



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DIAGNÓSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
URBANIZACIÓN LOS CASTORES EDO. MIRANDA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: VALESSKA A. MALDONADO S.

PROFESOR GUÍA: ING. HENRY BLANCO

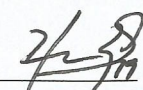
FECHA: OCTUBRE DE 2.019

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**DIAGNÓSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
URBANIZACIÓN LOS CASTORES EDO. MIRANDA**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECINUEVE (19)

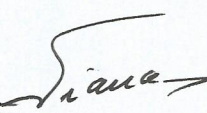
JURADO EXAMINADOR

Firma: 

Nombre: Henry Blanco

Firma: 

Nombre: Milagros Lana

Firma: 

Nombre: MARIA VIANA



REALIZADO POR: VALESSKA A. MALDONADO S.

PROFESOR GUÍA: ING. HENRY BLANCO

FECHA: OCTUBRE DE 2.019

AGRADECIMIENTOS

A Dios y mis ángeles: por su infinita bondad y grandeza, que me mantuvieron firme en todo mi camino hasta alcanzar esta meta.

A mis padres, por su amor, dedicación y el esfuerzo que dieron en proveerme la mayor herencia que a alguien se les puede dejar: la educación.

A mi hermana, por ser siempre la compañera incondicional y acompañarme en todas las etapas importantes de mi vida.

A Luis Carlos Silva, por su apoyo y colaboración para el desarrollo de la meta trazada, además de transmitirme un gran entusiasmo.

A Henry Blanco, por su paciencia y dedicación, los cuales me proporcionaron todas las herramientas necesarias para hacer de esta tesis una realidad.

¡Gracias por tanto!

DIAGNÓSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, URBANIZACIÓN LOS CASTORES EDO. MIRANDA

RESUMEN

La planta de tratamiento de aguas residuales –PTAR- de la urbanización Los Castores, ubicada en San Antonio de los Altos, Edo. Miranda, data de 1963, actualmente se encuentra inoperativa por fallas en sus sistemas electromecánicos. El propósito del presente trabajo de grado es verificar el diseño de la PTAR para las condiciones actuales. Dada la falta de información documental, ausencia de mediciones de caudal y calidad del agua residual cruda, y habiendo sido imposible la generación de estos datos, se consideraron diversas opciones “teóricas” que pueden reflejar las condiciones actuales para su diagnóstico. Estas opciones están basadas fundamentalmente en el uso del agua, a través de la estimación de dotaciones en dos escenarios: disponibilidad del agua por los pozos existentes y dotaciones normativas y criterios de demanda. Analizadas las seis (6) opciones bajo estos escenarios, se demostró que para que la PTAR de lodos activados, siga funcionando bajo la modalidad de aireación extendida, según el diseño original y sin realizar ampliaciones del sistema, la producción máxima de agua residual debe ser 6 l/s, lo que implica una dotación de agua potable en el orden de los 200 l/persona-d. De no ser posible limitar la dotación a este valor, debido a que la disponibilidad de los pozos permite tener dotaciones mucho mayores, se deberá verificar el manejo y tratamiento de las aguas residuales bajo la modalidad de aireación extendida y en la modalidad del tipo convencional, siendo necesario modificaciones en el sistema, en vista a que se requiere mayor espacio y la misma se encuentra limitada por la presencia de una quebrada adyacente a la PTAR. Una vez realizado este trabajo, es imprescindible, con miras a aplicar los resultados, se realice una caracterización completa de las aguas residuales generadas en el urbanismo, mediante muestreos de 24 horas, antes de su puesta en marcha nuevamente; para determinar la cantidad y calidad del agua residual generada, pudiendo seleccionar la opción que corresponde a la situación real. También será necesario explorar las posibilidades de implementar un plan tarifario, que le permita a la cooperativa un manejo sustentable de los servicios de agua potable y saneamiento; lo cual permitirá seguir utilizando la misma planta de tratamiento, una vez se realice la evaluación correspondiente.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: EL PROBLEMA	1
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
I.2.1 Objetivo General	2
I.2.2 Objetivos Específicos.....	2
I.3 ALCANCE Y LIMITACIONES	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
II.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	4
II.2 ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS O MUNICIPALES.....	5
II.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
II.4 SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	11
II.4.1 Breve reseña historia del sistema de lodos activados	11
II.4.2 Características del sistema de lodos activados	14
II.4.3 Tipos de procesos de lodos activados.....	16
II.4.4 Tipos de aireación.....	20
II.4.5 Parámetros de diseño para un proceso de lodos activados.	22
II.5 SEDIMENTADOR SECUNDARIO	28
II.5.1 Parámetros de diseño para un sedimentador secundario	28
II.6 DIGESTORES	30

II.6.1	Digestores aerobios	30
II.7	SECADO DE LODOS.....	31
II.7.1	Lechos de secado.....	31
II.8	CÁMARA DE CONTACTO.....	32
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO		33
III.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
III.2	FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
III.2.1	Recopilación de la información.....	33
III.2.2	Análisis de las condiciones actuales de la PTAR.....	36
III.2.3	Presentación de las desviaciones existentes	38
CAPÍTULO IV: GENERALIDADES DE LA URBANIZACIÓN LOS CASTORES..		39
IV.1	DESCRIPCIÓN DE LA URBANIZACIÓN	39
IV.2	FUENTE DE ABASTECIMIENTO:.....	40
IV.3	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA “URBANIZACIÓN LOS CASTORES”	41
CAPITULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS		46
V.1	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL.....	46
V.2	DISPONIBILIDAD DE ÁREA PARA UNA EVENTUAL AMPLIACIÓN .	47
V.3	DEMANDA DE AGUA POR LA GACETA N° 4.044 (1988).....	48
V.4	OPCIONES CONSIDERADAS PARA FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR	52

