRO PAÍS.....	64
IV.4 APORTES UNITARIOS.....	65
IV.4.1. COMPARACIÓN DE LOS APORTES UNITARIOS REGISTRADOS EN EL ANCIANATO LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA, CON VALORES REGISTRADOS EN DISTINTOS POBLADOS EN VENEZUELA.....	65
IV.5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL ANCIANATO.....	66
IV.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	66
IV.6 PLANOS DESCRIPTIVOS DE LA PLANTA Y SUS COMPONENTES.....	69
IV.7 EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL ANCIANATO.....	75
IV.8 PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE.....	78
IV.8.1. CARGA ORGÁNICA DEL PROCESO.....	78
IV.8.2. CARGA ORGÁNICA VOLUMÉTRICA DEL PROCESO.....	78
IV.8.3. TIEMPO DE RETENCIÓN CELULAR.....	78
IV.8.4. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA O TIEMPO DE AIREACIÓN.....	79

IV.8.5. RELACIÓN ALIMENTO/ MICROORGANISMOS, G DE DBO POR DÍA POR GRAMO DE SSVLM, $d^{-1}$ .....	79
IV.8.6. INDICE VOLÚMETRICO DE LODOS.....	79
IV.9. COMPARACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL EFLUENTE GENERADO EN EL ANCIANATO CON LA NORMA ACTUAL REFERIDA AL RIEGO Y A DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS A CUERPOS DE AGUA.....	81
IV.10. PROPUESTAS PARA UN MEJOR FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	87
MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PLANTA.....	89
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>104</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>105</b>

## LISTA DE TABLAS

### CONTENIDO:

Tabla 1: Composición de excrementos humanos.....	11
Tabla 2: Composición de la orina humana.....	11
Tabla 3: Composición Típica de Aguas Residuales Domésticas.....	12
Tabla 4: Composición aproximada de un ARD.....	12
Tabla 5: Comparación de Agua Residual Cruda y un efluente secundario.....	13
Tabla 6: Efectos Indeseables de las Aguas Residuales.....	14
Tabla 7: Contaminantes de importancia en Aguas Residuales.....	14
Tabla 8: Contaminantes de importancia en Aguas Residuales.....	15
Tabla 9: Caracterización de Aguas Residuales en algunos Poblados del País.....	15
Tabla 10: Valores típicos de K.....	20
Tabla 11: Valores de K en algunos Poblados del país.....	20

Tabla 12: Principales Procesos de Tratamientos Biológicos.....	23
Tabla 13: Parámetros de Diseño de Lodos Activados:.....	38
Tabla 14: Método Standard implementado para la Caracterización.....	43
Tabla 15: Características del afluente generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.....	55
Tabla 16: Caracterización de aguas residuales de poblados del país y Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.....	57
Tabla 17: Comparación de los parámetros Físicos y Químicos del afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con caracterizaciones bibliográficas.....	58
Tabla 18: Comparación de los valores de K y L del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con los valores bibliográficos.....	59
Tabla 19: Comparación de los valores de K y L del afluente del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con los valores de distintos poblados del país.....	60
Tabla 20: Aportes Unitarios generados en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.....	61
Tabla 21: Comparación de los Aportes Unitarios generados en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con valores registrados en distintos poblados del país.....	61

Tabla 22: Caracterización del Efluente generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.....	70
Tabla 23: Remoción de DBO en el Sistema Evaluado.....	71
Tabla 24: Remoción de DQO en el Sistema evaluado.....	71
Tabla 25: Remoción de Nitrógeno Amoniacal en el Sistema evaluado.....	72
Tabla 26: Remoción de Nitrógeno Orgánico en el Sistema evaluado.....	72
Tabla 27: Remoción de Fósforo en el Sistema evaluado.....	73
Tabla 28: Remoción de Aceites y Grasas en el Sistema evaluado.....	73
Tabla 29: Remoción de Detergentes en el Sistema evaluado.....	74
Tabla 30. Parámetros de Diseño de Lodos Activados.....	76
Tabla 31. Comparación de parámetros Físico-Químicos del efluente generado con las Norma vigente referida a cuerpos de agua.....	77

Tabla 32: Comparación de parámetros Físico-Químicos del Efluente generado con la Norma vigente referida a riego de vegetales para consumo humano.....	77
Tabla 33. Parámetros Biológicos del Efluente generado.....	79
Tabla 34. Comparación de parámetros Biológicos del Efluente generado con la Norma vigente referida a cuerpos de agua.....	80
Tabla 35: Comparación de parámetros Biológicos del Efluente generado con la Norma vigente referida a riego de vegetales para consumo humano.....	81
Tabla 36: Análisis Bacteriológico captado en distintos puntos del ancianato.....	81



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Formulación de la Curva de DBO Carbonácea.....	18
Figura 2: Efecto del valor K sobre la DBO.....	19
Figura 3: Esquema del Proceso de Lodos Activados.....	26
Figura 4: Esquema de Transferencia de Oxígeno:.....	27
Figura 5: Esquema del Proceso de Lodos Activados de Mezcla Completa.....	29
Figura 6: Planta de Lodos Activados.....	30
Figura 7: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.....	45
Figura 8: Patio del Ancianato.....	49
Figura 9. Reactor Biológico.....	62
Figura 10: Pastillas de cloro aplicadas.....	63
Figura 11: Bomba sumergible para Agua Residual.....	63
Figura 12: Tablero eléctrico.....	64

## INTRODUCCIÓN

En un agua residual dispuesta sin ningún tipo de tratamiento previo existe una diversidad de microorganismos y agentes patógenos que constituyen una fuente de enfermedades, así mismo la presencia de materia orgánica es capaz de disminuir los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua y favorecer la formación de gases malolientes luego de su descomposición, también se pueden encontrar componentes tóxicos y residuos industriales, lo cual va en detrimento de las condiciones ambientales y su salubridad. Es este carácter contaminante lo que hace imprescindible su tratamiento previo a la descarga, ya que si bien es cierto que este no elimina en su totalidad los residuos contenidos, permite disminuir la concentración de los mismos a niveles permisibles por las normativas establecidas .

La Ingeniería Sanitaria se encarga de aplicar los principios necesarios que resultan de la unión de la ciencia y la tecnología para llevar a cabo el control y tratamiento de las aguas contaminadas. En tal sentido, existe una diversidad de mecanismos que permiten cumplir con el objetivo de depuración y que se resumen en lo que se denominan las operaciones y procesos unitarios, o lo que es equivalente a los tratamientos primario, secundario y terciario, en donde se agrupan las operaciones físicas, los procesos químicos y biológicos y las combinaciones adicionales de los procesos.

La disposición de las aguas residuales en nuestro país se rigen por distintos decretos establecidos en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela, los cuales establecen valores de parámetros físicos, químicos y biológicos contenidos en ellas, que al estar regulados minimizan el impacto ambiental generado al ser descargadas sobre los distintos cuerpos receptores.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA**

## **I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira es una institución que alberga a personas de la tercera edad con el fin de darles techo y proporcionarles la atención básica requerida, como alimentación, cuidado médico y recreación.

Este centro fue fundado en el año 2002, está ubicado en el sector Los Anaucos Norte, cortada de Maturín, Parroquia Cecilio Acosta del Municipio Guaicaipuro, Estado Miranda. Tiene capacidad para albergar a noventa y cinco personas de la tercera edad, de origen portugués, las cuales son aceptadas después de haber presentado todos los requisitos exigidos por dicha institución.

Una de las principales actividades de recreación que realizan las personas albergadas en este centro es el cultivo de flores ornamentales y algunos vegetales comestibles para consumo propio, de esa manera con dicha actividad estas personas invierten gran parte de su tiempo, lo cual representa una manera de recreación y entretenimiento que los motiva y mejora su calidad de vida.

El ancianato se encuentra en una parte alta del sector, razón por la cual se había hecho muy difícil que dicho centro contara con una línea de aducción principal, por ende la dotación de agua potable para este ancianato era llevada a cabo a través de camiones cisternas. Actualmente la institución cuenta con agua propia, la cual es bombeada desde Maitana, sector aledaño al ancianato.

Todas las aguas residuales que se generan en esta institución son sometidas al sistema de tratamiento que poseen actualmente, con el fin de realizar actividades de riego de las plantas y los vegetales que allí cultivan

las personas de la tercera edad que están albergadas, por lo cual es de suma importancia que el efluente de dicho tratamiento cumpla con los requerimientos establecidos por la norma vigente y de esta manera no afecte la salud de los albergados en el ancianato por la ingesta de vegetales regados con agua contaminada.

Esta investigación nos permite dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Es efectivo el sistema actual de tratamiento de aguas residuales del ancianato Lar Padre Joaquín Ferreira, para descargarlo en el cuerpo de agua y/o utilizarlo para el riego agrícola?

## **I.2. OBJETIVOS**

### **I.2.1. Objetivo General:**

Evaluar el grado de eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento en el ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”

### **I.2.2. Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar las aguas residuales generadas por las actividades realizadas en el ancianato Lar Padre Joaquín Ferreira.
2. Estimar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales existente.
3. Cotejar los valores obtenidos de dicha caracterización con los permisibles de la normativa vigente sobre descargas de aguas residuales y riego de vegetales para el consumo humano.
4. Plantear las posibles soluciones para optimizar el funcionamiento del sistema de tratamiento.

### **I.3. APORTES**

Una evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales contribuye no sólo con la preservación del medio ambiente, sino también garantiza la salud de personas que están afectadas directamente por el mismo, en este caso las personas que se encuentran alojadas en el ancianato.

Por otra parte, este trabajo representa el comienzo de la aplicación y consolidación de todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, y qué más orgullo que el demostrar que al ponerlos en servicio se puede contribuir a la solución de problemas existentes que afectan a nuestra población.

Además permite al tesista el aprendizaje de normas vigentes utilizadas dentro del campo de la Ingeniería Civil en el área Sanitaria, lo que conlleva a un profesional mejor preparado, más competitivo y actualizado.

Asimismo, este trabajo permite fortalecer la información asociada a caracterizaciones de aguas residuales de origen doméstico y eficiencia de sistemas de aguas residuales como línea de investigación de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la UCV.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEORICO**



## **II.1. Las Aguas Residuales**

Las aguas residuales domésticas se definen como una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, instituciones públicas o privadas y centros comerciales a las que eventualmente se pueden añadir aguas superficiales, subterráneas y pluviales. La concentración de estos residuos contenidos en el agua residual afecta negativamente las condiciones ambientales del lugar donde se descarga y tiene relación directa con el número de habitantes que la generan y sus actividades.

En este Trabajo de Investigación las aguas residuales a tratar son provenientes de un ancianato, por lo cual el agua es de carácter doméstico y los parámetros a evaluar estarán enmarcados en los correspondientes a las mismas.

## **II.2. Importancia del Tratamiento de las Aguas Residuales**

Con el desarrollo de la urbanización y con la diversificación de los procesos industriales, un sin número de elementos químicos elaborados por la sociedad junto a una mayor cantidad de materias orgánicas son dispuestos en los cursos normales de agua, depositándose en lagunas, lagos, ríos y mar. La DBO aumenta y el limitado oxígeno disuelto no es suficiente para posibilitar la recuperación de dichos elementos. La naturaleza no siempre es capaz por sí sola de realizar el proceso de auto purificación de los cursos de agua.

Un importante efecto de la contaminación orgánica o biológica es el peligro para la salud. En los sistemas de alcantarillado, que llevan aguas servidas sin tratamiento a los ríos, lagos y mares, se produce la transmisión de microorganismos que causan enfermedades como el cólera,

la tifoidea y la hepatitis, las que se adquieren principalmente por beber agua contaminada o por consumir frutas o verduras regadas con agua contaminada.

Por tal motivo, es de carácter obligatorio recurrir a la Norma Vigente referente a la descarga de Aguas Residuales sobre cuerpos de agua y también la referente al riego, ya que en el ancianato, el efluente tratado por la planta de tratamiento existente, es utilizado para regar los vegetales que allí se cultivan, los cuales son destinados para el consumo propio. Esto con la finalidad de obtener los valores permisibles correspondientes a los parámetros a evaluar y que puedan ser comparados para determinar si la planta en cuestión presenta un buen funcionamiento.

### **II.3. Propiedades Ofensivas de las Aguas Residuales**

Para los efectos de tratamiento de las aguas residuales, es de importancia determinar, a través de una serie de análisis de laboratorio, la concentración de aquellas sustancias que por sus características le comunican propiedades indeseables, ofensivas, al agua.

Entre las propiedades ofensivas más comunes de las Aguas Residuales, se pueden mencionar: malos olores, acción tóxica, la potencialidad infectiva, la modificación de la apariencia física, la polución térmica, la eutrofización de las masas líquidas, entre otras.

### **II.4. Características de las Aguas Residuales**

Dado a que este Trabajo Especial de Grado fundamenta su estudio en la evaluación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, es necesario conocer las características típicas de un Agua Residual, referidas como afluentes en las distintas bibliografías, para así de esa manera tener

claro los parámetros necesarios a evaluar en la caracterización y por ende los valores promedios que deben obtenerse con la misma.

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico. Sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben analizar.

Aunque en la práctica, como se verá a continuación existen caracterizaciones típicas de aguas residuales, las cuales son muy importantes como referencia de los parámetros de importancia por analizar y de su magnitud, hay que recordar que cada agua residual es única en sus características y que, en lo posible, los parámetros de polución deben evaluarse en el laboratorio para cada líquido residual específico.

Las tablas siguientes resumen valores promedios de las características de polución más importantes evaluadas en aguas residuales y revelan la importancia de su origen y de la magnitud del caudal aportante. Las aguas residuales, transportan básicamente excrementos humanos y orina y por ello, contribuyen principalmente con Materia Orgánica (DBO), Sólidos Suspendidos, Fósforo, Nitrógeno y Coliformes Fecales.

Cada una de las tablas siguientes, reflejan valores promedios característicos de Aguas Residuales reseñadas por bibliografías; en ellas

se puede observar, la variación en cada uno de los parámetros evaluados, para las distintas caracterizaciones

**Tabla N°1. Composición de excrementos humanos.**

<b>Característica</b>	<b>Material Fecal</b>	<b>Orina</b>
Cantidad (húmeda) por persona por día	135 - 270 g	1 - 1,3 Kg
Cantidad (Seca) por persona por día	35 - 70 g	50 - 70 g
Humedad, %	66 - 80	93 - 96
Materia Orgánica, %	88 - 97	65 - 85
Nitrógeno, %	5,0 - 7,0	15 - 19
Fósforo (como P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %	3,0 - 5,4	2,5 - 5,0
Potasio (como K <sub>2</sub> O), %	1,0 - 2,5	3,0 - 4,5
Carbón, %	44 - 55	11 - 17
Calcio (como CaO), %	4,5	4,5 - 6,0

*Fuente: Romero, J. 1999.*

**Tabla N° 2. Composición de la orina humana.**

<b>Característica</b>	<b>Promedio</b>	<b>Intervalo</b>
Volumen, L/cd	1,57	0,69 - 2,5
pH	6,1	5,6 - 6,8
Conductividad, mS/cm	17,49	8,72 - 26,8
NH <sub>4</sub> - N, mg/cd	571	318 - 883
Urea, g/cd	16,8	11,8 - 23,8
Nitrógeno total, g/cd	10,8	7,7 - 15
Fósforo, g/cd	0,93	0,6 - 1,48
Potasio, g/cd	2,6	1,38 - 3,52
DQO, g/cd	12,97	5,37 - 24,02
DBO, g/cd	6,06	1,76 - 9,79

*Fuente: Romero, J. 1999.*

**Tabla N° 3. Composición típica de las Aguas Residuales Domésticas. (ARD)**

<b>Parámetro</b>	<b>(Romero, J. 1999)</b>	<b>(Metcalf-Eddy, 1991)</b>
Sólidos totales	720 mg/L	700 mg/l
Sólidos disueltos	500 mg/L	500 mg/l
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L	200 mg/l
Sólidos suspendidos	220 mg/L	200 mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L	150 mg/l
Sólidos sedimentables	10 mg/L	10 mg/l
DBO	220 mg/L	200 mg/l
COT	160 mg/L	-
DQO	500 mg/L	500 mg/l
Nitrógeno Total	40 mg/L - N	-
Nitrógeno orgánico	15mg/L - N	15 mg/L -N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L - N	-
Nitritos	0 mg/L - N	0 mg/ L-N
Nitratos	0 mg/L - N	0 mg/ L-N
Fósforo total	8 mg/L - P	10 mg/ L-P
Fósforo orgánico	3 mg/L - P	4 mg/L-P
Fósforo inorgánico	5 mg/L - P	6 mg/L-P
Cloruros	50 mg/L - Cl	-
Alcalinidad	100 mg/L - CaCO <sub>3</sub>	100 mg/L - CaCO <sub>3</sub>
Grasas	100 mg/L	100 mg/l

Fuentes: Romero, J. 1999. Metcalf-Eddy, 1991

**Tabla N° 4. Composición aproximada de un ARD (mg/L), basada en una dotación de 400 L/cd.**

<b>Parámetro</b>	<b>Cruda</b>	<b>Sedimentada</b>	<b>Tratada biológicamente</b>
Sólidos totales	800 mg/L	680 mg/L	530 mg/L
Sólidos totales volátiles	440 mg/L	340 mg/L	220 mg/L
Sólidos Susp.	240 mg/L	120 mg/L	30 mg/L
Sólidos Susp. Vol.	180 mg/L	100 mg/L	20 mg/L
DBO	200 mg/L	130 mg/L	30 mg/L
Nitrógeno total como N	35 mg/L - N	25 mg/L- N	20 mg/L- N
Nitrógeno inorgánico como N	15 mg/L- N	15 mg/L- N	20 mg/L- N
Fósforo total como P	10 mg/L- P	8 mg/L- P	7 mg/L- P

Fuente: Romero, J. 1999.

**Tabla N° 5. Comparación de un Agua Residual Cruda y un Efluente Secundario. (Urb. Córdoba, Santa Fe de Bogotá, D.C, 1977).**

<b>Parámetro</b>	<b>Cruda</b>	<b>Secundario</b>
DBO, mg/L	466	27
DQO, mg/L	1.230	164
SS, mg/L	704	44
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> / mg/L - N	41	37
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L - N	--	1,4
NTK, mg/L - N	82	43
P, mg/L	12	7
(Detergentes)SAAM, mg/L	12	1,8
Na <sup>+</sup> , mg/L	262	264
K <sup>+</sup> , mg/L	25	25
Ca <sup>++</sup> , mg/L	94	98
Alcalinidad, mg/L	582	510
Cl <sup>-</sup> , mg/L	327	369
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , mg/L	64	73

*Fuente: Romero, J. 1999.*

## **II.5. Efectos de Polución por las Aguas Residuales:**

Toda agua residual afecta en alguna manera la calidad del agua de la fuente o cuerpo de agua receptor. Sin embargo, se dice que un agua residual causa polución solamente cuando introduce condiciones o características que hacen al agua de la fuente o cuerpo receptor inaceptable para el uso propuesto de la misma. Así, por ejemplo, no se puede decir que las aguas de la alcantarilla domiciliar contaminan las aguas del alcantarillado sanitario municipal. En las siguientes tablas se presenta, en forma muy breve y generalizada, los efectos más importantes de los principales agentes de polución de las aguas residuales.

**Tabla N°6. Efectos indeseables de las Aguas Residuales**

<b>Contaminante</b>	<b>Efecto</b>
Materia Orgánica Biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles.	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autopurificación.
Microorganismos patógenos.	El ARD puede transportar organismos patógenos.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor.	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.

Fuente: Romero, J. 1999.

**Tabla N° 7. Contaminantes de Importancia en Aguas Residuales**

<b>Contaminante</b>	<b>Causa de su importancia</b>
Sólidos suspendidos	Pueden conducir al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan AR crudas en un medio acuático.
Materia orgánica biodegradable	Está compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Se mide en términos de DBO y DQO por lo general. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Producen enfermedades de origen hídrico.
Nutrientes	El C, N y P son nutrientes. Cuando se descargan en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descargan en cantidades excesivas sobre el suelo pueden producir polución del agua subterránea.
Materia orgánica refractaria	Resiste tratamiento convencional. Ejemplos: detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Proviene de aguas residuales comerciales e industriales y es posible que deban ser removidos para reuso del agua.
Sólidos inorgánicos disueltos	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y es posible que deban ser removidos para reuso del agua

Fuente: Romero, J. 1999.

**Tabla N° 8. Contaminantes importantes en Aguas Residuales.**

<b>Contaminante</b>	<b>Parámetro típico de medida</b>	<b>Impacto ambiental.</b>
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Materiales tóxicos	Como cada material tóxico específico	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos.

Fuente: Romero, J. 1999.

**Tabla N° 9. Caracterización de ARD de algunos Poblados del País.**

<b>Parámetro</b>	<b>Población San Pedro (1)</b>	<b>Población Nva. Casarapa (2)</b>	<b>Población Manzanares (3)</b>
DBO <sub>5,20</sub> Total (mg/l)	255	108	160
DQO Total(mg/l)	430	175	321,5
SólidosTotales (mg/l)	720	1046	480
Sólidos Totales Fijos (mg/l)	314	726	216
Sólidos Totales Volátiles (mg/l)	406	320	264
Sólidos Disueltos (mg/l)	364	912	381
0Sólidos Disueltos Fijos (mg/l)	242	665	203
Sólidos Disueltos Volátiles	122	247	178
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	356	134	99
Sólidos Suspendidos Fijos. (mg/l)	72	61	13
Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/l)	284	73	86
Sólidos Sedimentables (ml/l)	NA	2,25	5,5
Nitrógeno Amoniacal (mg N/L)	18,8	17,5	6,86
Nitrógeno Orgánico (mg N/L)	2	3,65	10,64
Población	73404 hab	2500 hab	10847 hab
Caudal Medio	226 (l/s)	14 (l/s)	41 (l/s)

(1) Herrera E ; Merlo S. (1999).

(2) Blanco M ; Escobar F. (1977).

(3) Gil, M. (1999)



## II.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Cuando se refiere a la DBO necesaria para oxidar todo el material orgánico carbonáceo biodegradable, se denomina Demanda Bioquímica Última de Oxígeno Carbonácea (DBOUC), también conocida como Demanda Última de Primera Etapa.