● OPCIÓN 1: Planta de tratamiento con los criterios del diseño.....	52
● OPCIÓN 2: Planta de tratamiento con la demanda teórica según normativa (Gaceta N° 4.044).....	55
● OPCIÓN 3: Planta de tratamiento funcionando cinco (5) pozos.....	58
● OPCIÓN 4: Planta de tratamiento funcionando tres (3) pozos.....	63
● OPCIÓN 5: Planta de tratamiento funcionando ocho (8) pozos.....	66
● OPCIÓN 6: Planta de tratamiento con dotación de 250 l/persona-d	70
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	78
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de aguas residuales municipales</i>	4
Tabla 2 <i>Características aguas residuales municipales de algunas localidades en Venezuela</i>	5
Tabla 3 <i>Principales Procesos de Tratamiento Biológico</i>	10
Tabla 4 <i>Límites de descargas a cuerpos de agua</i>	11
Tabla 5 <i>Parámetros establecidos para el año 1967 y 1978</i>	25
Tabla 6 <i>Parámetros establecidos para el año 1985 y 1995</i>	26
Tabla 7 <i>Parámetros establecidos para el año 2003 y 2014</i>	26
Tabla 8 <i>Parámetros establecidos para el sedimentador secundario para 1999 y 2014</i>	29
Tabla 9 <i>Caudal extraído y estatus operativo de los pozos</i>	41
Tabla 10 <i>Diseño correspondiente a la memoria descriptiva de la PTAR</i>	44
Tabla 11 <i>Dotación viviendas unifamiliares de acuerdo a la Gaceta N° 4.044</i>	49
Tabla 12 <i>Dotación viviendas multifamiliares de acuerdo a la gaceta N° 4.044</i>	49
Tabla 13 <i>Dotación plantel educativo de acuerdo a la Gaceta N° 4.044</i>	50
Tabla 14 <i>Dotación total de la urbanización de acuerdo a la Gaceta N° 4.044</i>	50
Tabla 15 <i>Parámetros característicos de la planta de tratamiento con los criterios del diseño</i>	52
Tabla 16 <i>Parámetros característicos planta de tratamiento con la demanda teórica según normativa Gaceta N° 4.044</i>	56
Tabla 17 <i>Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando cinco (5) pozos</i>	60
Tabla 18 <i>Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando tres (3) pozos</i>	64

Tabla 19 *Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando ocho (8) pozos*
..... 68

Tabla 20 *Parámetros característicos planta de tratamiento con dotación de 250*
l/persona-d..... 71

Tabla 21 *Características lechos de secado* 73

Tabla 22 *Cuadro resumen de las distintas opciones consideradas para PTAR Los*
Castores..... 73

Tabla 23 *Cuadro resumen de las distintas modificaciones a considerar para PTAR Los*
*Castores.....*73

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Sistema de Reactor con Aireación Prolongada	17
<i>Figura 2</i> Sistema de Reactor Convencional con Aireación Gradual.....	18
<i>Figura 3</i> Sistema de Reactor de Alta Tasa	19
<i>Figura 4</i> Curva de crecimiento ideal para un Sistema de Lodos Activados	19
<i>Figura 5</i> Sistema de difusión cerámico de aire empleado para un reactor discontinuo.	21
<i>Figura 6</i> Difusores de burbujas finas.	21
<i>Figura 7</i> Vista aérea de la urbanización Los Castores.	39
<i>Figura 8</i> Plano de planta con la ubicación de las fuentes de abastecimiento.....	40
<i>Figura 9</i> Vista aérea del área disponible en la PTAR de Los Castores.....	48

ANEXOS

Anexo A. Planos generales de la PTAR de la Urbanización Los Castores.....	82
Anexo B. Fotos generales de la inspección en campo.....	88
Anexo C. Cálculo de dotación para el centro comercial, oficinas, áreas verdes y recreativas de la urbanización Los Castores.....	91
Anexo D Informe de la caracterización efluente planta de Tratamiento de aguas residuales.....	95

CAPITULO I: EL PROBLEMA

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La urbanización Los Castores se encuentra ubicada en San Antonio de Los Altos, Estado Miranda y tuvo su origen en el nacimiento de una cooperativa de construcción.

Actualmente, la urbanización Los Castores cuenta con una gran variedad de diseños de casas desde las más sencillas hasta estructuras diseñadas por renombrados profesionales de la arquitectura, entre ellos Fruto Vivas, haciéndose acreedoras del premio nacional de arquitectura, así como también, diversos comercios, lo que caracteriza la situación actual del urbanismo. Cuenta con 579 casas, 102 apartamentos (3 edificios) y diversos locales comerciales de diferentes rubros, entre los cuales se mencionan: lavandería, pizzería, farmacias, así como edificaciones institucionales.

El servicio de agua del acueducto que poseen es independiente de Hidrocapital. Cuentan con ocho (8) pozos ubicados dentro de la urbanización y su propia planta de tratamiento de aguas residuales producto de la carencia de un sistema de cloacas.

Dado el uso de agua para consumo y demás actividades, se genera un agua residual. Las mismas, no pueden ser descargadas de forma directa a la quebrada Manantial, debido a que, como cualquier agua residual urbana, no cumple con los requerimientos establecidos en la normativa nacional.

El sistema de lodos activados fue diseñado en 1963, para lograr una reducción de la DBO en un 95% y con ello el contenido bacteriano en casi un 99%. Habiendo sido diseñado y concebido este sistema de tratamiento en los años 60, es necesario analizar su diseño, así como la viabilidad de que pueda seguir cumpliendo con los requerimientos actuales de descarga, considerando los nuevos criterios y los requerimientos normativos para la disposición final del agua tratada.

I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.2.1 Objetivo General

Verificar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización Los Castores, Edo. Miranda, según condiciones actuales.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el diseño en las condiciones actuales de cantidad y calidad del sistema.
- Analizar las desviaciones existentes en el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Establecer la situación actual de funcionamiento de la planta de lodos activados con base en su diseño original.

I.3 ALCANCE Y LIMITACIONES

Para efectos del presente trabajo especial de grado, se hace necesario tomar en consideración como fue concebida la PTAR y los problemas que atraviesa actualmente con la finalidad de interpretar las desviaciones y poner operativa la referida planta.

Entre las limitaciones en el desarrollo del TEG se tiene la imposibilidad de hacer mediciones y ensayos en la planta, debido a que la misma esta fuera de servicio; razón por la cual se realizaron estimaciones y suposiciones que permitan cumplir con el objetivo general, que implica verificar si el diseño del sistema puede satisfacer las condiciones actuales, no sólo en términos de cantidad y calidad del agua cruda que alimentaría a la planta, sino también en función de los requerimientos de descarga de la normativa vigente, teniendo presente que el diseño data de los años 60.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

II.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En la práctica existen caracterizaciones típicas de las aguas residuales que sirven como marco referencial de los parámetros de importancia para ser analizados. Cada agua residual es distinta y presentará características únicas que deberían ser evaluadas en laboratorio.

La siguiente tabla contiene valores promedios propios de las aguas residuales municipales que han sido caracterizadas por la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Universidad Central de Venezuela - PETA - UCV. En ella, se puede apreciar que corresponden a aguas residuales entre débiles e intermedias, comparándolas con lo que presenta Metcalf & Eddy, 2014.

Tabla 1
Características de aguas residuales municipales

Parámetros	Intervalo en Venezuela	Clasificación Agua Residual Metcalf & Eddy, 2014		
	PETA-UCV	Débil	Media	Fuerte
DBO_{5,20} total (mg/l)	108-300	110	190	350
DQO total (mg/l)	175-450	250	430	800
Sólidos Totales (mg/l)	340-1308	537	806	1612
Sólidos Disueltos (mg/l)	230-849	374	560	1121
Sólidos Suspendidos (mg/l)	99-459	130	195	389
Sólidos Sedimentables (ml/l)	2,3-5,5	8	12	23
Nitrógeno Total (mg/l)	15,2-47,6	23	35	69
Fósforo Total (mg P/l)	2,8-12,3	3,7	5,6	11
Aceites y Grasas (mg/l)	23-33	51	76	153
Coliformes Fecales (org / 100 ml)	ND	10 ³ - 10 ⁵	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ⁵ - 10 ⁸

Nota. Fuente: Basado en Blanco & Najul (2019) y Metcalf & Eddy (2014)

A continuación, se muestra una tabla con las características del agua residual municipal de diversas localidades de Venezuela, las cuales servirán de apoyo para el referente Trabajo Especial de Grado.

Tabla 2

Características aguas residuales municipales de algunas localidades en Venezuela

Parámetros	Nueva Casarapa (Guarenas Edo. Miranda)	Manzanares (Caracas Distrito Capital)	Bella Vista (Valera Edo. Trujillo)
DBO_{5,20} total (mg/l)	108	160	216
DQO total (mg/l)	175	320	253
Sólidos Totales (mg/l)	1046	480	446
Sólidos Disueltos (mg/l)	912	381	276
Sólidos Suspendidos (mg/l)	134	99	170
Sólidos Sedimentables (ml/l)	2,25	5,5	ND
Nitrógeno Total (mg/l)	21,15	17,5	26,5
Fósforo Total (mg P/l)	4,11	2,93	3,47
Aceites y Grasas (mg/l)	23	33,5	ND

Nota. Fuente: Basada en Blanco & Najul (2019)
PETA-UCV.

II.2 ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

URBANAS O MUNICIPALES.

Las etapas del tratamiento para este tipo de aguas residuales consisten en operaciones físicas, procesos químicos y biológicos que dependerán del grado de tratamiento requerido en función de la disposición o uso final del agua tratada. Generalmente, son agrupados en:

- ***Tratamiento preliminar***

Prepara al agua que ingresa al sistema para su posterior tratamiento a través de la reducción o eliminación de características específicas del agua residual, que de otra manera, podrían interferir en el correcto funcionamiento o indebidamente incrementar el mantenimiento de los procesos y equipos de las unidades siguientes al pretratamiento. El agua afluente al tratamiento presenta características típicas que pueden ocasionar problemas comunes por la inclusión de sólidos grandes, trapos, granos abrasivos, olores y en algunos casos, altas cargas hidráulicas u orgánicas inaceptables (CONAGUA, 2016).