En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO<sub>5,20</sub> con valores numéricos expresados en (mgO<sub>2</sub>/L). La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

La formulación matemática de la DBO carbonácea fue hecha por Streeter y Phelps con base en la ley empírica de Theriault de que la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica biodegradable presente; es decir, obedece a una ecuación de primer orden. Matemáticamente se tiene:

$$\frac{dL_t}{dt} = KL_t \quad (1.1)$$

Donde:  $L_t$  = DBO remanente en el agua para el tiempo  $t$ ,  $\frac{mg}{L}$

$K$  = constante que expresa la velocidad de oxidación,  $d^{-1}$

$t$  = tiempo de oxidación, d

$\frac{dL_t}{dt}$  = tasa de oxidación de la materia orgánica

carbonácea,  $\frac{mg}{L}$

Integrando la ecuación anterior, se obtiene:

$$\frac{L_t}{L} = e^{-t} = 10^{-kt} \quad (1.2)$$

Donde:  $L$  = DBO remanente en el agua para el tiempo  $t=0$ , o DBOUC.

$$K = 2,303 k \quad (1.3)$$

La DBO remanente para cualquier tiempo  $t$  es igual a:

$$L_t = L e^{-Kt} = L \times 10^{-kt} \quad (1.4)$$

La DBO ejercida en cualquier tiempo es:

$$y = L - L_t = L - L e^{-Kt} = L - L \times 10^{-kt} \quad (1.5)$$

$$y = L (1 - e^{-Kt}) = L (1 - 10^{-kt}) \quad (1.6)$$

La ecuación 1.6, es la expresión usual de la DBO,

Donde:

$y$  = DBO ejercida por el agua después de un tiempo  $t$ ,  $\frac{mg}{L}$

$L$  = DBOUC,  $\frac{mg}{L}$ , o DBO remanente en el agua para  $t = 0$

$K$  = constante de velocidad de reacción de la DBO, (base e),  $d^{-1}$

$k$  = constante de velocidad de reacción de la DBO, (base 10),  $d^{-1}$

$t$  = tiempo de reacción, d

La DBO estándar,  $DBO_5$ , o simplemente DBO es igual a:

$$Y_5 = L (1 - e^{-5K}) = L (1 - 10^{-5k}) \quad (1.7)$$

Evidentemente, la DBOUC es igual a la DBO satisfecha más la DBO remanente:

$$L = y + L_t \quad (1.8)$$

Además, la fracción remanente para cualquier tiempo  $t$  será:  $\frac{L_t}{L}$  y la fracción oxidada será:

$$1 - \frac{L_t}{L}$$

Gráficamente, la ecuación anterior se ilustra en la siguiente figura:

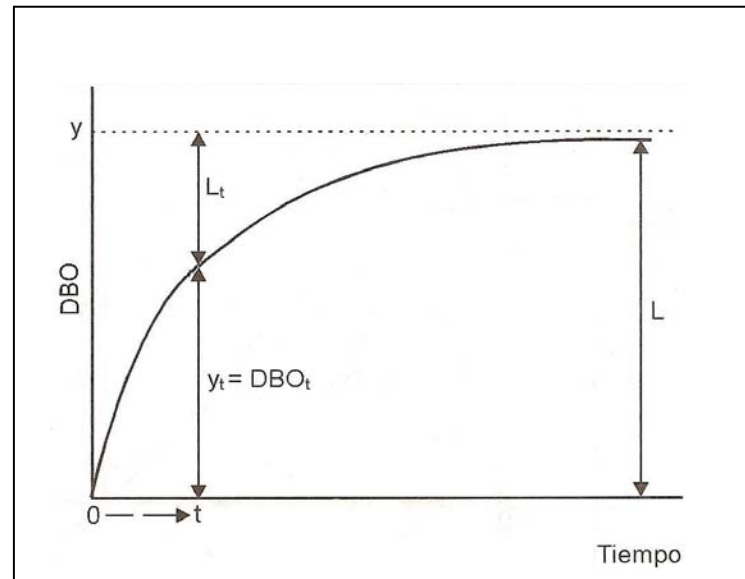


Figura N° 1. Formulación de la Curva DBO Carbonácea

*Fuente: Romero, J. 1999.*

La oxidación bioquímica es un proceso lento que requiere, matemáticamente, un tiempo infinito para su culminación. A 20°C, valores típicos de  $K$  (base  $e$ ) y  $k$  (base 10) son respectivamente 0,23 y 0,10  $d^{-1}$ , para aguas residuales domésticas.

Para determinar el valor de la constante de reacción  $K$  a una temperatura diferente de 20°C se utiliza la ecuación deducida de la relación clásica de Vant Hoff Arrhenius:

$$K_T = K_{20} * \theta^{T-20}$$

$K_t$  = constante de reacción de la DBO para  $T$  °C

$K_{20}$  = constante de reacción para 20 °C.

El valor de  $\theta$ , según la temperatura:

$$\theta = 1,135. \text{ para } T = 4 - 20 \text{ °C}$$

$$\theta = 1,056, \text{ para } T = 20 - 30 \text{ °C}$$

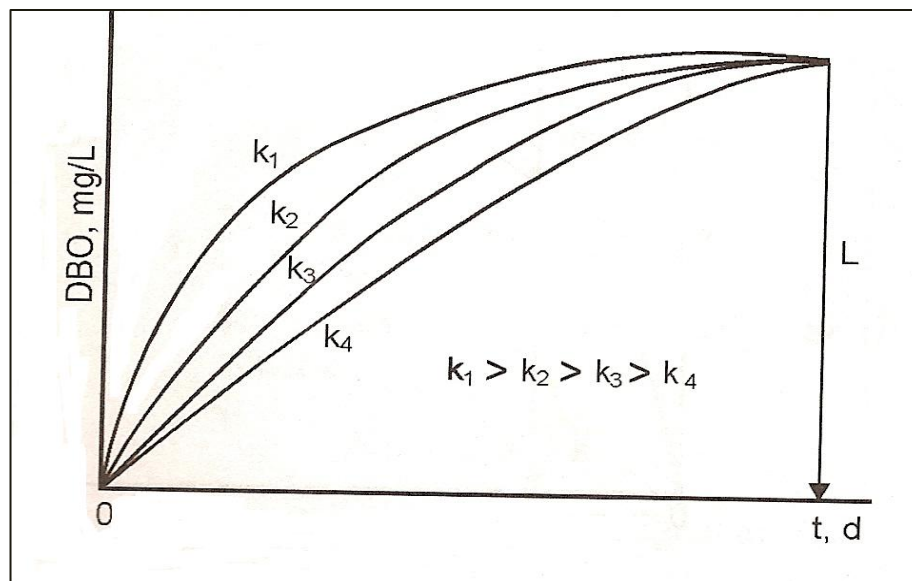


Figura N° 2. Efecto del valor  $K$  sobre la DBO ( $L = \text{cte}$ )

Fuente: Romero, J. 1999.

En la *tabla N° 10* y *tabla N° 11* se incluyen:

- Valores típicos de  $K$  en Aguas Residuales Domésticas citados por la literatura.
- Valores de  $K$  obtenidos de algunas caracterizaciones de ARD realizadas en algunos poblados de Venezuela.

**Tabla N° 10. Valores típicos de  $K$ , citados por la literatura:**

<b>Tipo de agua residual</b>	<b><math>k, d^{-1}</math> (base 10)</b>	<b><math>K, d^{-1}</math> (base e)</b>
Doméstica débil	0,152	0,35
Doméstica fuerte	0,168	0,39
Efluente primario	0,152	0,35
Efluente secundario	0,05 – 0,10	0,12 – 0,23

Fuente: Romero, J. 1999.

**Tabla N° 11. Valores de  $k$ , obtenidos de caracterizaciones realizadas en algunos poblados del país.**

<b>Poblado</b>	<b>San Pedro (1)</b>	<b>Nueva Casarapa (2)</b>	<b>Manzanares (3)</b>
<b><math>k</math> (base 10), <math>d^{-1}</math></b>	0,18	0,17	0,18

(1) Herrera E ; Merlo S. (1999).

(2) Blanco M ; Escobar F. (1977).

(3) Gil, M. (1999)

## **II.7. Etapas de Tratamiento de las Aguas Residuales**

La remoción de contaminantes de aguas residuales involucra normalmente una o más etapas. Estas etapas se denominan generalmente tratamiento primario, secundario o terciario. El grado de tratamiento y la combinación de unidades de tratamiento depende de los constituyentes de las aguas residuales y del grado de tratamiento requerido.

### **II.7.1. Pretratamiento y Tratamiento Primario**

En el Pretratamiento de Aguas Residuales generalmente se remueven los sólidos suspendidos o arenas de fácil remoción y/o aceites.

En la mayoría de los casos el tratamiento primario consiste en procesos físicos (tal como sedimentación) pero a veces con efluentes ácidos o alcalinos habrá que considerar una combinación de tratamiento físico y químico.

### **II.7.2. Tratamiento Secundario**

El tratamiento secundario involucra generalmente un proceso biológico. Los procesos de tratamiento más comunes son el proceso completamente mezclado del lodo activado, aireación extendida, lagunas aerobias y aireadas, lechos percoladores y lagunas anaerobias y facultativas, reactores anaerobios, entre otros.

### **II.7.3. Tratamiento Terciario**

El tratamiento terciario es usado en los casos cuando se necesita realizar el proceso de desinfección y además garantizar calidad alta de efluente, en cuanto a la DBO, sólidos suspendidos y remoción de materiales. Los procesos comunes son: adsorción de carbón, coagulación y sedimentación, flotación, filtración, procesamiento por membrana, lagunas de pulimento y remoción amoniacal. Estos procesos tienen la capacidad de reducir la DBO y SS a niveles de 1 hasta  $5 \frac{mg}{l}$  y a la vez reducir radicalmente los niveles de sólidos disueltos, nitrógeno y fósforo.

## **II.8. Tratamiento Biológico de Aguas Residuales**

El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remover nitrógeno y fósforo del agua residual.

### **II.8.1. Grupos Principales de Procesos Biológicos:**

- a) Procesos aerobios.
- b) Procesos anaerobios.
- c) Procesos anóxicos.
- d) Procesos combinados (aerobios con anóxicos o con anaerobios).

Dentro de cada grupo hay, además, diferentes tipos, dependiendo de si el proceso es de crecimiento biológico suspendido, crecimiento biológico adherido o una combinación de ellos.

**a) Procesos aerobios:** El proceso aerobio es un proceso de respiración de oxígeno en el cual el oxígeno libre es el único receptor final de electrones; el oxígeno es reducido y el carbono es oxidado, al igual que la materia orgánica o inorgánica. Todos los organismos que usan oxígeno libre como aceptador de electrones son aerobios.

El proceso se ejecuta con el propósito de obtener la energía necesaria para la síntesis de tejido celular nuevo. En ausencia de materia orgánica, el tejido celular será utilizado endógenamente y convertido en productos gaseosos y en energía para mantenimiento.

**b) Procesos anaerobios:** El proceso anaerobio consiste en la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios

El proceso anaerobio es menos eficiente que el aerobio, puesto que la mayoría de la energía liberada en el catabolismo anaerobio proveniente de la sustancia descompuesta aún permanece en los productos finales orgánicos reducidos como el metano, generándose una cantidad de biomasa mucho menor que la producida en el proceso aerobio.

**c) Procesos anóxicos:** La fermentación anóxica o proceso de respiración de nitrato está definida como el conjunto de reacciones de reducción del nitrato o nitrito, en las cuales estos se aceptan electrones, en ausencia de oxígeno libre.

Este proceso también se conoce como desnitrificación anaerobia, pero como las vías principales de conversión bioquímica no son anaerobias sino una modificación de las vías aerobias, se ha considerado más apropiado denominarlo proceso anóxico.



Tabla N° 12. Principales Procesos de Tratamiento Biológicos.

Tipo de Tratamiento	Crecimiento	Proceso	Uso Principal
Aerobios	Suspendido	<b>Lodos Activados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convencional</li> <li>- Mezcla Completa</li> <li>- Aireación Escalonada</li> <li>- Estabilización y Contacto</li> <li>- Oxígeno Puro</li> <li>- Tasa Alta</li> <li>- Aireación Prolongada</li> <li>- Proceso Krauss</li> <li>- Zanjón de Oxidación</li> </ul>	Remoción de DBO y nitrificación
		<b>Lagunas aireadas</b>	Remoción de DBO y nitrificación
		<b>Digestión aerobia</b>	Remoción de DBO estabilización
		<b>Lagunas aerobias</b>	Remoción de DBO y nitrificación
Aerobios	Adherido	<b>Filtros Percoladores:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasa baja</li> <li>- Tasa alta</li> </ul>	Remoción de DBO y nitrificación
		<b>Torres Biológicas</b>	
		<b>Unidades rotatorias de contacto biológica</b>	
		<b>Reactores de lecho fijo</b>	
Anóxicos	Suspendido Adherido	<b>Bardenpho</b>	Remoción de DBO, N y P
		<b>Desnitrificación</b>	Remoción de Nitrógeno
Anaerobios	Suspendido	<b>Digestión anaerobia</b>	Remoción de DBO estabilización
		<b>Anaerobio de Contacto</b>	Remoción de DBO
	Híbrido	<b>Lagunas anaerobias</b>	Remoción de DBO estabilización
		<b>Manto de lodos-flujo Ascensional (PAMLA) o UASB</b>	Remoción de DBO y SS
		Adherido	<b>Filtro anaerobio</b>
	<b>Lecho expandido</b>		

Fuente: Romero, J. 1999.

El sistema de tratamiento a evaluar en este trabajo de investigación corresponde al Tratamiento Biológico de Lodos Activados, por lo cual se explicará detenidamente en qué consiste este proceso.

## **II.9 Lodos Activados**

Todos los procesos de lodos activados tienen en común el contacto de aguas residuales con el floc biológico previamente formado en un tanque de aireación. El lodo activado consiste en una masa floculenta de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, a la cual debe su nombre de *activado*. El resultado final es una porción de materia orgánica, susceptible de descomposición biológica, convertida en compuestos inorgánicos y el resto, transformada en lodo activado adicional.

El ambiente de un sistema de lodos activados puede considerarse un medio acuático, es colonizado por microorganismos muy variados, como bacterias, hongos, protozoarios y metazoarios pequeños; la agitación constante y la recirculación de los lodos hacen sin embargo, el medio inhóspito para la macro fauna acuática.

Las bacterias constituyen el grupo más importante de microorganismos, en el proceso de lodos activados, por su función en la estabilización del material orgánico y en la formación de floc de lodo activado. En este proceso son importantes las bacterias nitrificantes, tales como *Nitrosomas* y *Nitrobacter*, al igual que la *Zooglea ramígera*, considerada por algunos autores como organismos principales en la formación del lodo activado por su gran habilidad para formar floc biológico, sin que esto indique que es el único organismo capaz de formar floc.

Los protozoarios son, con las bacterias, los organismos más abundantes en lodos activados. Algunos son completa o parcialmente sapróbicos y compiten con las bacterias por el material orgánico. Los más comunes, posiblemente, sean los protozoarios flagelados; también se han encontrado amebas en las paredes de los tanques de aireación.

Los metazoarios, formas superiores, animales, son usualmente raros en lodos activados; algunas veces se encuentran rotíferos, sobretodo en procesos de aireación prolongada con carga orgánica baja.

### II.9.1. Esquema General de un Proceso de Lodos Activados.

Generalizando, el proceso biológico que tiene lugar en un sistema aerobio de lodos activados, se puede esquematizar como se indica en la siguiente figura:

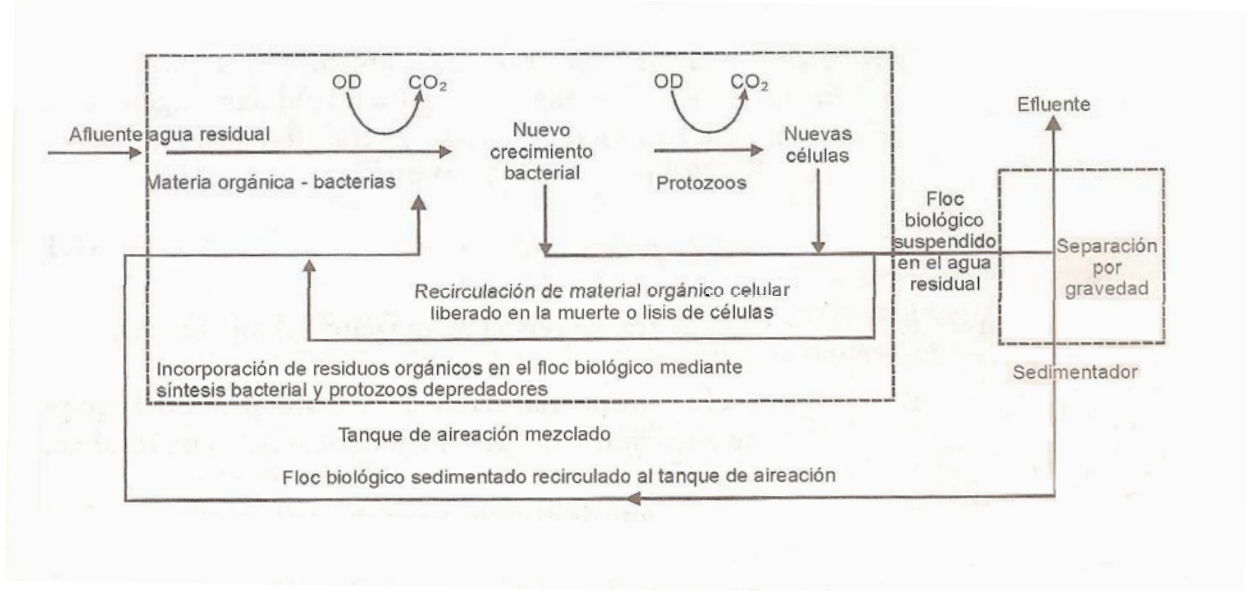


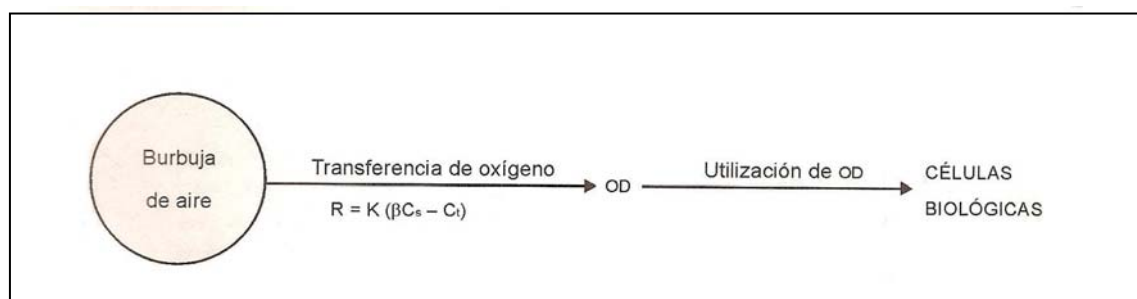
Figura N° 3. *Esquema del proceso de Lodos Activados.*

*Fuente: Romero, J. 1999.*

Básicamente, la comunidad de los lodos activados puede ser muy variable y depende de:

1. Naturaleza del suministro alimenticio
2. Concentración del alimento
3. Turbulencia
4. Temperatura
5. Tiempo de aireación
6. Concentración de lodos

Las aguas residuales crudas fluyen en el tanque de aireación con su contenido de materia orgánica (DBO) como suministro alimenticio. Las bacterias metabolizan los residuos produciendo nuevas bacterias, utilizando oxígeno disuelto y liberando dióxido de carbono. Los protozoarios consumen bacterias para obtener energía y reproducirse. Una porción del crecimiento bacterial muere, liberando su crecimiento celular en la solución para una nueva síntesis en células microbiales. La mezcla líquida, aguas residuales con floc biológico en suspensión, es separada en un sedimentador; es decir, se recircula floc sedimentado continuamente al tanque de aireación y se descarga el efluente clarificado. El sistema de lodos activados es un proceso estrictamente aerobio, ya que el floc microbiano se mantiene siempre en suspensión en la mezcla aireada del tanque, en presencia de oxígeno disuelto. La transferencia de oxígeno ocurre en dos etapas, que se representan en la siguiente figura:



Figur

a N° 4. Esquema de Transferencia de Oxígeno

Fuente: Romero, J. 1999

Las burbujas de aire se crean, mediante aire comprimido, a través de un difusor, o por medio de aireación mecánica, para introducir oxígeno en el líquido mediante mezcla turbulenta. La tasa de transferencia de oxígeno del aire en oxígeno disuelto puede calcularse por la expresión:

$$R = K (\beta C_s - C_t)$$

Donde:

$R$  = tasa de transferencia de oxígeno del aire en OD,  $\frac{mg}{Lhora}$

$K$  = coeficiente de transferencia, el cual depende del equipo de aireación y de las características del agua residual,  $hora^{-1}$

$\beta$  = coeficiente de saturación de oxígeno de agua residual, usualmente 0,8 – 0,9.

$C_s$  = concentración de saturación de OD para agua limpia,  $\frac{mg}{L}$

$C_t$  = concentración de OD existente en la mezcla de agua residual,  $\frac{mg}{L}$

$(\beta C_s - C_t)$  = déficit de OD,  $\frac{mg}{L}$

La tasa de utilización del OD es esencialmente una función de la relación **alimento / microorganismo**  $\left( \frac{DBO}{SSLM} \right)$ , del tiempo de aireación y de la temperatura. El consumo de oxígeno por razones biológicas es generalmente menor de  $10 \frac{mg}{Lh}$  para procesos de aireación extendida, cerca de  $30 \frac{mg}{Lh}$  para procesos convencionales y tan grandes como  $100 \frac{mg}{Lh}$  para procesos de tasa alta.

La concentración crítica de OD se toma generalmente igual a  $0,5 \frac{mg}{L}$ , típicamente  $0,2$  a  $2,0 \frac{mg}{L}$ ; concentraciones menores de este valor inhiben el metabolismo microbiano aerobio.

En resumen, el contacto íntimo del agua residual con una cantidad óptima de floc biológico activo en presencia de un adecuado suministro de oxígeno, durante un período de tiempo conveniente, seguido de una separación eficiente de los organismos y del líquido purificado, son los prerequisites del proceso.

## II.10. Sistema Convencional de Lodos Activados.

El esquema específico del proceso biológico convencional de lodos activados (tanque de aireación, sedimentador y recirculación de lodos activados), se indica en la figura N°5:

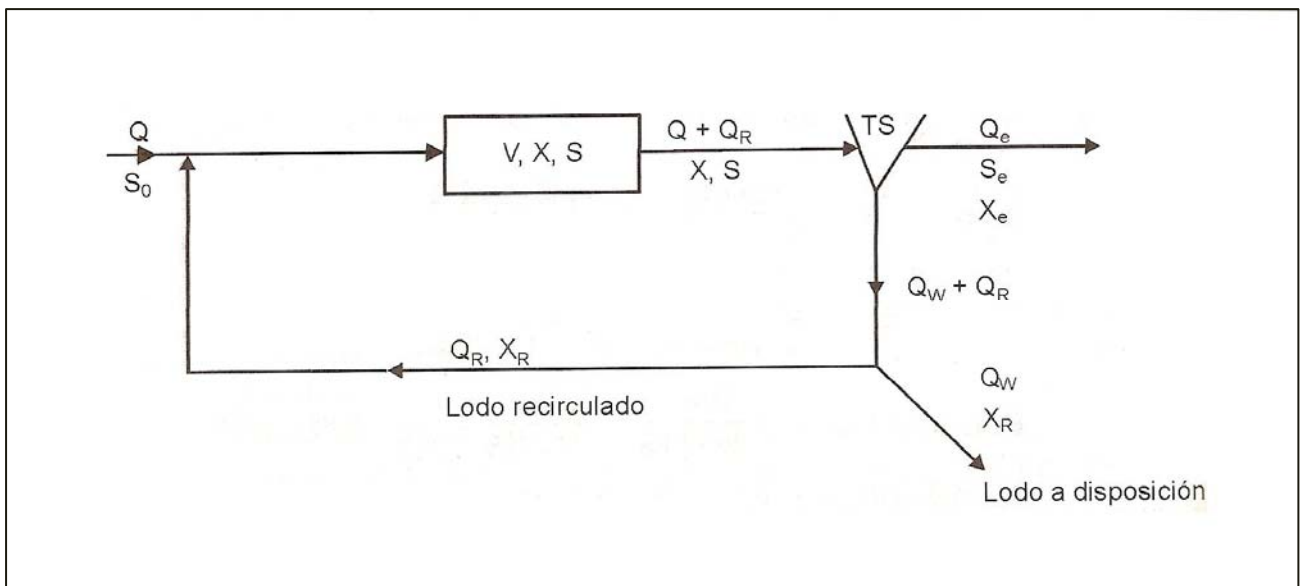


Figura N°5. Esquema del Proceso de Lodos Activados De Mezcla Completa.

Fuente: Romero, J. 1999

El diagrama de flujo de una planta típica de tratamiento de lodos activados, incluyendo el pretratamiento, el tratamiento primario y el tratamiento de lodos, se muestra en la figura siguiente:

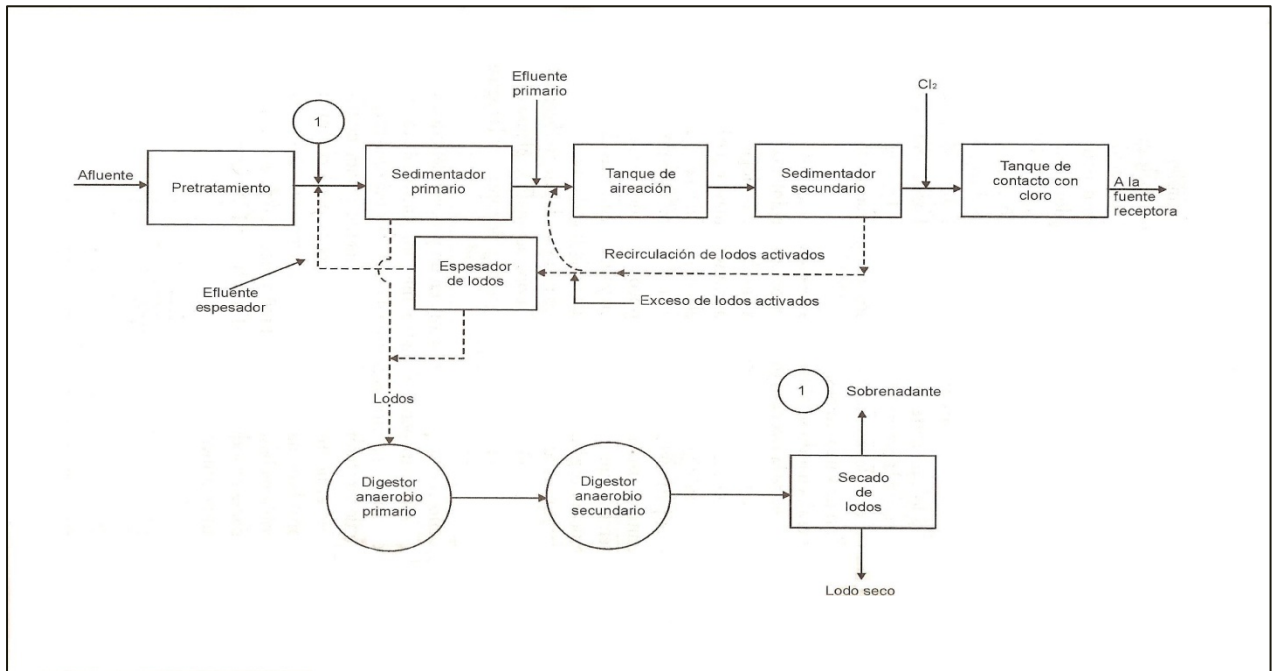


Figura N° 6. Planta de Lodos Activados.

Fuente: Romero, J. 1999

En este sistema mostrado en la *figura N° 6*, el tanque de aireación tiene un tamaño fijo y por consiguiente un tiempo de retención, para un caudal determinado. Ello significa que el tiempo para la actividad biológica estará limitado a un período fijo para cada caudal de entrada. Dentro de dicho período de retención se efectuará la actividad biológica de los microorganismos, los cuales pasan por diferentes fases de desarrollo, dependiendo de la relación  $F/M$  y demás condiciones ambientales.

### **II.11. Tipos de Procesos Biológicos de Lodos Activados**

El proceso biológico de lodos activados, puede ser de varios tipos, dependiendo de cual sea el caso, se analizará cual de ellos es el más conveniente:

- Sistema convencional con aireación gradual.
- Proceso de mezcla completa.
- Proceso de Kraus.
- Proceso de tasa alta.
- Proceso de estabilización y contacto.
- Proceso de aireación prolongada o extendida.
- Proceso de oxígeno puro.

### **II.12. La Aireación en el Proceso de Lodos Activados.**

La aireación, en los reactores de lodos activados, tiene como propósito:

- Suministrar oxígeno a las células
- Mantener las células en suspensión
- Mantener en contacto íntimo el residuo con los lodos activados

El tanque de aireación es el corazón del proceso de lodos activados, y debe ser del tamaño adecuado para proporcionar suficiente tiempo de retención, usualmente 0,5 a 24 horas, dependiendo del tipo de proceso.

El proceso de lodos activados es un proceso aerobio, y por ello, es necesario mantener condiciones aerobias en todo el tanque de aireación. Esto se logra manteniendo una concentración de 2mg/L de OD en el efluente del tanque de aireación. El suministro adecuado de oxígeno busca el predominio de clases óptimas de organismos en el sistema y asegurar que sus productos de descomposición sean estables.



La satisfacción deficiente de la demanda de oxígeno trae como resultado un efluente turbio puesto que los protozoarios, por ejemplo, no se desarrollan y se promueve el crecimiento de bacterias filamentosas, las cuales retardan la sedimentación del floc. Por otra parte, es importante un suministro adecuado de aire para mantener un contacto íntimo entre el residuo y el lodo activado y hacer que el proceso funcione, así como también para que los sólidos estén en suspensión y no permitir su asentamiento dentro del tanque de aireación. En general, se puede esperar un mejor asentamiento del lodo en el tanque de sedimentación si se disminuyen el suministro de aire y la consecuente agitación al final del tanque de aireación, reduciendo el esfuerzo cortante sobre el floc y promoviendo floculación, tal como se hace en el proceso de aireación gradual.

Existen dos tipos principales de sistemas de aireación comúnmente usados en los procesos de lodos activados:

- Aireación por difusión subsuperficial: se entiende el proceso en el cual la aireación es producida en el licor mediante aire que pasa a través de un difusor.
- Aireación mecánica: se entiende como la introducción de aire al licor por medio de turbulencia creada por acción de un equipo mecánico.

### **II.13. Requisitos Nutricionales en un Proceso de Lodos Activados.**

En todo proceso de tratamiento biológico se requiere que los microorganismos reciban los elementos necesarios para formar el protoplasma. Las aguas residuales domésticas normalmente contienen los elementos requeridos, aun cuando ciertos residuos industriales son deficientes en algunos alimentos nutricionales importantes, especialmente nitrógeno y fósforo.

La naturaleza de los compuestos orgánicos, en el agua residual que se va a tratar, determina la especie biológica predominante en el floc biológico del lodo activado. Así por ejemplo, un residuo deficiente en nitrógeno estimula el crecimiento de hongos en vez de bacterias. Si predominan los hongos filamentosos habría una sedimentación pobre y una baja eficiencia en remoción de DBO.

Teóricamente, una relación de DBO/N/P de 100/5/1 es adecuada para tratamiento aerobio, con pequeñas variaciones según el tipo de proceso de tratamiento y modo de operación. Para tratamiento en procesos de mezcla completa de lodos activados se ha sugerido una relación DBO/N/P de 100/3/0,7. En general, las aguas residuales domésticas exhiben un exceso de N y P, con relación de 100/17/5, lo cual permite tratamiento biológico apropiado.

#### **II.14. Parámetros de Diseño para un Proceso de Lodos Activados.**

Suponiendo reactor de mezcla completa, el cual es un modelo aplicable a distintas configuraciones de sistemas de lodos activados, se tiene que, el tiempo de retención hidráulico, la carga volumétrica o carga de DBO por unidad de volumen, la relación alimento/ microorganismos  $\left(\frac{F}{M}\right)$  y el tiempo promedio de retención celular son los parámetros más usados en el diseño de lodos activados.

##### **II.14.1. Tiempo de Retención Hidráulico ( $\theta$ ).**

El tiempo de retención hidráulico es función del caudal de líquido residual afluente y del volumen del tanque de aireación. Se calcula de la

misma manera que el tiempo de retención hidráulica, por la siguiente relación:

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

Donde:

$\theta$  = tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación.

V = volumen del tanque de aireación

Q = caudal de aguas residuales, sin incluir el caudal de recirculación.

#### **II.14.2. Carga Orgánica (CO)**

La Carga Orgánica se define como la cantidad de materia orgánica, generalmente medida como DBO, aplicada a un proceso de tratamiento dado. Es el producto de la concentración de DBO por el caudal medio determinado en el sitio y se expresa en kilogramos por día.

$$CO = S_oQ$$

Donde:

CO= Carga Orgánica, Kg/d

S<sub>o</sub>= DBO afluente, mg/l

Q= Caudal del líquido residual, l/d

### II.14.3. La Carga Orgánica Volumétrica (COV).

Se expresa usualmente en gramos de DBO aplicada por metro cúbico de volumen de licor en el tanque de aireación, como se indica en la siguiente ecuación:

$$COV = \frac{QS_o}{V}$$

Donde:

COV= Carga Orgánica Volumétrica

S<sub>o</sub>= DBO afluente

La disminución en tiempo de aireación o el incremento de caudal afluente causa un aumento en la carga orgánica volumétrica.

### II.14.4. Relación Alimento/Microorganismo (F/M).

La relación alimento/ microorganismos es una forma de expresar la carga de DBO por unidad de masa microbiana en el sistema, como se indica en la siguiente ecuación.

$$\frac{F}{M} = \frac{QS_o}{VX}$$

Donde:

$\frac{F}{M}$  = relación alimento/ microorganismos, g DBO por día

por gramo de SSVLM, d<sup>-1</sup>

Q = caudal de aguas residuales crudas,  $\frac{m^3}{d}$

$S_o$  = DBO del agua residual cruda,  $\frac{mg}{L}$

$V$  = volumen del líquido en el tanque de aireación,  $m^3$

$X$  = SSVLM, concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación.

En muchos casos, los sólidos suspendidos volátiles se aproximan al contenido de sólidos suspendidos totales o representan el 80% de estos; en otros, la DBO se reemplaza por la DQO.

#### II.14.5. Tiempo Promedio de Retención Celular ( $\theta_c$ ).

El tiempo promedio de retención celular, puede definirse con base en el volumen del tanque de aireación. La relación más recomendada para el cálculo del tiempo promedio de retención celular en el diseño de proceso de lodos activados es la siguiente:

$\theta_c$  = masa celular en el reactor / masa celular extraída por día

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_R + Q_e X_e}$$

Donde:

$\theta_c$  = tiempo promedio de retención celular con base en el Volumen del tanque de aireación, d

$V$  = volumen del tanque de aireación,  $m^3$

$X$  = concentración de SSV en el lodo dispuesto,  $\frac{mg}{L}$

$Q_w$  = caudal de lodo dispuesto,  $\frac{m^3}{día}$

$X_r$  = concentración de SSV en el lodo dispuesto,  $\frac{mg}{L}$

$Q_e$  = caudal efluente tratado,  $\frac{mg}{L}$

$X_e$  = concentración de SSV en el efluente tratado,  $\frac{mg}{L}$

El tiempo promedio de retención celular, calculado con base en el volumen del tanque de aireación, puede interpretarse como una medida del tiempo promedio de residencia de los organismos en el sistema. La experiencia indica que un valor apropiado de tiempo de retención celular, da como resultado un efluente de alta calidad, estable, con un lodo de excelentes características de sedimentación.

Si se supone que la concentración de sólidos en el efluente del tanque de sedimentación es baja, la ecuación anterior puede simplificarse así:

$$\theta_c \approx \frac{VX}{Q_w X_R}$$

Además, cuando el lodo se dispone directamente del efluente del reactor,

$$\theta_c \approx \frac{V}{Q_w} \qquad Q_w \approx \frac{V}{\theta_c}$$

De esta manera, el proceso puede controlarse enviando a disposición, diariamente, un caudal igual al cociente entre el volumen del tanque de aireación y el tiempo promedio de retención celular. Si el lodo dispuesto se extrae de la recirculación, y se desprecian los sólidos del efluente, la cantidad de lodo a disposición, se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$\theta_c \approx \frac{VX}{Q_w X_R} \qquad Q_w \approx \frac{VX}{\theta_c X_R}$$

Donde:

$Q_w$  = caudal de lodo dispuesto, extraído de la recirculación,  $m^3/d$

$X_R$  = concentración de SSV en la recirculación,  $\frac{mg}{L}$

#### II.14.6. Índice Volumétrico de Lodo (IVL).

Se define el índice volumétrico de lodos (IVL), índice de Mohlman, como el volumen en mililitros ocupado por un gramo de lodo activado seco, después de sedimentar el licor aireado durante 30 minutos, en una probeta de un litro.

$$IVL = \frac{\text{ml de lodo sedimentado en 30 minutos} \times 1000}{\text{mg/l de SSLM}}$$

En la *tabla N°13*, se presentan los parámetros de diseño característicos para el Sistema de Lodos Activados de aireación extendida.

***Tabla N° 13. - Parámetros de Diseño para Lodos Activados.***

	$\theta_c$ (días)	Modalidad	$F/M$ (KgDBO <sub>5</sub> aplicada/Kg SSVLM*d)	Carga Volumétrica (Kg DBO <sub>5</sub> aplicada/m <sup>3</sup> *d)	SSLM (mg/l)	$\theta_h =$ V/Q (h)
Metcalf & Eddy, 1991.	20 - 30	Aeración extendida	0,05 – 0,15	0,16 – 0,4	1500 – 5000	18- 36

Fuente: Metcalf & Eddy, 1991.

En la *Tabla N°13*, se pueden observar los parámetros de diseño más importantes para un sistema de Lodos Activados, los cuales fueron explicados anteriormente. (Tiempo de Retención Celular, Relación *Sustrato/ Microorganismos*), Carga Orgánica Volumétrica, Sólidos Suspendidos, Tiempo de Residencia Hidráulico).



# **CAPITULO III**

## **METODOLOGÍA**

### **III.1. Fases de la Investigación**

La naturaleza del presente Trabajo Especial de Grado es analítica y experimental, ya que se planteó evaluar la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales, siguiendo todos los procedimientos necesarios. Los valores obtenidos de las muestras captadas in situ fueron cotejados con los valores de la norma vigente para verificar que dichos valores estuviesen dentro de los parámetros permisibles, tal que el sistema garantice la calidad requerida del efluente.

El método a seguir se desarrolló en cinco (5) fases las cuales son presentadas de forma detallada a continuación:

#### **III.1.1. Fase 1 – Recopilación de Información Teórica.**

- **Buscar la Información Bibliográfica relacionada con las Aguas Residuales y sus posibles Sistemas de Tratamiento.**

En esta primera etapa se recopiló la información bibliográfica relacionada con las aguas residuales, los posibles tipos de tratamiento de las mismas y la importancia de que estas aguas sean tratadas adecuadamente.

- **Obtener Información acerca de la Normativa vigente aplicada para las Aguas Residuales.**

Se obtuvo la información acerca de la normativa actual que rige la disposición de las aguas residuales en nuestro país referente a descargas sobre cuerpos de agua y riego, de esa manera se conocieron los parámetros necesarios para realizar la caracterización de las muestras captadas y realizar la comparación de estos valores obtenidos con los

valores permisibles de la norma vigente, así como con los valores típicos bibliográficos y de distintos poblados del país.

### **III.1.2. Fase 2 – Caracterización del Afluente Generado en el Ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”.**

Para poder llevar a cabo una correcta caracterización del afluente generado en el ancianato, fue necesario realizar las siguientes acciones:

- **Conocer el Funcionamiento del Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

Fue necesario conocer el funcionamiento del ancianato, en cuanto al número de personas albergadas, los horarios de las comidas principales, las actividades que allí se desempeñan, los días permisibles de visita, etc. Los cuales representan parámetros importantes para poder definir los días de captación de las muestras.

- **Determinar la Variación de Caudales a lo largo del día.**

Se captaron muestras instantáneas durante doce (12) horas continuas en tres (3) días distintos, con intervalos de captación de treinta (30) minutos para el primer día de muestreo y de sesenta (60) minutos para el segundo y tercer día de muestreo.

De los tres (3) días de muestreos realizados, dos (2) de ellos se escogieron días de visita, por considerar que el número de personas presentes en el ancianato sería mayor y por ende posiblemente se vería reflejado en el caudal generado. Con todos estos registros se elaboraron gráficas (*caudal vs tiempo*) en las cuales se observaron las variaciones del caudal a lo largo del día, pudiendo diferenciar claramente los picos

representativos del caudal mínimo y caudal máximo y obtener con todos los registros el caudal medio.

- **Determinar las Características Físico-Químicas y Biológicas del afluente.**

Para la determinación de los parámetros físicos y químicos se capturaron muestras durante los tres (3) días de muestreo seleccionados, se prepararon las muestras compuestas correspondientes a cada uno de estos días y las mismas fueron analizadas en los laboratorios de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la UCV (PETA) para poder obtener los valores requeridos.

Para la determinación de los parámetros biológicos, se capturaron muestras en tres (3) días seleccionados, escogiendo previamente los puntos de captación de las mismas, los cuales fueron: entrada al reactor, salida del reactor, salida del tanque de bombeo (riego), salida de uno de los chorros ubicado en el patio principal del ancianato.

La metodología analítica implementada para determinar la caracterización se presenta a continuación en la *tabla N°14*

Tabla N°14. Método Standard implementado para la caracterización.

<b>Características</b>	<b>Método</b>	<b>Código SM 19 *</b>
<b>Propiedades Físicas y agregados.</b>		
Alcalinidad	Titulométrico	2320 B
Conductividad Específica	Conductímetro	2510 B
Sólidos Totales	Gravimétrico	2540 B
Sólidos Disueltos Totales	Gravimétrico	2540 C
Sólidos Suspendidos Totales	Diferencia	
Sólidos Totales Fijos	Gravimétrico	2540 E
Sólidos Disueltos Totales	Gravimétrico	2540 E
Sólidos Suspendidos Fijos	Diferencia	
Sólidos Totales Volátiles	Diferencia	
Sólidos Disueltos Volátiles	Diferencia	
Sólidos Suspendidos Volátiles	Diferencia	
Sólidos Sedimentables	Volumétrico	2540 F
Temperatura	Métodos de campo y laboratorio	2550 B
<b>Constituyentes inorgánicos No Metálicos</b>		
pH	Electrométrico	4500 - H <sup>+</sup> B
Nitrógeno Amoniacal	Titulométrico	4500 - NH <sub>3</sub> - C
Nitrógeno Orgánico	Macro Kjeldahl	4500 - N <sub>org</sub> B
Oxígeno Disuelto	Electrodo de membrana	4500 - OG
Fósforo Total	Colorimetría	4110 - PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup> - B
<b>Constituyentes orgánicos agregados</b>		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Diluciones	5210B
Demanda Química de Oxígeno	Reflujo abierto	5220B
Aceites y Grasas	Extracción soxhlet	5520D
<b>Exámenes Microbiológicos</b>		
Coliformes Totales	Filtración por membrana	9222 B
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	9222 D

\* APHA – AWWA – WEF, 2.000.

Una vez obtenida la caracterización del afluente generado del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, se cotejaron los valores obtenidos con los valores bibliográficos típicos de Aguas Residuales Domésticas y con valores de caracterizaciones de líquidos residuales de algunos poblados del país.

Se determinaron mediante el Método de Thomas para dos (2) de los tres (3) días de muestreo los valores de  $K$  y  $L$ .

$K$  (Constante de velocidad de reacción de la DBO (base  $e$ ),  $d^{-1}$ )

$L$  (DBOUC (mg/l), o DBO remanente en el agua para  $t=0$ ).

Estos valores obtenidos se compararon con valores típicos de  $K$  y  $L$  bibliográficos y de algunos poblados del país.

Además se estimaron los aportes unitarios en el afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira e igualmente fueron comparados con valores de aportes unitarios en afluentes de distintos poblados del país.

### **III.1.3. Fase 3 – Identificación y Descripción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Existente en el Ancianato “ Lar Padre Joaquim Ferreira”**

- **Identificar el Tipo de Sistema de Tratamiento existente.**

Fue necesario realizar una inspección visual del sistema de tratamiento a evaluar para poder determinar el tipo de tratamiento existente, dicha inspección consistió en darle una clasificación al sistema de tratamiento según sus elementos de operación.

- **Describir el Sistema de Tratamiento existente.**

Una vez identificado el sistema de tratamiento existente se describió en forma clara y detallada el funcionamiento del sistema de tratamiento, tomando en cuenta las etapas del proceso y cada uno de los componentes del mismo. Los componentes de la planta fueron detallados en planos individuales.

#### **III.1.4. Fase 4 - Evaluación del Sistema de Tratamiento**

- **Estimar la Eficiencia en términos de remoción de materia orgánica, del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

La eficiencia del sistema de tratamiento evaluado fue estimada con base a los porcentajes de remoción de DBO, DQO, Nitrógeno, Fósforo, Aceites y Grasas y Detergentes, los cuales se determinaron tomando los valores de dichos parámetros a la entrada y a la salida del reactor.

Asimismo, se determinaron los parámetros de funcionamiento y operación más relevantes del sistema de tratamiento evaluado, como los son: Tiempo de Residencia Celular, Tiempo de Residencia Hidráulico, Sólidos Suspendidos en el Licor Mezclado, Relación Sustrato/Microorganismos, Carga Orgánica Volumétrica, entre otros.

- **Cotejar los valores de los Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos obtenidos del Efluente con los valores permisibles de la Norma actual.**

Una vez obtenidos los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos del efluente generado del sistema de tratamiento existente en el

ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira se cotejaron dichos valores con los valores permisibles de la Norma vigente (Decreto 833. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. 1995)

### **III.1.5. Fase 5 - Propuestas para un Mejor Funcionamiento del Sistema de Tratamiento.**

Una vez evaluado el sistema de tratamiento de aguas residuales existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, se consideró necesario plantear ciertas propuestas que permitan un mejor funcionamiento del mismo.

Dentro de algunos aspectos que se plantearon, uno de las más importantes fue la elaboración de un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, en el cual se enumeraron una serie de controles a seguir para garantizar un buen funcionamiento de la misma.



# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS.**

Evaluar un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales implica desde el punto de vista ingenieril, por los aspectos que considera, la aplicación de conocimientos que se corresponden con un número de etapas definidas que permitan desarrollar un proyecto.

Para poder llevar a cabo este Trabajo de Investigación, se trabajó con base a la metodología establecida. Cada fase o etapa contenida en ella, llevaba consigo una serie de análisis que permitieron obtener los datos necesarios para poder establecer resultados y de esa manera ir avanzando con el objetivo planteado.

#### **IV.1. Funcionamiento del Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

Para poder realizar la caracterización de las Aguas residuales generadas en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira y que a su vez permitiera evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento existente en dicha institución, fue necesario conocer el funcionamiento del mismo, tomando en cuenta varios parámetros de importancia, como los son: número de personas albergadas en el ancianato, horario de comidas, actividades realizadas dentro de la institución, días permisibles de visitas e información de la edificación relacionada con el número de baños existentes, ubicación de las distintas áreas que la conforman, entre otros.

Para poder conocer los datos necesarios sobre el ancianato, fueron suministrados por el personal del mismo los planos de construcción de la edificación, así como también la información acerca de las personas albergadas, las actividades realizadas en el mismo y los horarios habituales de cada una de ellas.

El ancianato, alberga actualmente a 64 personas de la tercera edad, las cuales pasan las 24 horas del día dentro del mismo, por ende realizan

todas sus actividades dentro de él. Además de las personas albergadas, laboran unas 30 personas, entre las cuales están: personal administrativo, enfermeras, cocineras, personal obrero, etc. Todo este personal opera en 2 turnos a lo largo del día, para desempeñar sus funciones específicas. Las 30 personas que laboran en dicho centro, están constituidas de la siguiente manera: 8 empleados administrativos, 5 empleados destinados al área de cocina, 1 jardinero, 1 conserje, 2 vigilantes, 1 chofer, 2 enfermeras, 6 enfermeras particulares. Por lo cual, el número de personas que se escoge para llevar a cabo todos los cálculos en este Trabajo de Investigación es una población de 94 personas.



Figura 7

Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.



Figura 8

Patio del Ancianato, Unidades Móviles.

El ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira está constituido por una edificación de 4 niveles: Semisótano, Planta Baja, Pisos 1, 2 y 3. Cuenta con un total de 85 baños distribuidos de la siguiente forma: 7 baños en Semisótano, 12 baños en Planta Baja, 31 baños en Piso 1, 31 baños en piso 2 y 4 baños en Piso 3. Cada habitación tiene un baño y éstas pueden ser para 1 ó 2 personas. En las figuras 7 y 8 se muestran vistas de la edificación y área de estacionamiento.

El horario de las 3 comidas principales, es el siguiente: de 7:30 am a 8:00 am (desayuno), de 1:00 pm a 1:30 pm (almuerzo), y de 6:00 pm a 6:30 pm (cena), estos datos son de suma importancia para poder

establecer respuestas a valores obtenidos, en cuanto a la medida del caudal generado y en los valores obtenidos de los parámetros evaluados.