Los tratamientos más comunes son: rejillas, desarenadores, trituradores y desgrasadores (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013).

- ***Tratamiento Primario.***

Generalmente, contempla el uso de operaciones físicas como la sedimentación para la eliminación de los sólidos suspendidos (RODIN, 2006).

En algunos casos, se debe considerar una combinación de tratamientos físicos y químicos cuando el agua afluente a esta etapa tiene un contenido ácido o alcalino. Si se mantiene adecuadamente el tratamiento primario y se opera de forma continua sin permitir la acumulación excesiva de sólidos, se proporcionará agua residual libre de

sólidos sedimentables y sus condiciones serán adecuadas para que los reactores biológicos funcionen con la eficiencia esperada (CONAGUA, 2016).

- ***Tratamiento Secundario.***

Engloba procesos biológicos y/o químicos con la finalidad de remover en gran cantidad la materia orgánica presente (Romero, 1999).

Es decir, los contaminantes presentes en el agua son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales, son separados de la corriente de agua tratada generalmente por sedimentación.

Así, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica, el objetivo es reducir el contenido orgánico y algunos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. En el proceso biológicos aerobio, una mayor cantidad de energía del sustrato es empleada para la síntesis celular, por ende, se genera una mayor biomasa como lodo no estabilizado, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento. Entre los tratamientos aerobios más comunes se encuentran: lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos rotatorios, lechos percoladores, humedales construidos, entre otros (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013).

- ***Tratamiento terciario.***

Se emplean combinaciones y tratamientos destinados a eliminar de forma significativa compuestos como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable, el mismo, se ve sujeto a las condiciones de descargas deseadas o al uso del agua en específico. De igual forma, incluye el proceso de desinfección para garantizar la calidad del efluente a ser descargado (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013).

- ***Manejo de lodos.***

Factor importante a ser considerado, como bien se sabe, la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma. En las plantas de tratamiento parte de los contaminantes se transforman en lodo. El tratamiento para el manejo de lodos dependerá de su procedencia, es decir, si viene de un sistema primario, secundario, terciario, si es lodo activo, lodo recirculado o lodo digerido (Valdez & Vázquez, 2003).

II.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES.

Engloba al tratamiento típico de las aguas residuales domésticas, en primer lugar, tuvo como principal objetivo la eliminación de la materia orgánica carbonácea de las aguas residuales (Polo & Torrecillas, 2008).

Con el paso del tiempo, el tratamiento ha sido diseñado para eliminar la materia orgánica tanto disuelta como suspendida en el agua residual, aunado a ello, es capaz de

remover otros componentes como sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, metales pesados y xenobióticos (Lenntech, 2019).

En este proceso intervienen reacciones asociadas a los organismos vivos, es decir, los microorganismos crecen utilizando los contaminantes presentes en el agua como fuente de energía y/o carbono (sustrato), transformándose así en nuevos microorganismos (biomasa), dióxido de carbono y demás compuestos inocuos. Es preciso retener en el sistema, la biomasa generada con el fin de que se produzca el proceso adecuadamente. El tratamiento dependerá del tipo de crecimiento biológico, del régimen del flujo y del tipo de mezcla. Aunado a ello, dependerá del nivel de exigencia que el agua presente para la remoción de contaminantes (Polo & Torrecillas, 2008).

En la Tabla 3 se presentan los principales sistemas de tratamiento biológico, de tipo aerobio utilizados tradicionalmente para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, urbanas o municipales.

Tabla 3
Principales Procesos de Tratamiento Biológico.

Tratamiento	Crecimiento	Proceso	Uso principal
Aerobios	Suspendido	Lodos activados: -convencional -mezcla completa -aireación escalonada -estabilización y contacto oxígeno puro -tasa alta -aireación prolongada -proceso krauss -zanjón de oxidación	Remoción de DBO, nitrificación y fósforo.
		Lagunas aireadas	Remoción de DBO y nitrificación
		Digestión aerobia	Remoción de DBO estabilización
		Lagunas aerobias	Remoción de DBO y nitrificación
		filtros percoladores: Tasa baja Tasa alta	Remoción de DBO y nitrificación
Aerobios	Adherido	Torres biológicas	Remoción de DBO y nitrificación
		Unidades rotatorias de contacto biológica	
		Reactores de lecho fijo	

Nota. Fuente: Basado en Romero (1999).

La selección del tipo de la modalidad de tratamiento depende de innumerables factores; sin embargo, uno de ellos es la eficiencia para alcanzar los requerimientos de la disposición final del agua tratada.

Los límites de descarga a cuerpos de agua han sido modificados al pasar de los años y con ello el nivel de exigencia para la remoción de compuestos se ha incrementado. También, con la práctica de la reutilización del efluente de las plantas de tratamiento, estos límites de la calidad del agua tratada se han vuelto más exigentes.