Los días de visita para los albergados son los miércoles, sábado y domingo. Este dato es de suma importancia para establecer criterios a la hora de realizar los muestreos, debido a que en estos días debería de aumentar el caudal generado como consecuencia de un mayor número de personas dentro del ancianato que llevan a cabo cualquier actividad, sin embargo la afluencia de personas que realizan las visitas son muy pocas, se observaron durante los 2 días de visita en que se realizaron los muestreos, no más de 5 personas visitantes por día, y su tiempo de permanencia en el lugar era muy corto.

Los planos estructurales de la edificación del ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”, en los cuales se detallan el número de habitaciones, los baños, la cocina, el comedor, las áreas verdes y todas las áreas contenidas en ella, se pueden observar en los anexos.

#### **IV.2. Caudal de Aguas Residuales Generado en el Ancianato.**

La captación de las muestras instantáneas para la preparación de las muestras compuestas, fue realizada en 3 días distintos (2 días de visita y 1 día en el cual no se permiten visitas), para cada uno de estos se midió el caudal a lo largo del muestreo, con los datos registrados se elaboraron gráficas en las cuales se pueden apreciar las variaciones de caudal generado, así como obtener caudal máximo, caudal mínimo y caudal medio.

Las muestras fueron captadas:

1er Muestreo (Miércoles 10/10/2007)	Día de Visita
2do Muestreo (Jueves 18 /10/2007)	Día normal
3er Muestreo (Sábado 20/10/2007)	Día de Visita

En estos tres días se realizaron muestreos de 12 horas continuas, con los siguientes intervalos de captación:

	Primer Muestreo (10/10/07)	Segundo Muestreo (18/10/07)	Tercer Muestreo (20/10/07)
Hora de Inicio de captación	7:30 am	7:45 am	7:45 am
Hora de finalización de captación	7:00 pm	6:45 pm	5:45 pm
Intervalos de Captación	Cada 30 minutos	Cada 60 minutos	Cada 60 minutos

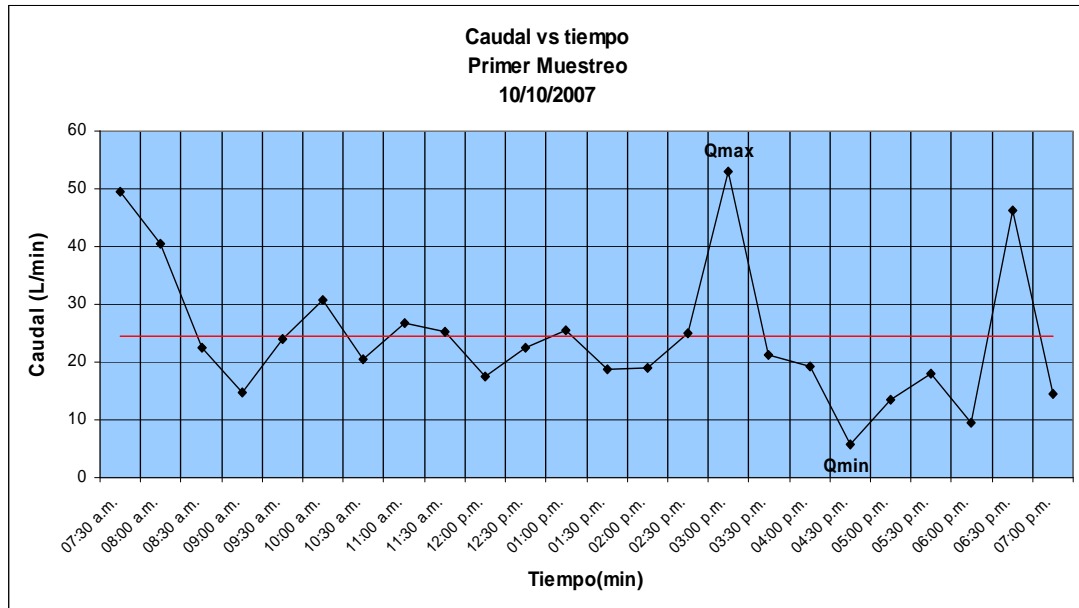
El primer muestreo realizado el Miércoles 10/10/07, la captación de las muestras simples se llevó a cabo con un intervalo de cada 30 minutos, pudiendo observar al final del muestreo que los valores de los parámetros analizados *insitu*, eran muy similares y no presentaban variaciones significativas, por lo cual los muestreos realizados posteriormente los días 18/10/07 y 20/10/07 se llevaron a cabo con intervalos de captación de cada 60 minutos.

En el tercer muestreo realizado el día Sábado 20 de Octubre, la última muestra simple fue captada a las 5:45 pm, debido a que se presentó de manera repentina una fuerte lluvia, por lo cual hubo que recoger todos los instrumentos con los cuales eran analizadas las muestras.

De igual manera no era conveniente captar la muestra de las 6:45 pm, debido a que el caudal de entrada al reactor iba a ser modificado en gran parte por el aporte generado por la fuerte lluvia, lo cual alteraría los valores de los parámetros analizados.

Los caudales registrados fueron los siguientes:

**Gráfico 1: Variación de caudales del afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.( Primer muestreo)**



Los valores de caudal, medidos durante las horas de muestreo fueron:

$$Q_{\max} = 53,1 \text{ l/min}$$

$$Q_{\min} = 5,7 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{med}} = 24,4 \text{ l/min}$$

$$(Q_{\text{med para 24 horas}} = 12,2 \text{ l/min} )$$

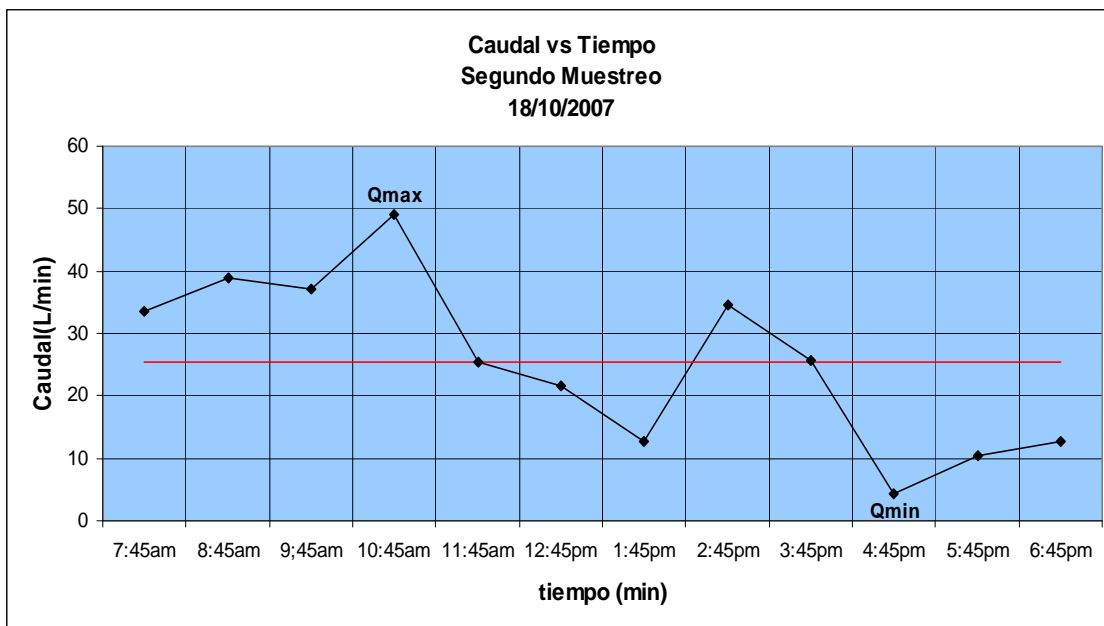
Una vez que culminan las actividades relacionadas con el uso de la cocina, lo cual ocurre alrededor de las 6:30 a 7:00 pm, el caudal tiende a disminuir significativamente.

Posteriormente la población residente permanece en sus habitaciones hasta el siguiente día y no se realiza ningún tipo de actividad durante

estas horas. De esta manera se supone que el caudal generado en el ancianato durante la noche es despreciable.

Considerando un período de 24 horas de actividad, el caudal medio promedio será de 12,2 l/min.

**Gráfico 2: Variación de caudales del afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. (Segundo muestreo).**



Los valores de caudal, medidos durante las horas de muestreo fueron:

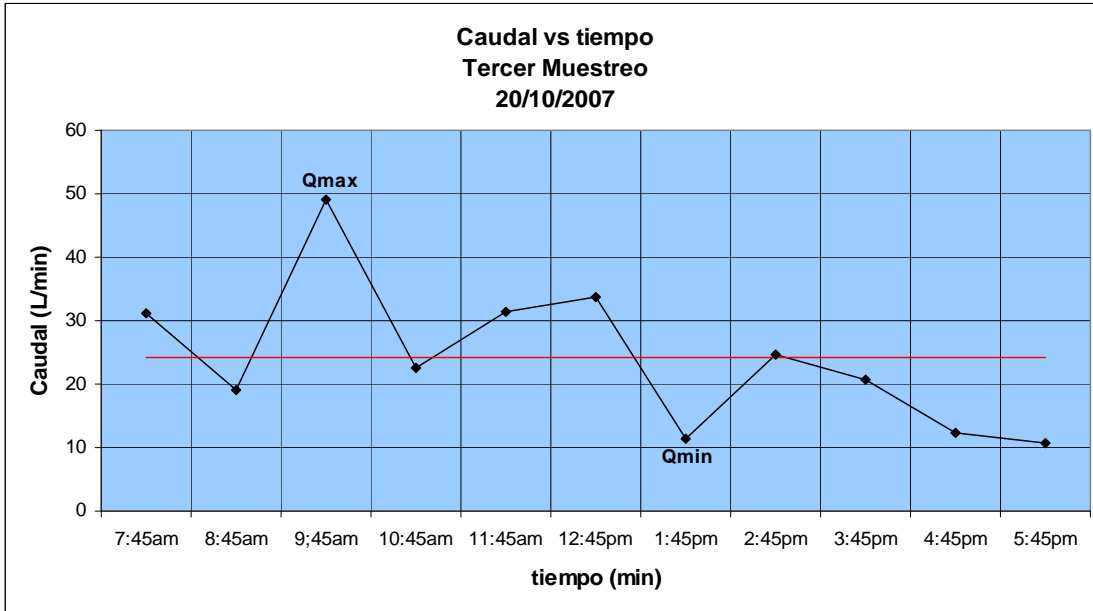
$$Q_{\max} = 49,0 \text{ l/min}$$

$$Q_{\min} = 4,3 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{med}} = 25,5 \text{ l/min}$$

$$(Q_{\text{med}} \text{ para 24 horas} = 12,8 \text{ l/min})$$

**Gráfico 3: Variación de caudales del afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. (Tercer muestreo)**



$$Q_{\max} = 49,1 \text{ l/min}$$

$$Q_{\min} = 10,8 \text{ l/min}$$

$$Q_{\text{med}} = 24,3 \text{ l/min}$$

$$(Q_{\text{med para 24 horas}} = 12,2 \text{ l/min} )$$

Se puede observar en las tres gráficas anteriores, que los valores de caudal máximo y caudal mínimo se registran en diferentes horas en los tres (3) días en los cuales se realizaron los muestreos, esto se debe a que las actividades de lavado (de ropa, de utensilios de cocina y de las instalaciones del ancianato) cuyas actividades se podría decir que son las que generan mayor consumo en el ancianato, no se llevan a cabo en un



horario fijo, por lo cual el caudal generado varía dependiendo del momento en el que se realicen dichas actividades.

Se puede apreciar que el caudal registrado para los días de visita fue de 12,2 l/min, o sea el mismo valor de caudal para cada día, mientras el día en el cual no estaban permitidas las visitas, se obtuvo un caudal mayor a los anteriores. La explicación de ello, se basa en que la afluencia de personas que acuden al ancianato por motivos de visita en realidad son muy pocas (3 a 5 personas por día), pero su tiempo de permanencia es muy corto, por lo cual no alteran los resultados, siendo las actividades antes mencionadas, las que determinarán el incremento de caudal dependiendo de la hora en que se realicen.

El caudal medio obtenido en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, para las 12 horas en las que se realizaron los muestreos es de:

$$Q_{\text{med}} = 24,7 \text{ l/min} \approx \mathbf{0,40} \text{ l/seg}$$

(Para una población de 94 personas)

Para un día completo (**24 horas de actividades**), el Caudal Medio, es de:

$$Q_{\text{med}} = 12,4 \text{ l/min} \approx \mathbf{0,20} \text{ l/seg}$$

Por lo cual, el Aporte Cloacal por persona es aproximadamente de:

**184 l/p.d**

### **IV.3. Caracterización Físico-Química y Biológica del Líquido Residual Generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

La caracterización promedio del agua residual generada en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, para los tres (3) días en los que se realizaron los muestreos se presentan en la *tabla* N° 15

Tabla 15. Características del afluente generado en el anciano Lar Padre Joaquim Ferreira.

LUGAR DE CAPTACION	LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA			Promedio	τ Desviación Est.
	10/10/2007	18/10/2007	20/10/2007		
FECHA DE CAPTACION	10/10/2007	18/10/2007	20/10/2007		
SITIO DE CAPTACION	Entrada Reactor	Entrada Reactor	Entrada Reactor	Entrada Reactor	
TIPO DE MUESTRA	COMPUESTA	COMPUESTA	COMPUESTA	COMPUESTA	
ASPECTO	TURBIA	TURBIA	TURBIA		
OXIGENO DISUELTO (mg O <sub>2</sub> /l)	NA	NA	NA	<b>NA</b>	
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA (mS/cm)	880	795	906	<b>860</b>	<b>± 11,5</b>
pH	7,5	7,4	7,5	<b>7,5</b>	<b>± 0,05</b>
ALCALINIDAD (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	252	258	238	<b>249</b>	<b>± 5,8</b>
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg O <sub>2</sub> /l)	210	170	260	<b>213</b>	<b>± 36,8</b>
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg O <sub>2</sub> /l)	340	320	350	<b>340</b>	<b>± 20,9</b>
NITROGENO AMONIACAL (mg NH <sub>3</sub> →N/l)	18	23	16	<b>19</b>	<b>± 2,9</b>
NITROGENO ORGANICO (mg N/l)	16	17	14	<b>16</b>	<b>± 1,3</b>
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	73	66	78	<b>72</b>	<b>± 4,9</b>
DETERGENTES (LAS) (mg/l)	3,1	2,7	-	<b>2,9</b>	<b>± 1,6</b>
FOSFORO TOTAL (mg P/l)	4,3	5,3	6,1	<b>5,2</b>	<b>± 0,8</b>
SÓLIDOS TOTALES 103°C (mg/l)	738	796	734	<b>756</b>	<b>± 28,3</b>
SÓLIDOS TOTALES FIJOS (mg/l)	470	438	438	<b>449</b>	<b>± 15,1</b>
SÓLIDOS TOTALES VOLATILES 550°C (mg/l)	268	358	296	<b>307</b>	<b>± 37,6</b>
SÓLIDOS DISUELTOS 103°C (mg/l)	618	666	622	<b>635</b>	<b>± 21,7</b>
SÓLIDOS DISUELTOS FIJOS (mg/l)	422	392	396	<b>403</b>	<b>± 13,3</b>
SÓLIDOS DISUELTOS VOLATILES 550°C (mg/l)	196	274	226	<b>232</b>	<b>± 32,1</b>
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES 103°C (mg/l)	120	130	112	<b>121</b>	<b>± 7,4</b>
SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS (mg/l)	48	46	42	<b>45</b>	<b>± 2,5</b>
SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES 550°C (mg/l)	72	84	70	<b>75</b>	<b>± 6,2</b>
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ml/l)	0,7	0,6	0,6	<b>0,6</b>	<b>± 0,05</b>

En cuanto a los valores obtenidos de los parámetros físicos y químicos del líquido residual generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira se puede observar, que presentan algunas variaciones en los valores obtenidos durante los tres días de muestreos. Estas variaciones pueden ser atribuidas a las actividades que se realicen cada día en particular y al horario en que se realicen cada una de ellas, como lo son: actividades de lavado de ropa, lavado de las distintas áreas del ancianato, riego, mantenimiento de la planta, entre otras.

De igual manera, se puede observar que el primer y segundo muestreo, los cuales fueron realizados durante días de visita, no presentan prácticamente un incremento de caudal, debido a la poca afluencia de las personas durante esos días.

Los valores de DBO y DQO promedio obtenidos en el líquido residual generado, fueron de 213 (mg/l) y 340 (mg/l) respectivamente, por lo tanto la relación DBO/DQO  $\approx$  0,7. Por lo cual se considera un afluente altamente biodegradable.

Asimismo los valores obtenidos para los parámetros Fósforo, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Orgánico, Detergentes, Aceites y Grasas fueron de 5,2 (mg/l), 19 (mg/l), 16 (mg/l), 2,9 (mg/l) y 72 (mg/l) respectivamente.

La relación(C/N/P) obtenida para este líquido residual es de 100/16/2,5.

#### **IV.3.1. Comparación de los Parámetros Físico-Químicos Obtenidos del Afluente Generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, con otras Caracterizaciones.**

Una vez obtenida la caracterización de las aguas residuales generadas en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, se realiza una

comparación con caracterizaciones de Aguas Residuales Domésticas realizadas en algunos poblados del país, así como también con referencias bibliográficas que presentan valores típicos de los parámetros evaluados, a fin de relacionarlas y poder observar si los valores obtenidos están por el orden de los mencionados.

La comparación de estos parámetros se presenta a continuación en la *tabla N°16*:

**Tabla N° 16. Caracterización de aguas residuales de algunos poblados del país y ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

<b>Parámetro</b>	<i>Población: San Pedro</i>	<i>Población: Nueva Casarapa</i>	<i>Población: Manzanares</i>	<b>LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA</b>
<b>DBO<sub>5,20</sub> Total (mg/l)</b>	255	108	160	<b>213</b>
<b>DQO Total(mg/l)</b>	430	175	322	<b>340</b>
<b>Sólidos Totales (mg/l)</b>	720	1046	480	<b>756</b>
<b>Sólidos Totales Fijos (mg/l)</b>	314	726	216	<b>449</b>
<b>Sólidos Totales Volátiles (mg/l)</b>	406	320	264	<b>307</b>
<b>Sólidos Disueltos Totales (mg/l)</b>	364	912	381	<b>635</b>
<b>Sólidos Disueltos Fijos (mg/l)</b>	242	665	203	<b>403</b>
<b>Sólidos Disueltos Volátiles</b>	122	247	178	<b>232</b>
<b>Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)</b>	356	134	99	<b>121</b>
<b>Sólidos Suspendidos Fijos. (mg/l)</b>	72	61	13	<b>45</b>
<b>Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/l)</b>	284	73	86	<b>75</b>
<b>Sólidos Sedimentables (ml/l)</b>	-	2,3	5,5	<b>0,6</b>
<b>Nitrógeno Amoniacal (mg N/L)</b>	18,8	17,5	6,86	<b>19</b>
<b>Nitrógeno Orgánico (mg N/L)</b>	2	3,65	10,64	<b>16</b>
<b>Fosforo Total</b>	7,5	4,11	2,93	<b>5,2</b>
<b>Detergentes</b>	10,40	3,42	19	<b>2,9</b>
<b>Aceites y grasas</b>	26,4	23	33,5	<b>72</b>
<b>Población</b>	73404 hab	2500 hab	10847 hab	<b>94 hab</b>
<b>Caudal Medio</b>	226 (l/s)	13.7 (l/s)	41 (l/s)	<b>0,20 (l/s)</b>

Como se puede observar en la *tabla N°16*, los valores correspondientes a cada parámetro en cuanto a las caracterizaciones

realizadas en diversos poblados del país y el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira varían considerablemente dependiendo de cada poblado. Se observa cierta similitud en algunas características analizadas (DBO, DQO, Sólidos Totales, Nitrógeno Amoniacal) en la población de San Pedro con las del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, se presume que sea por el origen Europeo de los habitantes de dicho sector, coincidiendo con las costumbres alimenticias de los habitantes de estos poblados. Se observa también que los Sólidos Sedimentables en el líquido residual del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira están por el orden de 0,6ml/l, cuyo valor es el menor en comparación a los otros poblados del país. La población de Nueva Casarapa presenta similitud en cuanto a los valores de los parámetros (Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Suspendidos Volátiles, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo Total y Detergentes, sin embargo los valores de DBO y DQO son mucho menores en comparación a los valores obtenidos del líquido residual generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. En cuanto a la población de Manzanares, se podría decir que presenta valores con cierta similitud, en cuanto a materia orgánica biodegradable, pudiendo observar aproximación con respecto a los valores de DBO y DQO.

En la *tabla N° 17* presentada a continuación, se puede apreciar la composición típica de las Aguas Residuales Domésticas, extraída de las Bibliografías (*Jairo Romero Rojas, 1999*) Y (*Metcalf-Eddy, 1977*), comparada con la caracterización realizada en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

**Tabla N° 17. Comparación de las características físico-químicas del afluente generado en el ancianato lar Padre Joaquim Ferreira con caracterizaciones típicas de ARD reportadas en la bibliografía.**

Parámetros	Bibliografía. (Jairo Romero,1999)	Bibliografía (Metcalf-Eddy, 1977)	Lar Padre Joaquim Ferreira
DBO (mg/l)	220	200	213
DQO (mg/l)	500	500	340
Sólidos Totales (mg/l)	720	700	756
Sólidos Disueltos (mg/l)	500	500	635
Sólidos Disueltos Volátiles (mg/l)	200	200	232
Sólidos Suspendidos (mg/l)	220	200	121
Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/l)	165	150	75
Sólidos Sedimentables (mg/l)	10	10	0,6
Nitrógeno Amoniacal (mg N/L)	15	-	19
Nitrógeno Orgánico (mg N/L)	25	15	16
Fósforo Total (mgP/l)	8	10	5,2
Aceites y Grasas (mg/l)	NA	100	72
Detergentes (LAS) (mg/l)	NA	NA	2,9

En la *tabla N°17*, se puede observar que los valores obtenidos de los parámetros evaluados en las aguas residuales del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, son similares a los valores característicos reportados en bibliografías (Valores típicos de ARD reportados en Colombia y Estados Unidos), en cuanto a DBO, DQO, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Sólidos Disueltos Volátiles lo que indica que los valores están por el mismo orden de los bibliográficos.

#### **IV.3.2. Valores de la Constante K y L obtenidos del agua residual generada en el ancianato, calculados mediante el Método de Thomas.**

$K$  = Constante de velocidad de reacción de la DBO (base e),  $d^{-1}$

$k$  = Constante de velocidad de reacción de la DBO (base 10),  $d^{-1}$

$L$  = DBOUC, mg/l, o DBO remanente en el agua para  $t=0$ .

Los valores de la constante  $K$  y  $L$  fueron calculados mediante el Método de Thomas para los días 10 y 20 de Octubre.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Muestreo realizado el miércoles 10 de octubre de 2007:

$$K = 0,27 \text{ d}^{-1}$$

$$k = 0,11 \text{ d}^{-1}$$

$$L = 288 \text{ mg/l}$$

Muestreo realizado el jueves 18 de octubre de 2007:

$$K = 0,33 \text{ d}^{-1}$$

$$k = 0,14 \text{ d}^{-1}$$

$$L = 312 \text{ mg/l}$$

En promedio, los valores de la constante K (base e) y de L obtenidos en el efluente fueron:

$$\mathbf{K = 0,30 \text{ d}^{-1}} \quad (\text{base e})$$

$$\mathbf{k = 0,13 \text{ d}^{-1}} \quad (\text{base 10})$$

$$\mathbf{L = 300 \text{ mg/l}}$$

#### **IV.3.3. Comparación de los valores de K (base e), $\text{d}^{-1}$ y L obtenidos, con los valores típicos de aguas residuales, según datos bibliográficos.**

A continuación se presenta una tabla con datos de los valores típicos característicos de las aguas residuales (Fuente: Romero, J. 1999), para ser comparados con los obtenidos en el afluente del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

**Tabla N°18. Comparación de los valores de K y L teóricos con los obtenidos en el afluente del ancianato**

<i>Tipo de Agua Residual</i>	<i>K, <math>\text{d}^{-1}</math> ( base e)</i>	<i>L, mg/l</i>
Doméstica débil	0,35	150
Doméstica fuerte	0,39	250
<b>Lar Padre Joaquim F.</b>	<b>0,30</b>	<b>300</b>



Se puede apreciar claramente que los valores obtenidos de K, en las aguas residuales generadas en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, son aproximados a los valores típicos referidos en la fuente: (Romero, J. 1999), pudiendo notar cierta variación en el valor de L, el cual resultó un poco mayor al referido en la bibliografía, lo cual quiere decir que existe una cantidad mayor de materia orgánica biodegradable en el líquido residual.

#### **IV.3.4. Comparación de los valores de k (base 10), $d^{-1}$ y L obtenidos, con los valores de los mismos correspondientes a distintos poblados en nuestro país.**

**Tabla N°19. Comparación de los valores de k y L obtenidos en el afluyente del ancianato con valores de k y L obtenidos en algunos poblados del país.**

<b>Poblado</b>	<b>SanPedro</b>	<b>Nueva Casarapa</b>	<b>Manzanares</b>	<b>Lar Padre Joaquim Ferreira</b>
<i>k (base 10), <math>d^{-1}</math></i>	0,18	0,17	0,18	<b>0,13</b>
<i>L (mg/l)</i>	318	144	183	<b>300</b>

Como se puede apreciar en la tabla N° 19, el valor de k (base 10) obtenido para el afluyente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira es similar a los valores presentados. Para el valor de L, se puede apreciar que es considerablemente mayor que los valores registrados para los poblados de Manzanares y Nueva Casarapa, pero muy similar al valor de L obtenido en el poblado de San Pedro, lo cual fundamenta lo anteriormente expresado.

#### **IV.4. Aportes Unitarios.**

Conocidas las concentraciones de DBO y DQO del afluyente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, el caudal medio registrado y la población existente, se calcularon los aportes unitarios, los cuales se presentan en la *tabla N°20*:

**Tabla N° 20. Aportes unitarios de DBO y DQO generados en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

	<b>DBO ( g/p*d)</b>	<b>DQO (g/p*d)</b>
<b>Aporte unitario</b>	39 g/p.d	63 g/p.d

#### **IV.4.1. Comparación de los Aportes Unitarios registrados en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, con valores registrados en distintos Poblados en Venezuela.**

**Tabla N° 21. Aportes unitarios de distintos poblados del país y aportes unitarios Lar Padre Joaquim Ferreira.**

<b>Aportes Unitarios</b>	<b>San Pedro</b>	<b>Nueva Casarapa</b>	<b>Manzanares</b>	<b>Lar Padre Joaquim Ferreira</b>
<b>DBO</b> (g/p.día)	69	44	52	39
<b>DQO</b> (g/p.día)	110	71	105	63
<b>Q</b> (L/persona.día)	231	400	327	184

Los valores obtenidos en el ancianato correspondientes a los aportes unitarios registrados en cuanto a DBO y DQO son bastante similares a los de la población de Nueva Casarapa, pudiendo observar que los valores de los otros poblados (Manzanares y San Pedro) son mayores considerablemente a los reportados en el ancianato.

#### **IV.5 Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales existente en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

##### **IV.5.1 Descripción del Sistema de Tratamiento.**

Una vez realizada la inspección visual y haber investigado acerca de los tipos de tratamiento de aguas residuales, así como también los distintos sistemas de tratamiento, se procede a identificar la planta de tratamiento de aguas residuales existentes en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

El tipo de tratamiento es aerobio y el proceso es el denominado Lodos Activados, el cual está diseñado para una remoción del 75 al 90% de los parámetros más indicativos de contaminación, como son la DBO y los Sólidos Suspendidos.

El afluente generado en el ancianato, pasa inicialmente por un desbaste ubicado a 2 metros aproximadamente de la entrada al reactor y luego pasa por una cesta retenedora justo antes de ser depositado en el tanque, con la finalidad de retener sólidos u objetos de tamaño considerable que hayan podido pasar a través del desbaste y puedan generar algún daño a los equipos de la planta. Una vez que el líquido residual entra en el tanque de aireación, se pone en contacto con el floc biológico que allí se encuentra y es sometido a un proceso de oxidación en la modalidad aireación extendida. La recirculación es constantemente realizada por gravedad y la mezcla en el reactor es promovida por un eyector sumergido dentro del tanque, que además forma parte del mecanismo de aireación. El paso al sedimentador es mediante rebose y luego el líquido pasa a una cámara de cloración por aproximadamente 30 minutos, para luego salir del sistema.

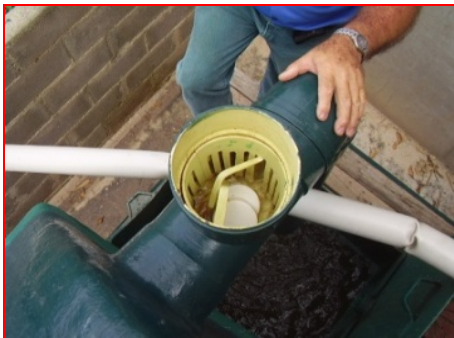
La planta consta de:

- Un tanque de aeración o reactor biológico el cual está construido en fibra de vidrio tipo V30 con una capacidad para tratar 30.000 l/día. El área requerida para su instalación es de 18 m<sup>2</sup> aprox.



**Figura 9. Reactor Biológico**

- Sedimentador provisto de tuberías y aditamentos requeridos para un funcionamiento hidráulico adecuado.
- Clorador igualmente provisto de tuberías y aditamentos.



**Figura 10. Clorador y tuberías. Pastillas de cloro aplicadas para la desinfección.**

- 3 Motores para el sistema de aireación, Potencia de 2Hp cada una, 220 V, trifásico, 60 ciclos.



**Figura 11. Bomba tipo sumergible para agua residual**

- Filtro de arena por gravedad para descargar el desnatador.



**Figura 12. Filtro de arena**

- Tablero eléctrico de operación automática con interruptor horario, con interruptor térmico de sobre descarga y señal luminosa de fallas en el sistema.



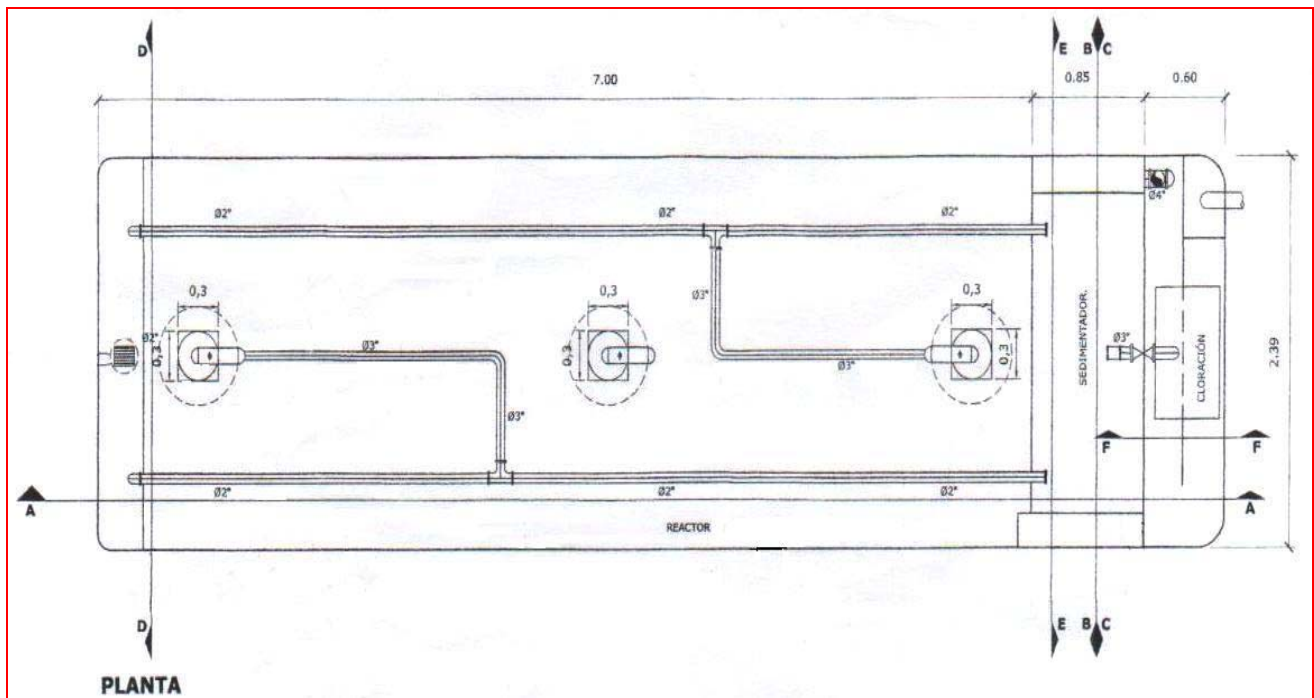
Figura 12. Tablero eléctrico.

#### **IV.6 Planos descriptivos de la planta y sus componentes.**

A continuación serán especificados los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales del Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira:

**Hoja de Especificaciones 1.** Vista Superior de la Planta de Tratamiento.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	<b>Vista Superior de la Planta</b>	PROYECTO: <i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Ancianato "Lar Padre Joaquim Ferreira"</i>	Hoja N°: 1 de 5
Ancho Total Reactor	2,40 m	<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>	
Alto Total Reactor	2,40 m	Temperatura	30°C
Forma Reactor	Cilíndrico	Caudal de agua a tratar	30.000 l/d
Volúmen del Tanque	35 m <sup>3</sup>	Procedencia de las aguas	Instalaciones Sanitarias Domésticas
Ancho del sedimentador	0,85 m		
Largo del Sedimentador	2,39 m		
Volúmen del Sedimentador	3,85 m <sup>3</sup>	Características medias esperadas del afluente	DBO 5,20= 200 mg/l
		Sólidos Suspendidos esperados en el afluente	300 mg/l
		Características del vertido final	DBO 5,20= 10 a 60 mg/l
		<b>Sólidos suspendidos esperados en en vertido final</b>	20 a 80 mg/l
		Número mas probable (NMP) coliformes totales	No mayor de 1000 por 100 ml



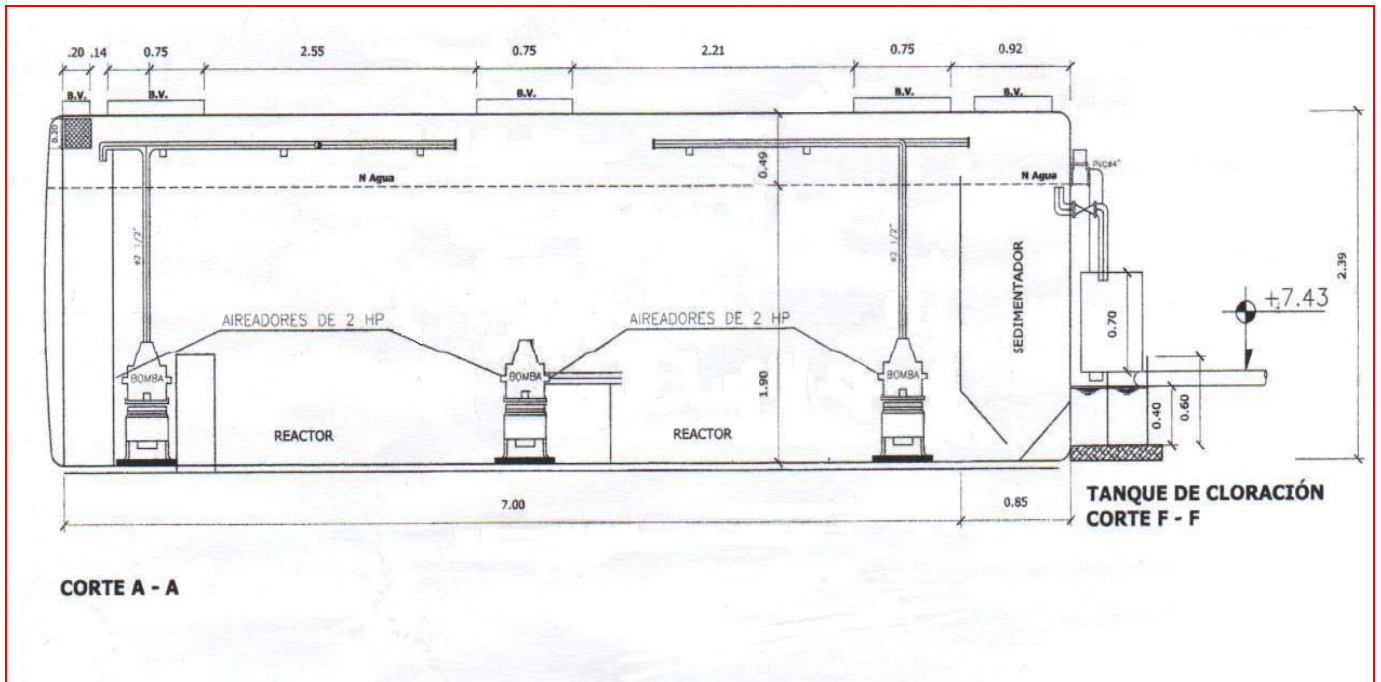
Escala: 1:25

## OBSERVACIONES

REALIZADO POR:	Toro Daniel.	Fecha: 10/2007
APROBADO POR:	María Rincones	Fecha: 11/10/2007

**Hoja de Especificaciones 2. Corte A-A y F-F del Tanque.**

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	Corte Longitudinal	PROYECTO: <i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Ancianato "Lar Padre Joaquim Ferreira"</i>	Hoja N°: 2 de 5
---	--------------------	--	--------------------



Escala 1:25

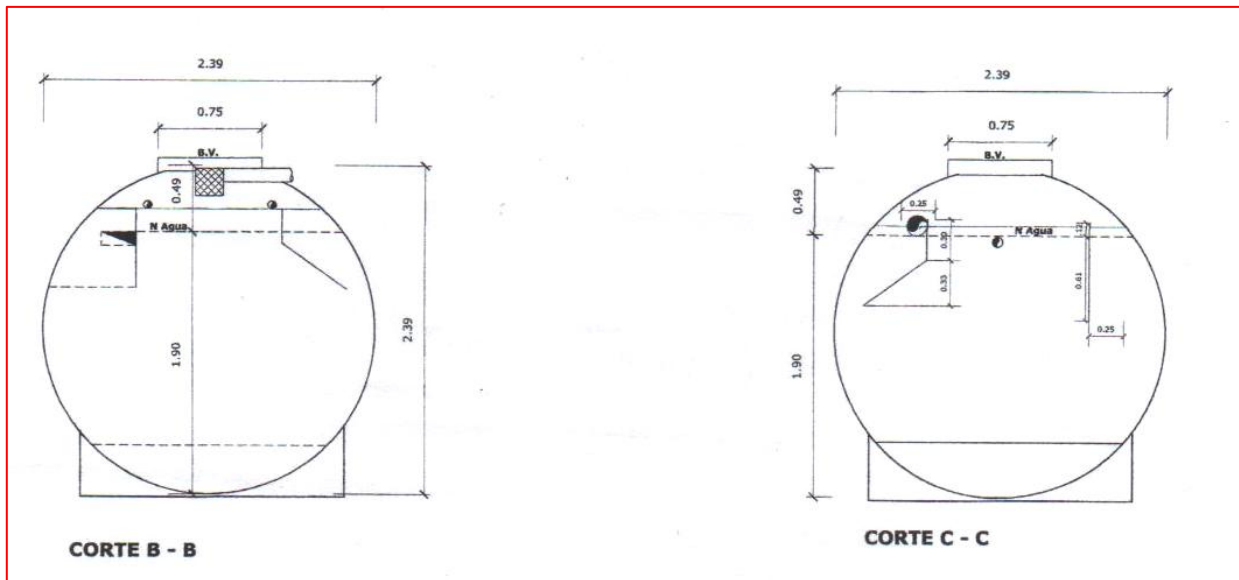
OBSERVACIONES

REALIZADO POR:	Toro Daniel.	10/2007
APROBADO POR:	María Rincones	11/2007



**Hoja de Especificaciones 3.** Corte B-B y C-C del Reactor.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	Cortes Transversales B-B y C-C	PROYECTO: <i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales                  del Ancianato " Lar Padre Joaquim                  Ferreira"</i>	Hoja N°: 3 de 5	
--	-----------------------------------	---	--------------------	--



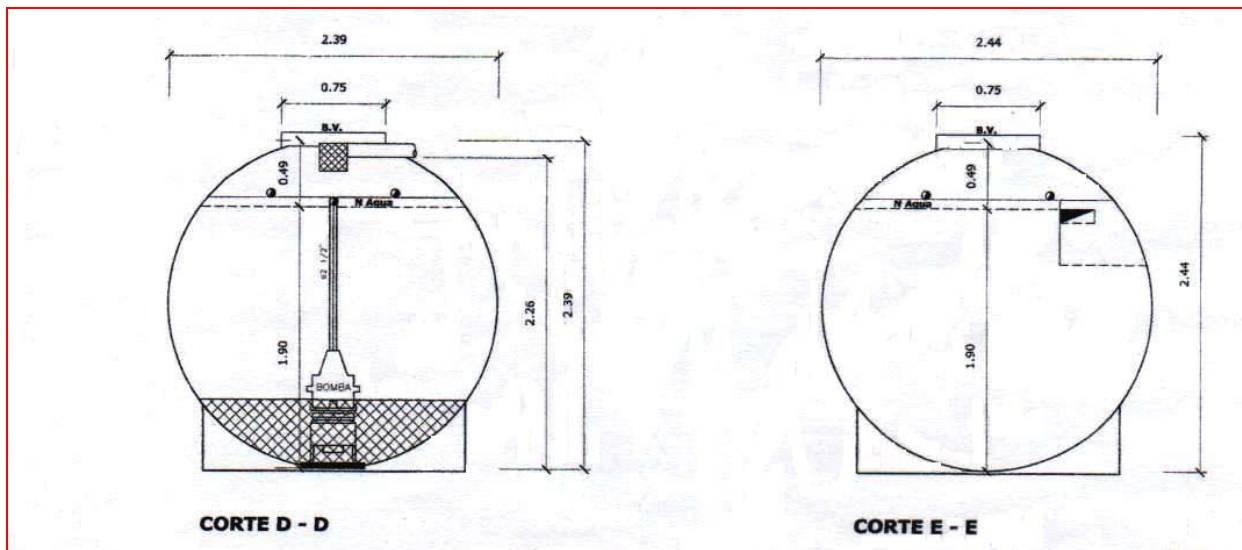
Escala 1:25

OBSERVACIONES		

REALIZADO POR:	Toro Daniel.	Fecha:10/2007
APROBADO POR:	María Rincones	Fecha:11/2007

**Hoja de Especificaciones 4.** Corte D-D y E-E del Reactor.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	<b>Corte Transversal                  D-D y E-E</b>	PROYECTO: <i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales                  del Ancianato “ Lar Padre Joaquim                  Ferreira”</i>	Hoja N°: 4 de 5	
--	---	---	--------------------	--



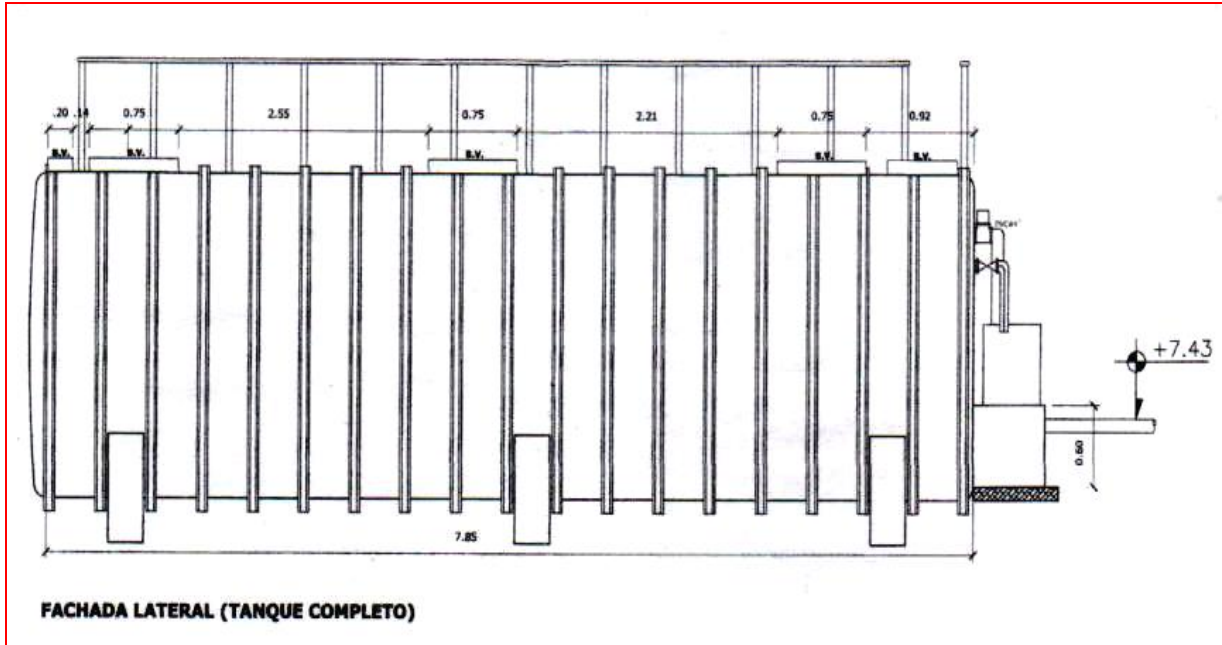
Escala 1:25

OBSERVACIONES		

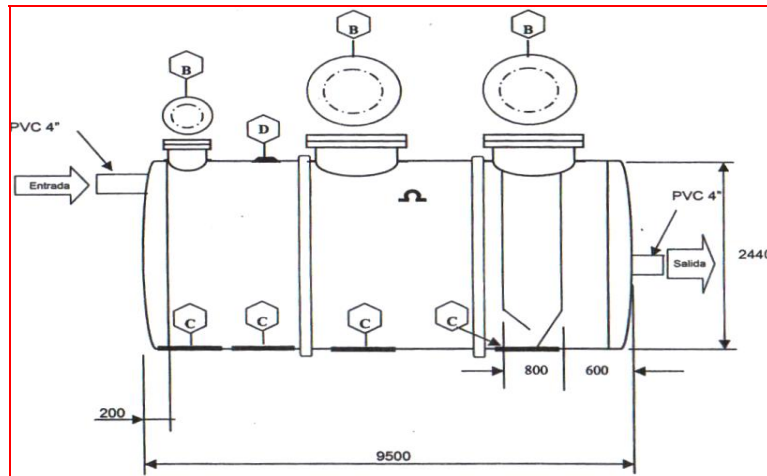
REALIZADO POR:	Toro Daniel.	Fecha: 10/2007
APROBADO POR:	María Rincones	Fecha:11/2007

### Hoja de Especificaciones 5. Fachada Lateral de la Planta.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>Fachada Lateral del Tanque</b>	PROYECTO: <i>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Ancianato "Lar Padre Joaquim Ferreira"</i>	Hoja Nº: 5 de 5
---	-----------------------------------	--	--------------------



Escala 1:25



Leyenda: B: Boca de visita con tapa, C: Plancha metálicas 305 x 305 x 4 (mm) Para protección de fondo, D: Dispositivo de servicio para venteo

OBSERVACIONES

REALIZADO POR:	Toro Daniel.	Fecha: 10/2007
APROBADO POR:	María Rincones	Fecha: 11/200/