En la Tabla 4, se presenta como ejemplo las diferencias entre los límites de requerimientos para descarga que establece el Decreto N° 883 y los valores estipulados en la norma mexicana (CONAGUA, 2016) para la descarga cuando se establece la protección de la vida acuática.

Tabla 4
Límites de descargas a cuerpos de agua

PARÁMETROS	DESCARGA A RÍOS (CONAGUA)		DESCARGA A CUERPOS DE AGUA (DECRETO 883)
	Promedio diario	Promedio mensual	
DBO_{5,20} (mg/l)	30	60	60
Sólidos Sedimentables (mg/l)	1	2	1
Sólidos Suspendidos (mg/l)	40	60	80
Nitrógeno Total (mg/l)	15	25	40
Fósforo Total (mg/l)	5	10	10

Nota. Fuente: Basado en CONAGUA (2016) y Decreto N° 883

En el presente trabajo de investigación, el sistema a diagnosticar será el tratamiento biológico de lodos activados y por ello se hará una descripción de este tipo de sistema, incluyendo su evolución en el tiempo, ya que se trata de una planta diseñada en los años 60.

II.4 SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

II.4.1 Breve reseña historia del sistema de lodos activados

Los antecedentes del proceso datan desde los inicios del año 1880, en Inglaterra. El Dr. Angus Smith, investigó la aireación de las aguas servidas en tanques y descubrió

que el mismo, acelera el proceso de oxidación de la materia orgánica. En 1910, Black y Phelps, reportaron una considerable reducción en el contenido bacteriano al introducir aire en las aguas servidas. Seguidamente, experimentos realizados con aguas residuales aireadas conducidos por “Lawrence Experiment Station” en los años 1912-1913 encontraron que el crecimiento de microorganismos incrementaban el grado de purificación en las aguas, siendo determinado por Clark y Adams en 1914 (Metcalf & Eddy, 2014).

Los resultados obtenidos del trabajo realizado en “Lawrence Experiment Station” fueron tan impactantes que profesores de la Universidad de Manchester (Inglaterra), recomendaron que experimentos similares debían ser realizados en el Alcantarillado de Manchester, donde Ardern y Lockett encontraron el importante rol que desempeñaba el lodo en los resultados obtenidos por aireación. El proceso fue denominado “Lodos Activados” debido a que involucraba la producción de una masa activa de microorganismos capaces de estabilizar la materia orgánica de aguas servidas por medio aerobio (Metcalf & Eddy, 2014).

Según Ramalho (1983), el diseño de este sistema se llevó a cabo de una forma empírica. Solo al comienzo de los años sesenta se desarrolla una solución más racional para el proceso del sistema de lodos activados.

El tiempo de retención hidráulico del reactor fue uno de los primeros parámetros de diseño. Por lo general se empleaban cortos tiempos de retención para cargas orgánicas bajas y altos tiempos de retención para cargas orgánicas altas. Luego de ello, surgieron criterios relacionados con la carga orgánica y los microorganismos del sistema, llegando a la relación conocida como alimento/microorganismos (A/M) (CONAGUA, 2016).

Actualmente, el proceso de lodos activados consiste en tres (3) componentes básicos:

- 1- Un reactor en el cual los microorganismos son responsables y son mantenidos en suspensión y aireados.
- 2- Una unidad de separación líquido – sólidos, usualmente, un tanque de sedimentación secundario.
- 3- Un sistema de recirculación para el retorno de los sólidos removidos en la unidad de separación líquido- sólido de vuelta al reactor (Metcalf & Eddy, 2014).

Al pasar los años, distintos criterios han cobrado importancia a ser considerados en este tipo de sistemas para el control del proceso con la finalidad de mantener elevado el rendimiento del sistema. Los factores principales que intervienen en el proceso son el tiempo de retención celular, los sólidos suspendidos del licor mezclado, eficiencia de remoción de DBO y recirculación del lodo. Adicionalmente, el uso de la tasa de utilización de oxígeno ha ganado reconocimiento como medio para el seguimiento y control del proceso (Metcalf & Eddy, 1995).

Por su parte, la remoción de nutrientes también ha variado con el paso del tiempo, inicialmente, solo se consideraba disminuir la carga orgánica, pero estudios posteriores han demostrado que la eficiencia de remoción de nitrógeno y fósforo ha cobrado importancia.

De acuerdo a Metcalf & Eddy (2014), los procesos biológicos son esenciales para remover sustancias orgánicas, solubles, coloidales y partículas suspendidas, así como, en los procesos de nitrificación, desnitrificación, y remoción de fósforo biológico.

II.4.2 Características del sistema de lodos activados

El examen microscópico del lodo que se forma en este tipo de sistema revela que está constituido por una población heterogénea de microorganismos, que cambian continuamente en función de las variaciones de la composición de las aguas residuales y de las condiciones ambientales. Los microorganismos presentes son bacterias unicelulares, hongos, algas, protozoos y rotíferos. De estos, las bacterias son probablemente las más importantes, encontrándose en todos los sitios de procesos de tratamiento biológico (Ramalho, 1983).