**Tabla N°22: Caracterización del Efluente generado en la planta de tratamiento de aguas residuales existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira**

LUGAR DE CAPTACION	LAR PADRE JOAQUIM FERREIRA									
	Miércoles, 10 de Octubre de 2007				Jueves, 18 de Octubre de 2007			Sábado, 20 de Octubre de 2007		
FECHA DE CAPTACION	Entrada Reactor		Salida Reactor		Entrada Reactor		Salida Reactor	Entrada Reactor		Salida Reactor
SITIO DE CAPTACION	LAR I	Qmáx LAR I	LAR II	Qmáx LAR II	LAR III	Qmáx LAR III	LAR IV	LAR V	Qmáx LAR V	LAR VI
IDENTIFICACION DE MUESTRA	COMP	INST	COMP	INST	COMP	INST	COMP	COMP	INST	COMP
TIPO DE MUESTRA	TURBIA	TURBIA	CLARA	CLARA	TURBIA	TURBIA	CLARA	TURBIA	TURBIA	CLARA
OXIGENO DISUELTO (mg O <sub>2</sub> /l)	NA	4	NA	5.6	NA	4.8	NA	NA	5	NA
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA (μS/cm)	880	923	820	880	795	867	736	906	808	850
pH	7.5	7.6	7.4	7.4	7.4	7.6	7.2	7.5	7.5	7.5
ALCALINIDAD (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	252	248	159	172	258	234	156	238	222	166
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg O <sub>2</sub> /l)	210	215	<13	<13	170	240	50	260	240	<13
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg O <sub>2</sub> /l)	340	380	40	35	280	400	110	320	300	40
NITROGENO AMONIAICAL (mg NH <sub>3</sub> →N/l)	18	19	0.50	0.44	23	18	0.62	16	18	0.68
NITROGENO ORGANICO (mg N/l)	16	16	3.9	3.5	17	16	4.7	14.30	13.70	2.9
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	73	82	20	25	66	76	16	78	74	12
DETERGENTES (LAS) (mg/l)	3,08	3,36	0,17	0,21	2,69	2,03	0,14	-	1,29	0,12
FOSFORO TOTAL (mg P/l)	4,3	4,6	5,3	5,3	6,1	5,1	4,6	5,0	4,8	3,8
SOLIDOS TOTALES 103°C (mg/l)	738	848	622	600	796	764	614	734	718	616
SOLIDOS TOTALES FIJOS (mg/l)	470	526	448	431	438	454	426	438	436	410
SOLIDOS TOTALES VOLATILES 550°C (mg/l)	268	322	174	169	358	310	188	296	282	206
SOLIDOS DISUELTOS 103°C (mg/l)	618	728	606	586	666	630	578	622	612	606
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS (mg/l)	422	476	437	421	392	394	421	396	406	404
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES 550°C (mg/l)	196	252	169	165	274	236	157	226	206	202
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES 103°C (mg/l)	120	120	16	14	130	134	36	112	106	10
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS (mg/l)	48	50	11	10	46	60	5	42	30	6
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES 550°C (mg/l)	72	70	5	4	84	74	31	70	76	4
SOLIDOS SEDIMENTABLES (ml/l)	0.7	1	0.5	0.4	0.6	1.5	0.5	0.6	0.7	0,3

#### **IV.7. Eficiencia del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales existente en el Ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”.**

La eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales evaluado en este Trabajo de Investigación, fue calculada con base al porcentaje de remoción de los siguientes parámetros: DBO y DQO. Así mismo fue revisado el comportamiento de otros parámetros importantes tales como: Nitrógeno, Fósforo, Aceites y Grasas y Detergentes.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Remoción de materia orgánica carbonácea:

**Tabla N° 23. Remoción de DBO en el sistema evaluado.**

	<b>DBO (mgO<sub>2</sub>/l) Entrada reactor ( S<sub>o</sub>)</b>	<b>DBO (mgO<sub>2</sub>/l) Salida reactor (S)</b>	<b>Eficiencia del proceso E = (S<sub>o</sub>-S)/S<sub>o</sub></b>
Muestreo 1	210	< 13	<b>0,95</b>
Muestreo 2	170	50	<b>0,71</b>
Muestreo 3	260	< 13	<b>0,96</b>
			<b>E ≈ 87%</b>

**Tabla N° 24. Remoción de DQO en el sistema evaluado.**

	<b>DQO (mgO<sub>2</sub>/l) Entrada reactor</b>	<b>DQO (mgO<sub>2</sub>/l) Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	340	40	<b>0,88</b>
Muestreo 2	280	110	<b>0,60</b>
Muestreo 3	320	40	<b>0,87</b>
			<b>E ≈ 78%</b>

En las *tablas N° 23 y N°24*, se puede observar que el sistema de tratamiento presenta altos porcentajes de remoción de materia orgánica carbonácea, obteniéndose:

87% de eficiencia en remoción de DBO

78% de eficiencia en remoción de DQO

Sin embargo se puede observar que el día en el cual se realizó el segundo muestreo, se presentó una disminución considerable en la eficiencia de remoción de DBO y DQO, debido a que ese día el operador realizó las labores de mantenimiento a la planta de tratamiento a primera hora de la mañana, por lo cual posiblemente alteró las condiciones normales de funcionamiento de la misma, pudiendo observar la presencia de Sólidos Sedimentables en el efluente por el orden de 1,5  $\text{mL/L}$ , afectando desfavorablemente el porcentaje de remoción en DBO y DQO .

Remoción de Nitrógeno Kjeldahl:

**Tabla N°25. Remoción de Nitrógeno Amoniacal en el sistema evaluado.**

	<b>Nitrógeno Amoniacal (mg NH<sub>3</sub>--&gt;N/L) Entrada reactor</b>	<b>Nitrógeno Amoniacal (mg NH<sub>3</sub>--&gt;N/L) Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	18,2	0,50	<b>0,97</b>
Muestreo 2	23,1	0,62	<b>0,97</b>
Muestreo 3	16,3	0,68	<b>0,96</b>
			<b>E ≈ 97%</b>

**Tabla 26. Remoción de Nitrógeno Orgánico en el sistema evaluado.**

	<b>Nitrógeno Orgánico (mg N<sub>org</sub>--&gt;N) Entrada reactor</b>	<b>Nitrógeno Orgánico (mg N<sub>org</sub>--&gt;N) Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	16,0	3,90	<b>0,76</b>
Muestreo 2	16,6	4,7	<b>0,72</b>
Muestreo 3	14,3	2,9	<b>0,80</b>
			<b>E ≈ 76%</b>

En las *tablas N°25 y N°26* se puede observar una transformación eficiente de nitrógeno amoniacal y orgánico con valores de remoción de 97% y 76% respectivamente. Sin embargo hubiera sido importante

determinar la presencia de Nitritos y Nitratos para verificar la posible nitrificación del efluente.

Remoción de Fósforo:

**Tabla N° 27. Remoción de Fósforo en el sistema evaluado.**

	<b>Fósforo Total (mgP/l) Entrada reactor</b>	<b>Fósforo Total (mgP/l) Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	4,3	5,3	<b>0</b>
Muestreo 2	6,1	4,6	<b>0,25</b>
Muestreo 3	5,0	3,8	<b>0,24</b>
			<b>E ≈ 16%</b>

En la *tabla N°27*, se puede observar una remoción muy pobre de Fósforo, debido a que en los sistemas aerobios no hay mecanismos bioquímicos que permitan la remoción de este parámetro.

Remoción de Aceites y grasas:

**Tabla N° 28. Remoción de Aceites y grasas en el sistema evaluado.**

	<b>Aceites y Grasas (mg/l) Entrada reactor</b>	<b>Aceites y Grasas (mg/l) Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	73	20	<b>0,73</b>
Muestreo 2	66	16	<b>0,76</b>
Muestreo 3	78	12	<b>0,85</b>
			<b>E ≈ 78%</b>

En la *tabla N°28*, se puede observar un porcentaje de remoción de aceites y grasas del 78%

Remoción de detergentes:

**Tabla N° 29. Remoción de Detergentes en el sistema evaluado**

	<b>Detergentes Entrada reactor.</b>	<b>Detergentes Salida reactor</b>	<b>Eficiencia del proceso</b>
Muestreo 1	3,1	0,17	<b>0,95</b>
Muestreo 2	2,7	0,14	<b>0,95</b>
Muestreo 3	-	-	-
			<b>E ≈ 95 %</b>

En la *tabla N°29*, se puede observar un % de remoción de detergentes de 95%

#### **IV.8. Parámetros de Operación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales existente.**

##### **IV.8.1. Carga Orgánica del proceso. (Co)**

La Carga Orgánica del proceso obtenida, tomando en cuenta la DBO del afluente y el caudal medio por día, es de:

$$\mathbf{CO = 3,7 \text{ Kg/d}}$$

##### **IV.8.2. Carga Orgánica Volumétrica del Proceso (COV)**

La carga orgánica volumétrica que se obtuvo tomando en cuenta la carga orgánica y el volumen de licor en el reactor, es de:

$$\mathbf{COV= 0,11 \text{ Kg/m}^3}$$

##### **IV.8.3. Tiempo de retención celular. ( $\theta_c$ )**

El tiempo de retención celular obtenido es de 25 días, tomando en cuenta un caudal de lodo dispuesto de 1,4 m<sup>3</sup>/d, representativo al 30% del lodo generado.



#### IV.8.4. Tiempo de Retención Hidráulica o Tiempo de Aireación. ( $\theta$ )

Considerando que el volumen del reactor es de  $35 \text{ m}^3$  y que el caudal medio por día es de  $18 \text{ m}^3/\text{d}$ , aproximadamente, tenemos que el Tiempo de Retención Hidráulica obtenido es de:

$$\theta = 1,94 \text{ d} \approx 2 \text{ días}$$

$$\theta = 48 \text{ horas.}$$

#### IV.8.5. Relación Alimento/ Microorganismos, g de DBO por día por gramo de SSVLM, $\text{d}^{-1}$ . (F/M).

Para poder obtener la relación Alimento/Microorganismos, es necesario conocer los valores de:

- Caudal aguas residuales crudas, ( $Q_{\text{med}}$ )  $\approx 18 \text{ m}^3/\text{d}$ .
- DBO del agua residual cruda, ( $S_0$ )  $\approx 213 \text{ mg/L}$ .
- Volúmen de líquido del Tanque de aireación. ( $V$ )  $\approx 35 \text{ m}^3$
- Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles en el tanque de aireación. (SSV)  $\approx 980 \text{ mg/l}$ .

El valor obtenido fue: **F/M  $\approx$  0,10**

#### IV.8.6. Índice Volúmetrico de Lodos (IVL)

Conociendo:

- El volumen de Sólidos Sedimentables en el reactor. (ml/l)
- La concentración de Sólidos Suspendidos en el reactor ( g/l)

Tenemos que: **IVL  $\approx$  109 ml/g**

Se puede afirmar que el reactor biológico presenta una buena condición de sedimentación, ya que el valor obtenido del índice volumétrico de lodos es de  $109 \text{ ml/g}$ , y los rangos son:

Entre 80 y 120 (ml/g) = Buena sedimentación

Mayor a (150 ml/g) = Sedimentación muy pobre.

Con los resultados obtenidos de los parámetros de operación del sistema de tratamiento evaluado, se realizó una comparación con los valores típicos bibliográficos de estos parámetros en sistemas de tratamientos de lodos activados de aireación extendida.

**Tabla N°30. - Parámetros de Diseño para Lodos Activados.**

	$\theta_c$ (días)	Modalidad	F/M (Kg DBO <sub>5</sub> aplicada/Kg SSVLM*d)	Carga Volumétrica (Kg DBO <sub>5</sub> aplicada/m <sup>3</sup> *d)	SSLM (mg/l)	$\theta_h =$ V/Q (h)	Eficiencia DBO %
Metcalf & Eddy, 1991.	20 - 30	Aeración extendida	0,05 - 0,15	0,16 - 0,4	1500 - 5000	18 - 36	75 - 95
<b>Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira</b>	<b>25</b>	<b>Aeración extendida</b>	<b>0,21</b>	<b>0,10</b>	<b>1380</b>	<b>48</b>	<b>87</b>

Como se puede observar en la tabla N°30, el Sistema de Lodos Activados evaluado en este Trabajo, presenta una eficiencia en cuanto a remoción de DBO del 87%. Sin embargo se observan algunos valores menores a los típicos, como los son La Carga Orgánica Volumétrica y los SSLM.

El tiempo de residencia hidráulico en este sistema, es mayor al usual de diseño, debido a que el caudal de líquido residual generado en el ancianato es considerablemente menor al de diseño del tanque, es decir está sobredimensionado y posiblemente es capaz de aceptar mayores cargas volumétricas y orgánicas.

**IV.9. Comparación de la Caracterización de los Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos del Efluente generado en el Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con la Norma Actual referida al riego y a descargas de aguas residuales domésticas a Cuerpos de agua. (Decreto 883. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°5021 (1995)).**

Los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenidos en la caracterización del efluente del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira son comparados con los valores establecidos por la norma vigente, referidas a: aguas para ser descargadas a cuerpos de agua y aguas para ser utilizadas para el riego de vegetales para el consumo humano.

A continuación en la *Tabla N° 30* se comparan los parámetros físicos y químicos obtenidos con los establecidos por la norma referida a descarga sobre cuerpos de agua.

***Tabla N°31. Parámetros Físico-Químicos del efluente, comparados con la norma vigente referida a descargas a cuerpos de agua.***

<i>Descarga a Cuerpos de Agua.</i>		<i>Lar Padre Joaquim Ferreira</i>
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>	<b>Límites Máximos o Rangos.</b>	<b>Descarga</b>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5,20</sub>)</i>	60 mg/l	20 mg/l
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	<b>350 mg/l</b>	<b>62 mg/l</b>
<i>Detergentes</i>	2,0 mg/l	0,16 mg/l
<i>Dispersantes</i>	2,0 mg/l	NA
<i>Espuma</i>	<b>Ausente</b>	<b>Ausente</b>
<i>Fósforo total (expresado como fósforo)</i>	<b>10 mg/l</b>	<b>5,14 mg/l</b>
<i>Nitrógeno total (expresado como Nitrógeno)</i>	40 mg/l	<b>35 mg/l</b>
<i>Nitritos + Nitratos (expresado como Nitrógeno)</i>	10 mg/l	NA
<i>pH</i>	6-9	7.4
<i>Sólidos flotantes</i>	<b>Ausentes</b>	<b>Ausentes</b>
<i>Sólidos suspendidos</i>	<b>80 mg/l</b>	<b>20 mg/l</b>
<i>Sólidos sedimentables</i>	<b>1,0 mg/l</b>	<b>0,8 mg/l</b>

De los valores obtenidos en la caracterización del efluente del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar padre Joaquim Ferreira con los valores permisibles enmarcados en el Decreto 833 de la Gaceta Oficial, referente a la descarga a cuerpos de agua, se puede observar que la totalidad de los parámetros evaluados están dentro de los límites permisibles, por lo cual se puede afirmar que el efluente de la planta de tratamiento de Aguas Residuales existente en el ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira” cumple en su totalidad con lo establecido en dicha gaceta para ser descargado a cuerpos de agua.

Sin embargo, se puede observar que los Sólidos Sedimentables contenidos en el efluente son un poco elevados, esto se debe posiblemente a la falta de mantenimiento rutinario por parte del operador de planta en cuanto a la descarga de lodos en su debido momento, evidenciando significativamente durante el segundo muestreo, que aunque no era día de visita en el ancianato, la eficiencia en cuanto a materia orgánica biodegradable disminuyó, producto de sólidos en suspensión en el efluente generado por un mantenimiento no programado, efectuado en horas de la mañana.

En la *tabla N° 32* se comparan los valores de los parámetros físicos y químicos obtenidos con los establecidos por la Norma para aguas destinadas para el riego de vegetales para el consumo humano.

Este tipo de aguas, esta ubicada en el sub tipo 2A: Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano

***Tabla N°32. (Cotejo de parámetros físico-químicos analizados en el efluente del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con los valores establecidos por la Norma vigente referida al riego.)***

Elementos o Compuestos	Valores Límites	Lar Padre Joaquim Ferreira
Sólidos Disueltos Totales	3000 mg/l	606
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes

Sólo fueron comparados estos dos (2) parámetros (sólidos disueltos totales y sólidos flotantes), ya que los demás incluidos en la norma para este tipo de aguas, no fueron analizados en este Trabajo de investigación, por considerar que el efluente evaluado es de origen netamente doméstico.

Se puede observar que el efluente presenta valores de Sólidos Disueltos considerablemente menores al valor máximo permisible, así como también presenta ausencia de sólidos flotantes, por lo cual el efluente cumple con los valores máximos permisibles establecidos por la norma para ser utilizado para riego de vegetales comestibles.

De igual manera, se compararon los valores de los parámetros biológicos obtenidos en el efluente del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, con los valores permisibles de la norma actual, referida a descargas sobre cuerpos de agua y para el riego de vegetales para el consumo humano:

Los parámetros biológicos obtenidos del efluente del ancianato Lar padre Joaquim Ferreira se muestran a continuación en la *tabla N°33*:

**Tabla N°33. Parámetros biológicos obtenidos del efluente del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.**

	<b>Día 17/10/07</b>		<b>Día 18/10/07</b>		<b>Día 20/10/07</b>	
	Col. Totales (Ufc/100ml)	Col. Fecales (Ufc/100ml)	Col. Totales (Ufc/100ml)	Col. fecales (Ufc/100ml)	Col. Totales (Ufc/100ml)	Col. Fecales (Ufc/100ml)
<b>Entrada Reactor</b>	*	*	$6,7 \times 10^7$	$3 \times 10^7$	$5 \times 10^7$	$2 \times 10^7$
<b>Salida Reactor</b>	$1 \times 10^5$	*	$2,8 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,6 \times 10^4$	$4 \times 10^3$
<b>Salida Bombeo</b>	$5 \times 10^5$	*	$1 \times 10^4$	$2,4 \times 10^3$	$4,6 \times 10^4$	$6 \times 10^3$

(\*): Hubo problemas en las diluciones.

Como se puede observar en la *tabla N°33*, existe la presencia de numerosos Organismos Coliformes Totales y Fecales en las muestras captadas del efluente en los distintos puntos de captación, como lo son a la salida del reactor, a la salida del tanque de riego y a la salida de uno de los chorros ubicado en el patio. La presencia de organismos

Coliformes Totales y Fecales en el efluente en distintos puntos de captación pone en evidencia que el proceso de desinfección en el proceso de tratamiento no se está llevando a cabo correctamente, por lo cual se presume que el tiempo de contacto con el cloro aplicado en el tratamiento no es el adecuado, y posiblemente la dosis de cloro residual en el mismo también es insuficiente.

Por tal motivo es necesario la comparación de estos valores obtenidos con los valores establecidos por la normativa vigente sobre descarga a cuerpos de agua y para uso destinado al riego de vegetales comestibles, con el fin de establecer si los valores de estos parámetros obtenidos cumplen con los valores máximos permisibles contemplados en dicha norma.

Además, es importante destacar que para el momento de muestreo el sistema de riego era alimentado con el agua de abastecimiento y no con líquido residual tratado.

Comparación de los Parámetros Biológicos obtenidos, con los Permisibles de la Norma referida a Descargas sobre Cuerpos de Agua:

En cuanto a los parámetros biológicos analizados en el efluente, se puede decir que el decreto 883 de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°521 (1995), establece para la descarga de aguas residuales domésticas sobre cuerpos de agua, que el número más probable de Organismos Coliformes Totales no debe ser mayor de 1.000 por cada 100 ml, en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso no mayor de 5.000 por cada 100 ml.

**Tabla N°34. Comparación de los parámetros biológicos analizados en el efluente con los parámetros permisibles por la norma referente a descarga de ARD a cuerpos de agua.**

Parámetro	Límite o Rango Máximo	Lar Padre Joaquim Ferreira
<i>Organismos Coliformes Totales</i>	1000 NMP por cada 100 ml (en el 90% de muestras consecutivas)	56.000 (Ufc/100ml)
<i>Organismos Coliformes Fecales</i>	5000 NMP por cada 100 ml.	169.667 (Ufc/100ml)

Por lo cual se puede afirmar que el efluente no cumple con los valores máximos permisibles de la norma en cuanto a los parámetros biológicos analizados, como lo son los Organismos Coliformes Totales y Fecales, ya que los valores de estos parámetros obtenidos en el efluente sobrepasan considerablemente los permisibles por dicha norma.

Comparación de los Parámetros Biológicos obtenidos, con los Permisibles de la Norma referida al riego de vegetales destinados al consumo humano:

**Tabla N°35. (Cotejo de los parámetros biológicos analizados en el efluente del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira con los valores establecidos por la Norma vigente referida al riego de vegetales para el consumo humano.)**

Parámetro	Límite o Rango Máximo	Lar Padre Joaquim Ferreira
<i>Organismos Coliformes Totales</i>	Promedio mensual menor a 1000 NMP por cada 100 ml	56.000 (Ufc/100ml)
<i>Organismos Coliformes Fecales</i>	Menor a 100 NMP por cada 100 ml.	169.667 (Ufc/100ml)

Como se puede observar, los valores obtenidos de los parámetros biológicos analizados al efluente del sistema de tratamiento existente en el ancianato Lar padre Joaquim Ferreira son mayores a los valores permisibles de la norma vigente referida al riego, por lo cual el efluente no es apto para ser utilizado como riego.

Como complemento para este Trabajo de Investigación y producto de la situación señalada anteriormente, se decidió realizar un análisis

bacteriológico a muestras captadas en varios puntos internos de las instalaciones del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, a fin de verificar si las mismas están aptas para el consumo humano.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla N°36. (Análisis bacteriológico de muestras captadas en distintos puntos del ancianato).**

	<i>Coliformes totales</i> (Ufc/ 100 ml)	<i>Coliformes fecales</i> (Ufc/ 100 ml)
Entrada al Tanque que surte al ancianato de agua potable.	22 típicas+ 50 atípicas	13 atípicas
Salida del tanque que surte al ancianato de agua potable	32 típicas + incontables atípicas	9 típicas + 90 atípicas
Chorro ( cocina)	50 típicas + incontables atípicas	1 típica + 38 atípicas
Chorro (Patio)	62 típicas + incontables atípicas	3 típicas + 56 atípicas

Con estos valores obtenidos, se puede verificar que hay una presencia considerable de Organismos Coliformes Totales y Fecales, tanto en la entrada del tanque de almacenamiento del agua potable que surte al ancianato, como en la salida del mismo y también en uno de los puntos de agua ubicados en la cocina. En estos puntos claves donde fueron captadas las muestras se obtuvo resultados desfavorables en cuanto a la bacteriología, y por ende se afirma que en general, toda el agua surtida en las instalaciones del ancianato tiene presencia de organismos coliformes totales y fecales, lo cual la hace no apta para el consumo humano.

Entre las posibles causas de la presencia de organismos coliformes totales y fecales en el agua surtida al ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira, se presumen:



1) El agua utilizada en el ancianato proviene de una estación de bombeo que se encuentra en el sector de Maitana (zona aledaña al ancianato), dicha agua es bombeada directamente desde el manantial, por lo cual no recibe ningún tipo de tratamiento previo al bombeo y al llegar al ancianato es almacenada en el tanque que surte al mismo. Se pudo determinar mediante el comparador de cloro, que en el agua contenida en dicho tanque no había presencia de cloro residual, por lo cual se explica la presencia de Organismos Coliformes Totales y Fecales.

2) Al tanque de agua principal del ancianato al cual llega el agua bombeada desde Maitana, puede que no se le haya hecho la limpieza y desinfección periódica pertinente, por lo cual si este está contaminado el agua contenida en el mismo también lo estará.

#### **IV.10. Propuestas para un mejor funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales existente en el ancianato Lar padre Joaquim Ferreira.**

Las propuestas que se presentan para obtener un mejor funcionamiento del sistema de tratamiento, fueron las siguientes:

- 1) Revisar la dosis de cloro aplicada para que se lleve a cabo el proceso de desinfección en el proceso. Así como también verificar que el operador de la planta esté aplicando regularmente las pastillas de cloro respectivas.
- 2) Evaluar mediante personal especializado en el área, el comportamiento del sistema de tratamiento, modificando los tiempos de activación de los aireadores en el reactor, ya que es posible que se obtenga una buena eficiencia del mismo optimizando las condiciones de operación, en este caso ahorro

de energía eléctrica y por ende un ahorro económico a la institución.

- 3) Elaboración de un manual de Operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira. El cual es de suma importancia para que el operador, sepa seguir las indicaciones rutinarias correspondientes, y las acciones a tomar en caso de presentarse alguna eventualidad en el buen funcionamiento de la misma, de esta manera se podrá garantizar una correcta operación de la planta y por ende una buena calidad del vertido final, y forma parte de este trabajo.

Este manual de operación y mantenimiento que se realizó en este Trabajo de investigación se presenta a continuación:

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	1 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		
<p><b>1. Objetivo</b></p> <p>Describir claramente el procedimiento detallado de las tareas específicas que deben ejecutarse de manera rutinaria sobre cada una de las unidades componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el Ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”</p> <p><b>2. Alcance</b></p> <p>Familiarizar al operador con los procedimientos de operación de la planta de tratamiento a fin de garantizar su correcto funcionamiento y por ende una buena calidad del vertido de la misma.</p> <p><b>3. Responsabilidad</b></p> <p>El correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales instalada en el ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira” depende en forma directa del manejo responsable del operador, por lo cual es de suma importancia que el mismo esté bajo el conocimiento de este manual de operación y asuma de manera responsable la ejecución de los procedimientos necesarios de rutina para que la planta trabaje de manera correcta y eficiente.</p> <p><b>4. Identificación del Equipo</b></p> <p>El Sistema empleado en esta planta de tratamiento, es el denominado Lodos Activados Del Tipo Oxidación Total, el cual es capaz de remover entre el 90% y el 95% de la materia orgánica que recibe.</p> <p>La planta consta de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Tanque de aireación en fibra de vidrio (Reactor Biológico).</li> <li>• 3 Bombas con motor eléctrico de 2HP 220V.</li> <li>• Tablero Eléctrico para intemperie.</li> <li>• Filtro de arena para desnatador.</li> </ul>			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Toro Daniel		Rincones, María E.	
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007	

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	2 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		
<p><b>5. Procedimiento para la Puesta a Punto y Arranque de la Planta.</b></p> <p><b>5.1. Puesta a Punto.</b></p> <p>Cuando la Planta de Tratamiento esté lista para empezar a funcionar, debe realizarse una inspección exhaustiva de todas sus partes y asegurarse de que el sistema se encuentre completamente limpio y libre de cualquier obstrucción.</p> <p>A continuación debe procederse al llenado de la planta. Para este primer llenado es conveniente emplear agua no residual, ya que esto facilitará las pruebas a realizarse.</p> <p>Una vez que se haya llenado la planta con agua no residual, se debe verificar que el suministro de energía sea apropiado y los accesorios de protección estén instalados. Seguidamente se procede a encender las bombas con los aireadores, de manera alterna, asegurándose de que aparezca en la superficie del tanque de aereación un burbujeo ocasionado por la inyección de aire a través de los eyectores. Este burbujeo debe ser uniforme a lo largo de las unidades aludidas.</p> <p>Concluidas estas pruebas, la planta de tratamiento está en capacidad para procesar las aguas servidas generadas por la institución.</p> <p><b>5.2. Operación Inicial.</b></p> <p>Una vez que arranca la planta de tratamiento, la naturaleza del tipo de tratamiento no permite inmediatamente el desarrollo de un tratamiento eficiente, ya que es necesario la formación de biomasa en una concentración suficiente (<math>\approx 1500-2000</math> mg/l SS) de forma tal de poder formar un buen lodo activado, esto puede requerir varias semanas de operación, dependiendo del volumen y de la concentración del agua residual que se está recibiendo.</p> <p>Poco flujo y agua poco cargada, frecuentemente, son características de largos períodos iniciales de arranque y demoran el desarrollo de un buen lodo activado. Si el flujo inicial de la cloaca está cerca de la capacidad máxima del sistema y se necesita, a la brevedad posible, un alto grado de tratamiento debe aumentarse la proporción de lodos activados, que se están acumulando en el sistema de tratamiento, trayendo de alguna planta de tratamiento vecina el lodo activado para usarlo como germinador en el reactor biológico.</p> <p>Durante los períodos iniciales de operación todas las bombas y aireadores deben ser revisados con frecuencia para asegurarse que estén trabajando uniformemente.</p>			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Toro Daniel		Rincones, María E.	
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007	

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	3 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		
<p><b>5.3. Operación de rutina.</b></p> <p>Una vez alcanzadas condiciones estacionarias, la operación del sistema de tratamiento se reducirá a controles como los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Retirar todos los sólidos atrapados en la cesta de retención de sólidos y disponerlos con los demás residuos sólidos.</li> <li>Inspeccionar regularmente los equipos, asegurándose de que no presenten obstrucciones.</li> <li>Mantener un control permanente en la dosificación de cloro en el efluente del sedimentador, a fin de que en el efluente de la cámara de cloración la concentración de cloro se mantenga en 1,0 mg/l.</li> <li>La purga de lodos se realizará desde el sedimentador, hacia el desnatador, cuando sea el caso, según las pruebas de sedimentación realizadas.</li> <li>Extraer los sólidos deshidratados del desnatador y disponerlos como material de relleno en las áreas verdes o en su defecto disponerlos con los demás desechos sólidos.</li> <li>Limpieza general de la planta.</li> <li>Pruebas en el laboratorio, para ayudar al control de la concentración de sólidos y la remoción de materia orgánica (DBO y DQO).</li> <li>Cualquier prueba requerida por los Entes Oficiales.</li> <li>Actividades de mantenimiento periódico de las instalaciones, como son: el terreno, las cercas, partes eléctricas, etc.</li> </ol> <p><b>5.4. Actividades de realización diaria.</b></p> <p>Al llegar a la planta de tratamiento, el operador debe hacer una inspección visual de todas las instalaciones de la planta, agorándose de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Todo equipo mecánico debe estar operando normalmente sin ruidos extraños. Los aireadores serán alternados de acuerdo a la programación del reloj horario.</li> <li>➤ Revisar la cesta recolectora de sólidos que se encuentra a la entrada del efluente y proceder a la limpieza de la misma, retirando los sólidos que puedan ocasionar obstrucciones. Además se efectuará un lavado con agua, a presión para evitar acumulaciones en el fondo y en las paredes.</li> </ul>			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Toro Daniel		Rincones, María E.	
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007	

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	4 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El líquido en el tanque de aeración debe tener un color marrón, el cual es típico de un lodo activado de buena calidad y no debe tener ningún olor.</li> <li>➤ Debe comprobarse que los aireadores distribuyan el aire uniformemente en el tanque de aeración.</li> <li>➤ El agua de descarga del sedimentador ha de ser clara, libre de sólidos flotantes.</li> <li>➤ El retorno de lodos debe operar continuamente y así ha sido diseñado. En caso de falla requiere atención inmediata debido a que el sistema de tratamiento se alteraría en corto tiempo sin el paso del lodo del sedimentador.</li> <li>➤ Debe asegurarse que el cloro residual sea verificado con el comparador de cloro residual, todos los días y que esté dentro de los parámetros establecidos.</li> <li>➤ Es responsabilidad del operador notificar alguna irregularidad que afecte la operación del sistema de tratamiento.</li> </ul> <p><b>Nota Importante:</b> Cualquier variación observada, en las condiciones normales de operación, debe ser investigada. La acción de corrección debe llevarse a cabo antes de continuar con otra operación de rutina o mantenimiento.</p> <p><b>5.5. Actividades de realización semanal.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar y limpiar el sistema antiespuma.</li> <li>➤ Revisar que los vertederos no estén sucios.</li> <li>➤ Inspeccionar el equipo de cloración visualmente para detectar posibles deterioros en las mangueras u otras partes.</li> <li>➤ Limpiar con agua y cepillo las instalaciones del sistema de tratamiento: tuberías, paredes y bordes de los tanques, vertederos y pantallas.</li> <li>➤ Realizar el mantenimiento adecuado al desnatador y cuando sea conveniente, reemplazar el medio filtrante del mismo.</li> </ul> <p><b>5.6. Otras actividades a realizar en la planta.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por lo menos una vez al año se deben limpiar y pintar todas las instalaciones del sistema de tratamiento.</li> <li>➤ Utilizando un dispositivo apropiado, verificar la cantidad de sedimento acumulado en el fondo de las unidades del sistema de tratamiento a objeto de determinar si es necesario hacer el vaciado de las mismas para efectuar su limpieza.</li> </ul>			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Toro Daniel		Rincones, María E.	
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007	

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	5 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		

## 6. Ensayos necesarios para el control de Operación.

### 6.1. Concentración de Lodos Activados.

Una prueba de sedimentación de 30 minutos debe ser realizada rutinariamente por el operador. Las muestras deben ser tomadas en el reactor. El operador podrá después de pocas semanas de experiencia, correlacionar los resultados de la prueba de sedimentación con las condiciones observadas, determinar el momento de descargar lodo, para así poder mantener una eficiencia óptima del tratamiento.

Procedimiento:

1. Tomar muestra del líquido del reactor, con el soplador en operación, a fin de mantener la mezcla en la unidad.
2. Vaciar la muestra en un cono o cilindro graduado de 1.000 ml.



3. Dejar en reposo durante 30 minutos.



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	6 de 11

Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.
---------	---

4. Tomar nota del volumen ocupado por el lodo

$$\% \text{ Sólidos Sedimentables} = \frac{\text{ml Sólidos Sedimentables} * 100}{1000}$$

5. La respuesta obtenida será el porcentaje de sólidos sedimentables.

### 6.2. Procedimiento para descargar el Lodo.

1. Hacer la prueba de sedimentación para determinar si es necesario descargar el lodo.
2. Si el porcentaje de sólidos sedimentables es superior al 50%, debe realizarse la purga de lodos. Para ello se debe abrir la válvula de drenaje de lodo hacia el desnatador lentamente y no más allá de lo necesario para mantener un flujo constante a través de dicha válvula.



La purga de lodos será progresiva y acorde con la concentración de lodos detectada, o sea, inicialmente se podrá verter en el desnatador un volumen que ocupe 15 cm, luego 20 cm y así sucesivamente.

Luego se debe manipular la válvula nuevamente para poner el sistema en operación normal.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007



Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	7 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		

## 7. Mantenimiento Operacional de la Planta.

Los equipos de las plantas de tratamiento de aguas servidas requieren de mantenimiento apropiado para garantizar una adecuada operación, prolongando así la vida útil de los mismos.

A continuación se presentan un listado con los principios a considerar para garantizar el adecuado mantenimiento del sistema de tratamiento.

### 7.1. Sistema de Distribución de Aire:

Tanto a la concentración de oxígeno disuelto como la mezcla en el tanque de aireación son determinados por la cantidad de aire difundido. Por esta razón el ajuste del suministro de aire es de vital importancia para el buen funcionamiento de la planta. Para ello el sistema de distribución de aire debe ser sometido a:

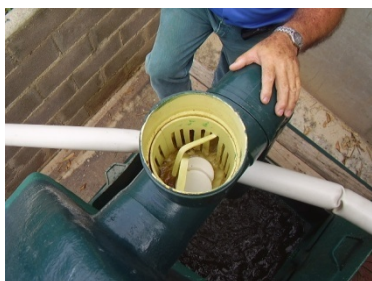
- Revisión diaria.
- El Sistema de distribución de aire debe tener uniformidad en cuanto a la mezcla del líquido contenido en el reactor.
- Verificar que la línea de aire no presente problemas.

### 7.2. Sistema de Control de Espuma.

La espuma se presenta en las plantas debido a los detergentes y jabón presentes en el líquido residual, a la acción de la agitación y a la gran cantidad de aire difundido en el tanque de aireación. En este caso los eyectores son superficiales, por lo cual la misma caída del agua rompe la espuma.

### 7. 4. Equipo de Cloración.

Es de suma importancia asegurarse que el cloro residual sea verificado todos los días y esté dentro de los parámetros normales de operación (1,0 mg/l en el efluente de la cámara), para lo cual se debe usar el “comparador de cloro”. En caso de ser necesario debe ajustarse el nivel de dosificación de cloro, según lo determinen las pruebas.



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	8 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		

### 7.5. Tablero Eléctrico.

El tablero eléctrico cumple un papel fundamental en el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, debido a que el mismo es el que controla los intervalos en los cuales se encienden los aireadores y cada cuanto tiempo los mismos son alternados. Este debe ser objeto de revisión y limpieza periódica. En caso de cualquier falla, debe llamarse a un electricista calificado para el caso.



### 7.6. Tuberías, válvulas y accesorios.

Todas las válvulas deben ser inspeccionadas diariamente para verificar que se está aireando y bombeando lodo en proporción adecuada y que no haya presencia de fugas. Para reparar fugas en las válvulas, se debe aplicar pintura o un sellador en las roscas de las uniones o cambiando la arandela de goma.

Los canales se limpian con cepillos de cerdas metálicas y enjuague con agua. Las tuberías, en caso de adherirse material, pueden limpiarse con equipos idóneos para tal fin.

En la tabla siguiente, se presentan en forma resumida las principales operaciones de mantenimiento a realizar y la prioridad con la que deben hacerse.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	9 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. "Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira".		

En la tabla siguiente, se presentan en forma resumida las principales operaciones de mantenimiento a realizar y la prioridad con la que deben hacerse.

MANTENIMIENTO	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL
Ajustes de rutina.	X			
Balancear aire en el reactor.	X			
Revisar y limpiar canales y vertederos.	X			
Revisar fuga de válvulas.	X			
Revisar estabilidad del efluente.		X		
Limpiar y pintar partes metálicas.				X
Limpieza general de la planta		X		
Limpieza de rejillas.	X			

#### 8. Materiales requeridos para la Operación y Mantenimiento a ser suministrados al operador de la planta.

- ✓ Comparador de cloro.
- ✓ Carretilla.
- ✓ Cepillo de cerdas duras.
- ✓ Manguera.
- ✓ Escoba.
- ✓ Rastrillo.
- ✓ Pala.
- ✓ Botas de goma.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Recipientes para basura.
- ✓ Cualquier otro implemento requerido por el operador para el cumplimiento de sus actividades.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.
Fecha: 27/08/2007		Fecha: 05/08/2007

Lar Padre Joaquim Ferreira	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	Revisión	001
		Código	
		Página	10 de 11
Asunto:	Instructivo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. “Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira”.		

## 9. Averías.

A continuación se presenta una lista de las posibles averías en el sistema de tratamiento, sus posibles causas y correcciones. Si se presenta una situación no contemplada en la lista, debe solicitarse la asesoría del personal especializado.

### 9.1. Sopladores no funcionan.

Causa	Corrección
Sobrecarga Temporal	Oprima botón contador.
Correa rota	Reemplácela
Motor fallando o giran los dos a la vez	Repare Motor Válvula Check defectuosa

### 9.2. Exceso de Espuma.

Causa	Corrección
Puesta en marcha de la planta	Condición normal durante la puesta en marcha, seguir operándola.
Aereación en exceso.	Reducir el ciclo de operación.
Exceso de sólidos	Aumentar la aereación o hacer analizar el afluente.
Ausencia de sólidos	Reducir los ciclos de operación.

### 9.3. Sólidos Flotando.

Causa	Corrección
Acumulación de sólidos en el clarificador.	Limpielo.

### 9.4. Sólidos en el Efluente.

Causa	Corrección
Planta sobrecargada	Aumente la aereación o haga analizar el efluente

### 9.5. Aereación Irregular.

Causa	Corrección
Eyectores de aire tapados.	Desmante y limpie las tuberías.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Toro Daniel		Rincones, María E.

# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES**

1. Los valores correspondientes a caudal medio, caudal máximo y caudal mínimo de agua residual generados en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira son 24,7 (L/mtn) , 53,1 (L/mtn) y 4,3 (L/mtn) respectivamente, para un período de evaluación correspondiente a 12 horas.
2. Las actividades desarrolladas en este lugar permiten considerar despreciables el caudal generado durante la noche, por lo tanto el caudal medio para un período de 24 horas es de 124 L/mtn.
3. Los valores de caudales máximos y caudales mínimos se registraron a distintas horas en los tres (3) días de muestreos realizados a consecuencia de variaciones asociadas a las diversas actividades realizadas durante ese día.
4. El aporte cloacal por persona por día resultó de aproximadamente 184 l/p.d .
5. Los valores de DBO y DQO obtenidos en la caracterización del afluente del ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira fueron de 213 mg/l y 340 mg/l respectivamente y la relación **DBO/DQO** fue de 0,63.
6. Los aportes unitarios de DBO y DQO en el afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira fueron de 39 g/(p.d) y 63 g/(p.d) respectivamente.
7. Los valores de la constante K (base 10) y L obtenidos para el afluente generado en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira fueron de 0,13 (d<sup>-1</sup>) y 300 (mg/l) respectivamente.
8. El sistema de tratamiento de aguas residuales existente en el ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira es un tratamiento biológico del tipo Lodos Activados cuya modalidad es de aireación extendida.
9. El sistema de tratamiento de lodos activados evaluado, presentó una eficiencia en cuanto a remoción de DBO, DQO, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno orgánico, aceites y grasas y detergentes de 87 %, 78%, 97%, 76%, 78% y 95% respectivamente.

10. El sistema de tratamiento evaluado por ser aerobio, no muestra una remoción eficiente de Fósforo, debido a la ausencia de mecanismos bioquímicos que lo permitan.
11. Los valores obtenidos para los parámetros de operación del sistema: Carga Orgánica del Proceso, Carga Orgánica Volumétrica, Tiempo de Retención Hidráulico, Relación *alimento/microorganismos*, fueron de **3,7 Kg/d**, **0,11 Kg/m<sup>3</sup>**, **48 h** y 0,079, respectivamente.
12. El Índice Volumétrico de Lodos (IVL) es de **109 (ml/g)**, por lo cual existe una adecuada formación de biomasa y buena sedimentación del flóculo.
13. El efluente tratado descargado del sistema de tratamiento de aguas residuales evaluado, cumple con la totalidad de los parámetros físicos y químicos permisibles por la norma vigente referida a descargas sobre cuerpos de agua y riego de vegetales para el consumo humano.
14. Se pudo observar la presencia considerable de Organismos Coliformes Totales y Fecales en el efluente tratado, por lo cual no cumple con los parámetros biológicos establecidos por la norma actual referente a descargas sobre cuerpos de agua y riego.
15. El proceso de desinfección no se está llevando a cabo correctamente en el proceso.

# **CAPITULO VI**

## **RECOMENDACIONES**



## **RECOMENDACIONES**

A fin de mejorar las condiciones de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales existente en el ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”, se enumeran las siguientes recomendaciones:

1. El operador de la planta debe seguir a cabalidad el plan de rutina establecido por el manual de operación y mantenimiento formulado en este Trabajo de Investigación, con la finalidad de lograr un funcionamiento adecuado y garantizar la calidad del efluente.
2. Revisar el proceso de desinfección en la planta de tratamiento, ya que el mismo no está siendo efectivo.
3. Se recomienda contratar a personal calificado para que estudie el comportamiento del sistema de tratamiento, modificando el tiempo de activación de los aireadores, con la finalidad de observar si se obtiene una buena eficiencia y un ahorro energético considerable que se traduzca en menores costos para el ancianato.
4. Se recomienda limpiar y desinfectar tanto el tanque donde se bombea el efluente tratado para riego, como el tanque principal que surte de agua potable al ancianato, a fin de minimizar las posibilidades de contaminación del agua que allí se almacene.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- ALMEA, M, GALEANO, A. “Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de una Planta Modelo con Lodos Activados para Fines Demostrativos del Tratamiento de Aguas Residuales”. Trabajo Especial de Grado I en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, 2005.
- APHA – AWWA- WEF. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC. United States of America, 2.000.
- BENEFIELD, Larry D. “Biological Process Design for Wastewater Treatment”. Prentice Hall. New Jersey – United States of America. 1980.
- Blanco M, ; Escobar F. “ Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Nueva Casarapa. Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés. Facultad de Ingeniería, 1977.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA. Decreto 833. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos. O Efluentes Líquidos. N° 5021. Venezuela, 1995.

- GIL, M. “Dimensionamiento de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente para el Tratamiento de Aguas Residuales de origen Domestico”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería 1999 .
- Herrera, E ; Steve. “Servicios de Abastecimiento, cloacas y drenaje en el casco central de San Pedro de los Altos y su influencia en el rio San Pedro, Tramo de estudio: Puente “Rio arriba”, Puente “Salida del Pueblo”. Evaluación y propuesta de solución. “Trabajo Especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. 1999.
- METCALF & EDDY. “Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales”. 3era Edición. Editorial Labor. España, 1991.
- METCALF & EDDY INC. “Ingeniería de las Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tomo 2, 1era Edición en español. Mc Graw Hill. México, 1986.
- MOIOLA, Paolo. “Venezuela: es necesario mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales”, 2003.  
<http://www2.irc.nl/source/lges/item.php/3229>
- PATTON, Charles C. “Applied Water Technology”. 1era Edición. Oklahoma – United States of America, 1986.
- RIVAS MIJARES, G. “Tratamiento de Aguas Residuales”. Ediciones Vega. 2da Edición. Caracas – Venezuela, 1978.

- ROMERO ROJAS, Jairo A. “Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Diseños”. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Santa Fe de Bogotá – Colombia, 1.999.
- Universidad de Sevilla (US). “El Tratamiento de Aguas Residuales de Origen Municipal”.  
<http://us.es./grupotarmaster/ebiblio/libro/pdf/cazalla.pdf>. 2004
- WINKLER, Michael A. “Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho”. Editorial Limusa. S.A de C.V. MéxicoDF, 1999.

# APÉNDICE

## **A.-CÁLCULOS TIPO**

## CÁLCULOS TIPO

A continuación se presentan en forma detallada, los cálculos realizados para poder estimar la eficiencia del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales existente en el ancianato “Lar Padre Joaquim Ferreira”.

### 1. CAUDALES REGISTRADOS.

Para poder estimar el Caudal Medio ( $Q_{med}$ ) de las aguas residuales generadas en el ancianato Lar padre Joaquim Ferreira, se midieron los caudales instantáneos ( $Q_{inst}$ ) para intervalos de treinta (30) minutos para el primer día de muestreo y de sesenta (60) minutos para el segundo y tercer día de muestreo, durante doce (12) horas continuas para cada día de muestreo.

El Caudal Medio diario ( $Q_{med}$ ) es la media de los caudales instantáneos medidos a lo largo del día.

Caudal instantáneo ( $Q_{inst}$ ):  $Q_{inst} = \frac{V}{t}$  (medidos en  $m^3/s$  o  $l/s$ )

$$Q_{inst} = \frac{18}{1,79 s} = 0,56 s \text{ ó } 33,5 l/min$$

Caudal Medio ( $Q_{Med}$ ):  $Q_{med} = \frac{\sum Q_{inst}}{n}$

$$Q_{med} = \frac{306 l}{24} = 12,8 l/min$$



## 2. APOORTE CLOACAL POR PERSONA.

El aporte cloacal generado por cada persona en un (1) día, se obtiene de la división del caudal medio obtenido de líquido residual entre el número total de personas que residan en el ancianato.

$$Ap. Cloacal = \frac{QM_{ad}}{N_{hab}}$$

$$Ap. Cloacal = \frac{0,20 \text{ l/s}}{94 \text{ p}} * 86400 \text{ s/d} \approx 184 \text{ l/p.d}$$

## 3. VALORES DE LA CONSTANTE “K” Y VALOR DE “L”, CALCULADOS MEDIANTE EL MÉTODO DE THOMAS.

Los valores de la constante K y de L, fueron calculados para dos (2) de los tres (3) días en que se realizaron los muestreos, mediante el Método de Thomas, los pasos a seguir fueron los siguientes:

- a) Para cada día de muestreo se preparan distintas diluciones, tomando varias submuestras de la muestra compuesta preparada.