Las bacterias constituyen el grupo más importante por su función en la estabilización del material orgánico y en la formación de floc de lodo activado. En este proceso, son relevantes bacterias como la Zooglea Ramígera considerada por algunos autores como el organismo principal en la formación del lodo o biomasa, por su gran habilidad para

formar floc biológico; también existen bacterias nitrificantes, tales como: Nitrosomonas y Nitrobacter. De igual forma, los protozoarios son los organismos más abundantes en este sistema. Algunos son completa o parcialmente saprófitos y compiten con las bacterias por el material orgánico. Posiblemente, los más comunes sean los protozoarios flagelados; además, se han encontrado amebas en las paredes de los tanques de aireación. Su papel principal es que se alimentan de aquellas bacterias que no floculan y están dispersas en el agua, lo que contribuye a su clarificación. (Romero, 1999).

La presencia o no de los microorganismos va a depender de distintos factores, tales como la naturaleza del suministro alimenticio, concentración del alimento, turbulencia, temperatura, tiempo de aireación y concentración de lodos

En este medio, las aguas residuales crudas fluyen en el tanque de aireación con su contenido de materia orgánica (DBO) como suministro alimenticio. Las bacterias presentes, metabolizan los residuos produciendo nuevas bacterias, empleando oxígeno disuelto (incorporado al sistema, generalmente, por medio de burbujas de aire que se crean debido a un aire comprimido generado por un difusor) y liberando dióxido de carbono. Los protozoarios consumen bacterias para obtener energía y así poder reproducirse, produciendo un efluente más clarificado. Parte del crecimiento bacterial muere, liberando su contenido celular en la solución para una nueva síntesis en células microbianas. La mezcla líquida, aguas residuales con floc biológico en suspensión,

cuantificado en términos de Sólidos Suspendidos Volátiles en el Licor Mezclado – SSVLM, es separada mediante un sedimentador (Romero, 1999).

Los lodos sedimentados que contienen microorganismos en diversas etapas de crecimiento, dependiendo de la modalidad, se regresan al reactor para incrementar la biomasa disponible y acelerar las reacciones metabólicas. De esta manera, el tratamiento de lodos activados es un proceso de cultivo suspendido con recirculación de lodos y puede ser un tratamiento completamente mezclado o de flujo pistón, el cual, dependerá del tipo de requerimiento solicitado (Valdez & Vázquez, 2003).

II.4.3 Tipos de procesos de lodos activados

Con el transcurrir de los años, el proceso biológico de lodos activados ha variado y se ha pretendido mejorar la eficiencia en cuanto a la eliminación de materia orgánica, reducir el espacio necesario para la instalación, eliminación de nutrientes como nitrógeno y fósforo. La elección del mismo, es decir, de la modalidad a utilizar, se ve directamente relacionada con la calidad del agua, caudal, relación Alimento o Sustrato/ Microorganismos - A/M, $DBO_{5,20}$ y aireación a emplear.

A efectos de este trabajo, se describirá con detalle algunos de estas modalidades:

- ***Aireación prolongada o extendida***

De acuerdo a lo establecido por Romero (1999), el sistema fue ideado por Mc Kinney en 1957. Dicho proceso opera a través de rectores de mezcla completa, con

tendencia a flujo pistón, y consiste en duplicar el régimen hidráulico de un reactor agitado mecánicamente, o aireado por difusión, con la finalidad de disminuir los desequilibrios biológicos causados por amplias variaciones horarias en la carga orgánica o hidráulica. Además, requiere de los organismos en la fase endógena de crecimiento y por ello, la relación A/M debe ser baja y SSVLM altos, con largos tiempo de retención hidráulico y celular. No se requiere el tratamiento de lodos debido a que el mismo se encuentra digerido.

Usualmente, no se instala un sedimentador primario para no disponer de un digestor en el manejo de lodos. Aunque si los sólidos suspendidos (SST) exceden de 200 mg/l se recomienda colocar un sedimentador primario con carga superficial menor de 40 m³/m²-d (Romero, 1999).

En la Figura 1 se presenta el esquema de esta modalidad.

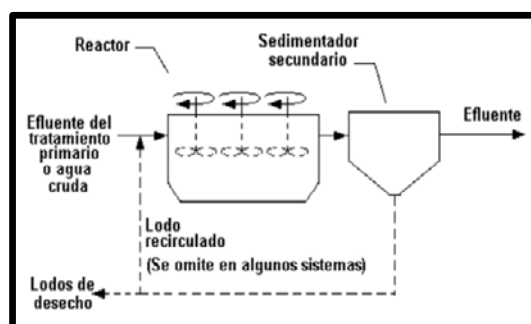


Figura 1 Sistema de Reactor con Aireación Extendida
Nota. Fuente: Valdez & Vázquez (2003)

- **Convencional**

En esta modalidad, el suministro de aire es gradual a lo largo del reactor, con la finalidad de proveer máxima aireación en la entrada. La relación A/M es relativamente

alta en la entrada del tanque disminuyéndose en su recorrido. Se genera una fase endógena hacia el final de tanque (Romero, 1999).

En esta modalidad, el lodo generalmente no se encuentra estabilizado. Por esta razón, es necesario un manejo de lodos y no se suele prescindir del sedimentador primario, ya que el lodo deberá ser sometido a una digestión para su estabilización.

En la Figura 2 se presenta el esquema de esta modalidad.

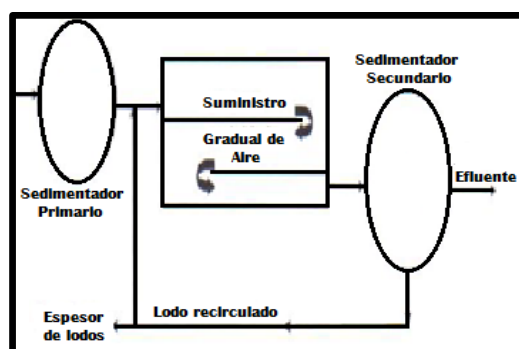


Figura 2 Sistema de Reactor Convencional con Aireación Gradual
Nota. Fuente: Romero (1999).

- **Alta tasa:**

Esta modalidad emplea una carga volumétrica alta, SSVLM elevados y tiempo de retención hidráulico corto, con una edad del lodo reducida y A/M alta. Aunque se disminuyen costos porque las unidades de aireación son más pequeñas, se requiere mayor energía por los requerimientos de aireación y recirculación de lodos (CONAGUA, 2016).

En la Figura 3 se esquematiza el sistema de alta tasa, donde se representa un reactor biológico mucho menor que en los casos anteriores.

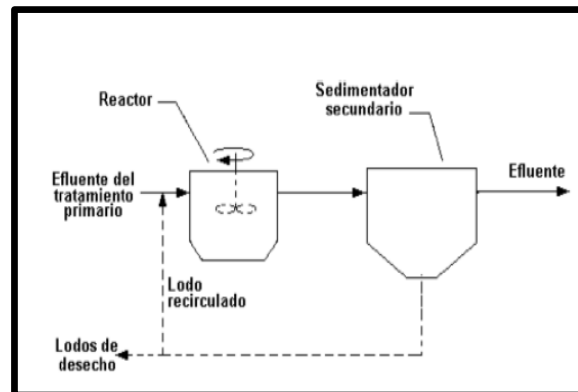


Figura 3 Sistema de Reactor de Alta Tasa
Nota. Fuente: Valdez & Vázquez (2003)

A continuación, en la figura 4, se muestra un resumen de lo mencionado anteriormente, en términos de la relación del crecimiento de la masa con el tiempo y el tipo de modalidad.

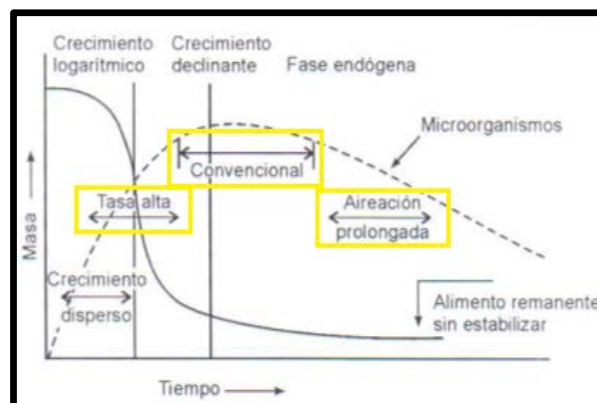


Figura 4 Curva de crecimiento ideal para un Sistema de Lodos Activados
Nota. Fuente: Romero (1999)

II.4.4 Tipos de aireación

Romero (1999) indica que el suministro adecuado de aire es necesario para mantener un contacto íntimo entre el residuo y el lodo activado, de manera tal, que el proceso funcione; también, para que los sólidos permanezcan en suspensión y no permitir su asentamiento dentro del tanque de aireación.

El sistema de aireación se encuentra clasificado por la forma en que se introduce el aire al reactor, se consiguen los que aspiran aire (mecánicos) y los que suministran aire a presión (difusión) (Valdez & Vázquez, 2003).

- ***Aireación por difusión:***

La aireación es producida en el licor mediante aire que pasa a través de un difusor, es decir, el aire comprimido es conducido a través de las partes porosas del sistema de difusión, formándose burbujas de aire que transfieren el oxígeno y producen la turbulencia requerida en el reactor (Romero, 1999; Valdez & Vázquez, 2003).

Existe una amplia gama de equipos de este tipo, los cuales pueden producir burbujas finas (de aproximadamente 2.0 a 2.5 mm de diámetro) y burbujas grandes (superior a 25 mm de diámetro), sabiendo que estos últimos son los menos eficientes debido al menor volumen de aire producido por área superficial. (Valdez & Vázquez, 2003).

En la Figura 5 se muestra un sistema de difusión antiguo. Con el paso del tiempo han surgido sistemas con mayor efectividad en cuanto a la transferencia de oxígeno necesario para los microorganismos en donde las burbujas se desplazan lentamente desde el difusor situado en la base del reactor hacia la superficie del mismo, ver Figura 6.

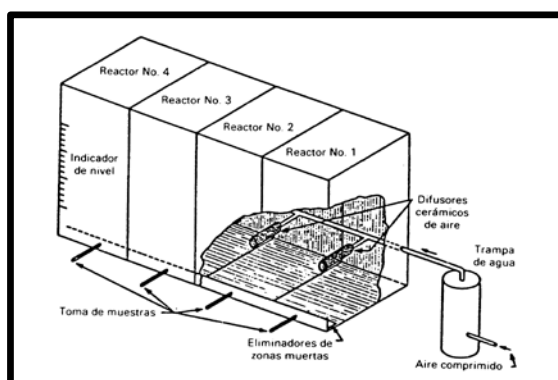


Figura 5 Sistema de difusión cerámico de aire empleado para un reactor discontinuo.
Nota. Recuperado de: Ramalho (1983).