DÍAS →	1	2	3	4	5	6	7	8
DILUCIÓN	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l	mg O <sub>2</sub> /l
B1	NA	7,2	7,2	7	7	7	7	7
B2	NA	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7	7,1
3	NA	5,5	5	4,7	4,8	4,7	4,6	4,6
5	NA	4,4	3,4	3	3	2,8	2,8	2,8
7	NA	3,2	2	1,4	1	0,8	0,8	0,6

- b) Luego de transcurrir los días correspondientes, se leen los valores de la DBO ( $\text{mg/L}$ ) obtenidas por día para cada dilución.

Días	DBO( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )		
1	-	-	-
2	170	117	75
3	230	234	227
4	270	264	257
5	240	252	266
6	250	264	274
7	260	264	274
8	260	264	283

- c) Luego se obtiene el valor promedio de DBO para cada día:

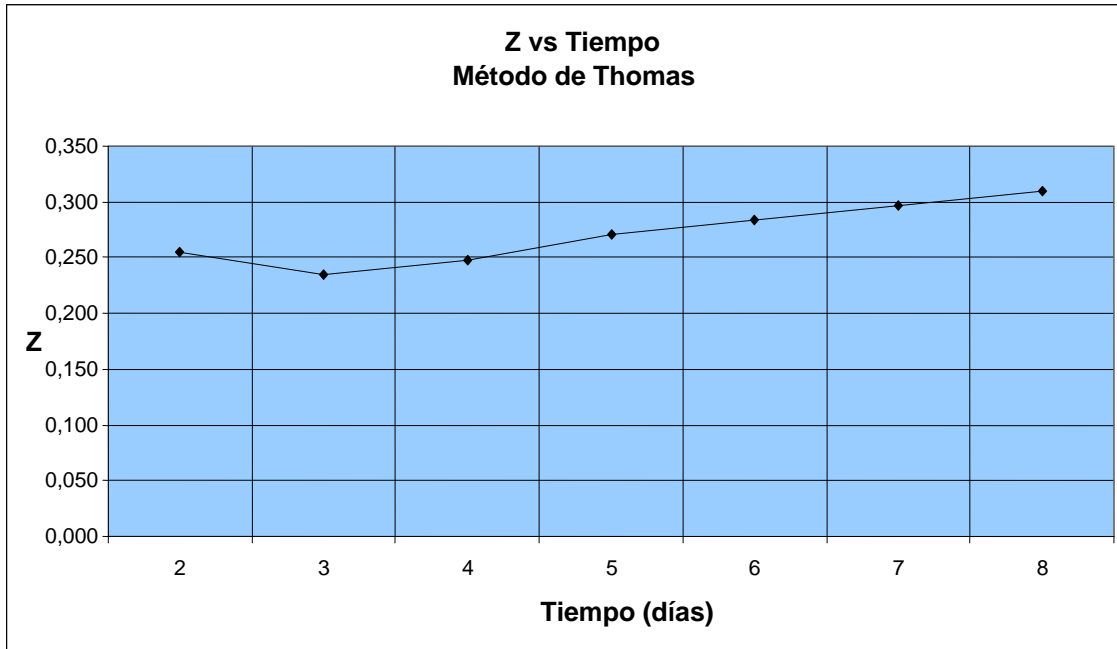
Días	DBO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )
2	121
3	230
4	264
5	253
6	263
7	266
8	269

- d) Se obtienen los distintos valores de Z, para cada valor de DBO.

$$Z = \left( \frac{t}{y} \right)^{\frac{1}{3}}$$

<b>t</b>	2	3	4	5	6	7	8
<b>DBO(<math>\text{mg/L}</math>) (y)</b>	121	231	264	253	263	266	269
<b>Z</b>	0,255	0,235	0,248	0,271	0,284	0,297	0,310

- e) Una vez obtenidos los valores correspondientes de Y(DBO) y de Z, se procede a elaborar la gráfica del Método de Thomas:



Se obtienen los valores de los puntos a y b:

$$\mathbf{a = 0.21327}$$
 (Pto intersección con eje de ordenadas).

$$\mathbf{b = 0.01161}$$
 (Pendiente de la recta)

f) Teniendo a y b , se calculan los valores de K y L:

$$K = \frac{6b}{a} \quad K = \mathbf{0.33 \text{ d}^{-1}} \quad (\text{base e})$$

$$k = \frac{2.61b}{a} \quad k = \mathbf{0,14 \text{ d}^{-1}} \quad (\text{base 10})$$

$$L = \frac{1}{Ka^3} \quad L = \mathbf{312 \text{ mg/l}}$$

#### 4. APORTES UNITARIOS.

Se calcularon los aportes unitarios tomando en cuenta los parámetros de DBO y DQO:

$$\text{Aportes unitarios} = \frac{q[\text{DBO}]}{\text{Nhañ}} = \frac{0.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} * 213 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \left(\frac{1}{1000}\right)}{94 \text{ h}} = \mathbf{39 \text{ g/p.d}}$$

$$\text{Aportes}_{\text{unitarios}} = \frac{Q[\text{DQO}]}{N_{\text{hab}}} = \frac{0,20 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} * 340 \frac{\text{mg}}{\text{l}} * \left(\frac{1}{1000} \frac{\text{l}}{\text{l}}\right)}{94 \text{ h}} = 63 \text{ g/p.d}$$

## 5. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (E).

La eficiencia del sistema de tratamiento evaluado se estimó mediante los porcentajes de remoción obtenidos en cuanto a materia orgánica carbonácea (DBO y DQO) y otros parámetros como fósforo total, detergentes, aceites y grasas.

$$E = (S_0 - S)/S$$

Donde:

$S_0$  = DBO entrada

$S$  = DBO salida

$$E = \frac{210 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) - 10 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{210 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} = 0,95 \approx 95\%$$

## 6. PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EVALUADO.

### 6.1. Carga Orgánica del proceso (CO):

$$CO = S_0 * Q$$

Donde:

CO: Carga Orgánica del proceso.

$S_0$ : DBO del afluente.  $213 \text{ (mg/l)} * 0,20 \text{ (l/s)}$

Q: Caudal del afluente.

$$CO = 213 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) * \left(\frac{1 \text{ Kg}}{1000000 \text{ mg}}\right) * 0,20 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}}\right) * 86400 \text{ (s/d)} = 3,68 \text{ Kg/d}$$

$$CO = 3,68 \text{ Kg/día}$$

### 6.2. Carga Orgánica Volumétrica del proceso (COV):

$$COV = \frac{Q * S_0}{V}$$

Donde:

COV: Carga orgánica volumétrica.

S<sub>0</sub>: DBO del afluente

V: Volumen del tanque de aireación.

$$V_{\text{tanque}} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3.141516 \cdot (1,20)^2 \cdot 7,8 \approx 35 \text{ m}^3$$

$$COV = \frac{0,20 \text{ l/s} * \left(86400 \frac{\text{s}}{\text{día}}\right) * 213 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) * \left(\frac{1 \text{ Kg}}{1000000 \text{ mg}}\right)}{35 \text{ m}^3} = 0,10 \text{ Kg/m}^3$$

$$COV = 0,10 \text{ Kg/m}^3$$

### 6.3. Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación.

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

Donde:

θ= tiempo de retención hidráulica.

V= Volumen del tanque de aireación.

Q= Caudal de aguas residuales.

$$\theta = \frac{35 \text{ m}^3 * 1000 \text{ l/m}^3}{0,20 \text{ l/s} * 86400 \text{ s/d}} = 2,02 \text{ d} \approx 2 \text{ días}$$

$$\theta = 48 \text{ horas.}$$

**6.4. Relación (Alimento/Microorganismos) (F/M).**

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_0}{V \cdot X}$$

Donde:

$\frac{F}{M}$ : relación alimento/ microorganismos, g DBO por día por gramos de SSVLM, d<sup>-1</sup>.

Q: caudal de aguas residuales crudas, m<sup>3</sup>/d.

S<sub>0</sub>: DBO del agua residual cruda, mg/l.

V: volumen del líquido en el tanque de aireación, m<sup>3</sup>.

X: SSVLM, concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, mg/l.

$$\frac{F}{M} = \frac{10 \text{ (m}^3\text{/d)} \cdot 213 \text{ (mg/l)}}{25 \text{ (m}^3\text{/d)} \cdot 998 \text{ (mg/l)}} \approx 0,11$$

**6.5. Índice Volumétrico de Lodos. (IVL).**

$$IVL = \frac{\text{Volumen de sólidos sedimentables en el reactor (ml/l)}}{\text{Concentración de sólidos suspendidos en el reactor (g/l)}}$$

$$IVL = \frac{130 \text{ ml/l}}{1,38 \text{ g/l}} = 109 \text{ ml/g}$$

## **B.-MEMORIA FOTOGRAFICA.**

## Distintas vistas de la Planta de Tratamiento.



## Tanque de Aireación





## Captación de muestras instantáneas y preparación de Muestra Compuesta.



Captación de muestra del reactor



Determinación de Oxígeno disuelto



Implementos para el muestreo



Prueba de Sólidos Sedimentables



Total de muestras instantáneas captadas  
(Entrada al Reactor)



Total de muestras instantáneas captadas  
(Salida del reactor)

**Análisis realizados en el laboratorio de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la UCV.**



Siembras de DBO



Siembras de DBO



Resultados Análisis Bacteriológico.



Siembras de DBO



Medición de Oxígeno disuelto



Muestras conservadas

**Profesores y Técnicos de la UCV que colaboraron con este Trabajo.**



Prof. María Rincones y Prof. Rosario



Prof. Eudóro López



Tec. Alejandro Mata.

## **C.-PLANILLAS DE CAMPO**

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
1	7:30 am	25,3	6,8	9,5 ml	877	4,2	3	Turbia
2	8:00 am	26,6	6,9	8,7 ml	841	4,4	0.6	Turbia
3	8:30 am	26,9	6,5	7,2 ml	766	4,8	1	Turbia
4	9:00 am	26,8	6,0	5,1 ml	868	4,4	-	Turbia
5	9:30 am	27,0	6,3	6,9 ml	912	3,4	2	Turbia
6	10:00 am	27,7	6,1	6,5 ml	908	5,0	-	Turbia
7	10:30 am	27,2	5,9	4,7 ml	925	6,0	1,5	Turbia
8	11:00 am	27,2	7,2	10,5 ml	857	4,6	-	Turbia
9	11:30 am	27,8	7,2	10,7 ml	856	4,0	-	Turbia
10	12:00 m	29,7	7,4	11,0 ml	971	5,0	-	Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
11	12:30 pm	29,0	7,5	10,6 ml	967	5,0	0,3	Ligeramente Turbia
12	1:00 pm	28,6	7,4	11,3 ml	900	4,2	0,5	Ligeramente Turbia
13	1:30 pm	29,2	7,6	13 ml	1002	4,4	-	Ligeramente Turbia
14	2:00 pm	28,8	7,4	12,5 ml	946	4,0	0,3	Ligeramente Turbia
15	2:30 pm	26,9	8,0	12,7 ml	917	4,2	-	Ligeramente Turbia
16 (QMax)	3:00 pm	26,1	7,6	12,4 ml	923	4,0	1,0	Turbia
17	3:30 pm	26,9	8,0	13,2 ml	862	4,8	-	Turbia
18	4:00 pm	25,2	7,6	11,7 ml	841	4,2	-	Turbia
19	4:30 pm	26,1	7,6	12,0 ml	848	4,4	0,2	Ligeramente Turbia
20	5:00 pm	26,3	7,5	13,3 ml	1052	3,4	0,3	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
21	5:30 pm	26,2	7,3	14,2	1050	3,2	0,5	Ligeramente Turbia
22	6:00 pm	25,7	7,8	(25ml) 6,2	988	3,8	0,3	Ligeramente Turbia
23	6:30 pm	25,9	7,8	(25ml) 6,3	924	4,6	-	Ligeramente Turbia
24	7:00 pm	25,1	7,4	1,1 ml	776	4,6	-	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
1	7:30 am	2,42	49,6	680
2	8:00 am	2,97	40,4	553
3	8:30 am	5,32	22,6	310
4	9:00 am	8,12	14,8	203
5	9:30 am	4,98	24,1	330
6	10:00 am	3,89	30,8	422
7	10:30 am	5,86	20,5	280
8	11:00 am	4,48	26,8	367
9	11:30 am	4,75	25,3	347
10	12:00 m	6,87	17,5	240



**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/min)	V.SUBMUESTRA (ML)
11	12:30 pm	5,30	22,6	310
12	1:00 pm	4,68	25,6	351
13	1:30 pm	6,41	18,7	256
14	2:00 pm	6,28	19,1	262
15	2:30 pm	4,81	24,9	341
(Q max) 16	3:00 pm	2,26	53,1	727
17	3:30 pm	5,65	21,2	290
18	4:00 pm	6,22	19,3	264
19	4:30 pm	20,87	5,7	78
20	5:00 pm	8,81	13,6	186

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
21	5:30 pm	6,65	18,0	247
22	6:00 pm	12,49	9,6	132
23	6:30 pm	2,60	46,2	633
24	7:00 pm	8,33	14,4	197

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
1	7:30 pm	26,4	6,5	6,3 ml	862	5,8		Clara
2	8:00 pm	27,5	6,4	6,3 ml	877	5,6		Clara
3	8:30 pm	27,5	6,3	6,0 ml	882	6,4		Clara
4	9:00 pm	27,8	6,3	5,4 ml	879	5,8		Clara
5	9:30 pm	27,9	6,1	5,3 ml	881	4,8		Clara
6	10:00 pm	27,9	6,3	5,6 ml	874	6,0		Clara
7	10:30 pm	27,6	6,1	4,9 ml	876	6,4		Clara
8	11:00 pm	28,4	7,5	(56 ml) 9,1 ml	885	6,0		Clara
9	11:30 pm	28,4	7,4	8,7 ml	893	5,4		Clara
10	12:00 m	29,3	7,5	9,3 ml	894	6,0		Clara

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
11	12:30 pm	30,0	7,4	8,3 ml	900	5,8		Clara
12	1:00 pm	30,4	7,5	8,4 ml	903	5,6		Clara
13	1:30 pm	32,1	7,3	8,5 ml	910	6,2		Clara
14	2:00 pm	30,3	7,4	8,5 ml	911	5,2		Clara
15	2:30 pm	28,7	7,4	8,4 ml	886	5,6		Clara
16 (QMax)	3:00 pm	27,5	7,4	8,5 ml	880	5,6		Clara
17	3:30 pm	27,5	7,5	8,7 ml	869	5,8		Clara
18	4:00 pm	28,8	7,4	8,5 ml	886	5,2		Clara
19	4:30 pm	28,8	7,4	8,8 ml	891	5,2		Clara
20	5:00 pm	29,1	7,5	8,8 ml	892	5,6		Clara

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
21	5:30 pm	27,6	7,5	9,0	886	5,2	-	Ligeramente Turbia
22	6:00 pm	27,5	7,5	9,0	885	5,4	-	Ligeramente Turbia
23	6:30 pm	28,3	7,3	4,4	880	5,8	-	Ligeramente Turbia
24	7:00 pm	27,3	7,4	0,6	871	6,4	-	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/min)	V.SUBMUESTRA (ML)
1	7:30 am	3,25	36,9	520
2	8:00 am	3,80	31,6	446
3	8:30 am	4,51	26,6	375
4	9:00 am	8,72	13,8	195
5	9:30 am	5,65	21,2	299
6	10:00 am	3,53	34,0	479
7	10:30 am	3,44	34,9	492
8	11:00 am	3,78	31,7	447
9	11:30 am	4,15	28,9	407
10	12:00 m	4,66	25,8	364

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/min)	V.SUBMUESTRA (ML)
11	12:30 pm	5,91	20,3	286
12	1:00 pm	5,41	22,2	313
13	1:30 pm	5,47	21,9	309
14	2:00 pm	8,30	14,5	204
15	2:30 pm	4,65	25,8	364
16	3:00 pm	4,84	24,8	350
17	3:30 pm	3,03	40,0	564
18	4:00 pm	4,94	24,3	342
19	4:30 pm	9,43	12,7	179
20	5:00 pm	11,10	10,8	152

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Miércoles 10 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
21	5:30 pm	12,15	9,9	140
22	6:00 pm	8,97	13,4	189
23	6:30 pm	5,28	22,7	320
24	7:00 pm	6,43	18,7	263



**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
1	7:45 pm	26,3	7,7	10,8 ml	742	3,2		Blanco
2	8:45 pm	26,3	7,5	11,3 ml	916	5,0	1,0	Turbia
3	9:45 pm	26,4	7,6	11,0ml	1008	5,6	1,0	Turbia
(Q Max) 4	10:45 pm	27,2	7,6	11,7 ml	867	4,8	1,5	Turbia
5	11:45 pm	27,4	7,5	11,8 ml	922	4,8	0,5	Turbia
6	12:45 pm	29,8	7,6	12,9 ml	1014	4,8	>0,1	Ligeramente Turbia
7	1:45 pm	28,8	7,4	11,5 ml	1061	4,2	0,7	Turbia
8	2:45 pm	27,6	7,6	10,9 ml	888	5,0	0,5	Turbia
9	3:45 pm	24,8	7,5	11,6 ml	1010	5,8	0,5	Turbia
10	4:45pm	25,4	7,6	12,4 ml	1021	5,2	0,1	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (μS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
11	5:45 pm	25,1	7,4	13,1 ml	1009	4,6	0,1	Turbia
12	6:45 pm	24,9	7,5	13,2 ml	964	4,4		Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TIEMPO (S)	V. CAPTADO (L)	CAUDAL (L/min)	V.SUBMUESTRA (ML)
1	7:45 am	1,79	1,0	33,5	766
2	8:45 am	7,36	4,78	39,0	892
3	9:45 am	3,80	2,35	37,1	848
(Q max) 4	10:45 am	3,53	2,88	49,0	1120
5	11:45 am	8,59	3,63	25,3	579
6	12:45 pm	6,15	2,20	21,5	494
7	1:45 pm	14,02	3,0	12,8	293
8	2:45 pm	6,93	4,0	34,6	792
9	3:45 pm	7,90	3,4	25,8	590
10	4:45 pm	43,57	3,14	4,3	98

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
1	7:45 am	26,0	7,5	7,6 ml	833	5,8		Blanco
2	8:45 am	27,2	7,5	7,9 ml	848	5,8	19	Turbia
3	9:45 am	28,7	7,5	7,1ml	864	5,8	0,8	Turbia
4	10:45 am	27,4	7,4	8,1 ml	858	3,8	125	Turbia
5	11:45 am	28,1	7,5	7,8 ml	861	5,8	3,0	Turbia
6	12:45 pm	29,8	7,5	8,1 ml	892	5,8	>0,1	Ligeramente Turbia
7	1:45 pm	29,2	7,5	7,8 ml	878	5,8	0,1	Ligeramente Turbia
8	2:45 pm	29,0	7,5	7,9 ml	879	5,8	1,0	Turbia
9	3:45 pm	27,1	7,5	7,9 ml	854	5,8	0,1	Turbia
10	4:45pm	26,8	7,6	8,1 ml	854	6,0	0,1	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TIEMPO (S)	V. CAPTADO (L)	CAUDAL (L/min)	V.SUBMUESTRA (ML)
1	7:45 am	1,56	1,0	38,5	845
2	8:45 am	4,63	3,0	38,9	854
3	9:45 am	4,94	2,95	35,8	786
4	10:45 am	5,56	3,49	37,7	828
5	11:45 am	6,89	2,85	24,8	544
6	12:45 pm	12,17	3,81	18,8	413
7	1:45 pm	9,09	3,17	21,0	461
8	2:45 pm	6,03	3,44	34,2	751
9	3:45 pm	6,78	3,34	29,6	650
10	4:45 pm	16,94	3,35	11,9	264

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (μS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
11	5:45 pm	27,2	7,3	7,8 ml	1009	4,6	0,1	Turbia
12	6:45 pm	27,1	7,3	8,0 ml	964	4,4		Turbia
<b>Compuesta</b>	---	---	<b>7,2</b>	<b>7,8ml</b>	<b>736</b>	----	---	<b>Turbia</b>

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Jueves 18 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>V. CAPTADO (L)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
11	5:45 pm	20,41	4,0	11,8	259
12	6:45 pm	13,54	3,55	15,7	345

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Sábado 20 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>V. CAPTADO (L)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
1	7:45 am	7,13	3,7	33,5	700
2	8:45 am	11,25	3,56	39,0	427
3	9:45 am	7,12	5,83	37,1	1104
4	10:45 am	8,88	3,34	49,0	508
5	11:45 am	8,32	4,36	25,3	706
6	12:45 pm	7,30	4,11	21,5	760
7	1:45 pm	21,72	4,10	12,8	254
8	2:45 pm	10,36	4,27	34,6	555
9	3:45 pm	13,51	4,63	25,8	463
10	4:45 pm	27,8	5,76	4,3	279



**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Sábado 20 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Entrada al Reactor.

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>V. CAPTADO (L)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
11	5:45 pm	20,73	3,73	10,8	244

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Sábado 20 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

<b>IDENT. MUESTRA</b>	<b>HORA DE CAPTACIÓN</b>	<b>TIEMPO (S)</b>	<b>V. CAPTADO (L)</b>	<b>CAUDAL (L/min)</b>	<b>V.SUBMUESTRA (ML)</b>
1	7:45 am	9,26	5,10	33,0	750
2	8:45 am	9,10	2,60	17,1	389
3	9:45 am	4,03	3,25	48,4	1101
4	10:45 am	5,69	2,85	30,1	684
5	11:45 am	6,47	3,0	27,8	633
6	12:45 pm	4,96	2,27	27,5	626
7	1:45 pm	8,96	2,60	17,4	396
8	2:45 pm	8,41	3,0	21,4	487
9	3:45 pm	8,16	3,0	22,1	505
10	4:45 pm	13,34	2,8	12,6	286

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Sábado 20 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
1	7:45 am	24,9	7,5	8,1 ml	803	6,2	0,1	Ligeramente Turbia
2	8:45 am	26,4	7,7	8,2 ml	825	6,0	>0,1	Ligeramente Turbia
3	9:45 am	27,6	7,6	8,0 ml	839	5,8	0,8	Ligeramente turbia
4	10:45 am	26,1	7,6	8,0 ml	900	6,0	0,1	Ligeramente Turbia
5	11:45 am	30,3	7,7	8,3 ml	854	5,2	0,1	Ligeramente Turbia
6	12:45 pm	28,9	7,7	8,3 ml	853	5,6	0,1	Ligeramente Turbia
7	1:45 pm	28,9	7,8	8,4 ml	861	5,4	0,4	Ligeramente Turbia
8	2:45 pm	28,1	7,5	9,3 ml	870	5,2	1,0	Turbia
9	3:45 pm	27,9	7,6	8,4 ml	847	5,2	>0,1	Turbia
10	4:45pm	27,5	7,6	9,0 ml	842	5,8	>0,1	Ligeramente Turbia

**PLANILLA DE CAMPO – ANALISIS EN SITIO.**

Fecha: Sábado 20 de Octubre de 2007

Lugar de Captación: Salida del Reactor.

Volúmen del envase: 2L

Sitio de Captación: Ancianato Lar Padre Joaquim Ferreira.

IDENT. MUESTRA	HORA DE CAPTACIÓN	TEMP. (°C)	pH	ALCALINIDAD (50 ml)	C.E (µS/cm)	O.D (mg O <sub>2</sub> /l)	S.S (ml/l)	ASPECTO
11	5:45 pm	25,9	7,5	8,6 ml	838	6,0	>0,1	Clara
12	6:45 pm	Llovió	Llovió	Llovió	Llovió	Llovió	Llovió	---
<b>Compuesta</b>	---	---	<b>7,5</b>	<b>8,3 ml</b>	<b>850</b>	----	---	<b>Turbia</b>