Figura 6 Difusores de burbujas finas.
Nota. Recuperado de: QUIMINET.COM (2013).

Si bien existen otros tipos de aireación como la mecánica, la utilizada en la planta de tratamiento Los Castores es por aire difuso, como se verá posteriormente, por ello se describe en este capítulo del marco teórico.

II.4.5 Parámetros de diseño para un proceso de lodos activados.

- ***Tiempo de retención hidráulico (θh)***

Es definido como el tiempo que permanece el agua en el tanque de aireación, el mismo, establece el tiempo que las bacterias están en contacto con el alimento o sustrato presente en las aguas crudas, con la finalidad de estabilizar la materia orgánica (CONAGUA, 2016).

Se expresa:

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

Donde:

θ = tiempo de retención hidráulico o tiempo de aireación, h.

V = volumen del tanque de aireación, m³.

Q = caudal de aguas residuales, sin incluir el caudal de recirculación., m³/h.

Si el tiempo de retención es corto, no toda la materia orgánica sería removida y el efluente tendría valores de DBO altos y si el tiempo de retención es alto, existirían problemas de sedimentación (CONAGUA, 2016). En términos del tipo de modalidades, el tiempo de retención hidráulico es menor para sistemas de alta tasa y mayor para la aireación extendida.

- ***Carga orgánica volumétrica (COV)***

Expresada normalmente en gramos de DBO aplicada por metro cúbico de volumen de licor en el tanque de aireación. Para su determinación es necesario calcular primero la carga orgánica, que es la cantidad de materia orgánica, generalmente medida como DBO, aplicada a un proceso de tratamiento dado. Es decir, producto de la concentración

de DBO por el caudal medio determinado en el sitio y se expresa en kilogramos por día (Romero, 1999).

$$CO = SoQ$$

Donde:

CO= Carga Orgánica, kg/d.

So= DBO afluente, mg/l.

Q= Caudal de aguas residuales, no incluye caudal de recirculación, l/d.

Una vez determinada la carga orgánica, se puede calcular la carga orgánica volumétrica a partir de la siguiente expresión:

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

Donde:

COV= Carga Orgánica Volumétrica, kg DBO/m³-d.

CO= Carga Orgánica, kg/d.

V= Volumen del tanque de aireación, m³.

El incremento de caudal afluente o la disminución en tiempo de aireación genera un aumento en la COV. En términos del tipo de modalidades, la carga orgánica volumétrica es mayor para sistemas de alta tasa y menor para la aireación extendida, encontrándose el tipo convencional en un valor intermedio entre las dos anteriores.

- ***Relación alimento/microorganismos (A/M)***

Hace referencia a la carga orgánica en el sistema con respecto a la cantidad de sólidos biológicos que hay en el reactor (Molgora, 2014).

$$\frac{A}{M} = \frac{Q * So}{V * X}$$

Donde:

A/M= relación alimento/ microorganismos, g DBO de SSVLM, d-1.

Q= caudal de aguas residuales crudas, m³/d.

So= DBO afluente, mg/l.

V= Volumen del tanque de aireación, m³.

X=concentración de SSV en el tanque de aireación, mg/l.

Si la relación A/M es muy alta sería necesario disminuir la purga de lodos y aumentar la recirculación para que entren más microorganismos al sistema, en cambio, si la relación A/M es baja se deberá aumentar la purga de lodos para que disminuya la recirculación y así entren menos microorganismos al sistema (CONAGUA, 2016).

En términos del tipo de modalidades, la relación A/M es mayor para sistemas de alta tasa y menor para la aireación extendida, encontrándose el tipo convencional en un valor intermedio entre las dos anteriores.

- ***Tiempo de retención celular (θ_c):***

También conocido como edad de lodos, es una medida del tiempo en la cual los microorganismos permanecen en el sistema de tratamiento (CONAGUA, 2016).

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_r}$$

Donde:

θ_c = tiempo de retención celular o edad de lodos, d.

V = volumen del tanque de aireación, m³.

X=concentración de SSV en el tanque de aireación, mg/l.

Q_w= caudal del lodo dispuesto, m³/d.

X_r= concentración de SSV en el lodo dispuesto, mg/l.

La experiencia hace referencia que un valor adecuado del tiempo de retención celular, da como resultado un efluente de alta calidad con excelentes características de sedimentación y se considera estable (Romero, 1999).

En términos del tipo de modalidades, el tiempo de retención celular es menor para sistemas de alta tasa y mayor para la aireación extendida, encontrándose el tipo convencional en un valor intermedio entre las dos anteriores.

Tal como se mencionó al inicio del TEG, a medida que ha transcurrido el tiempo, se han realizado modificaciones en el sistema de lodos activados, producto de la experiencia e investigaciones que se han hecho al respecto.

A continuación, se presenta la evolución de los criterios considerados por diferentes autores para establecer los parámetros del manejo de lodos activados.

Tabla 5
Parámetros establecidos para el año 1967 y 1978

Proceso	Año 1967 Rivas Mijares			Año 1978 Rivas Mijares		
	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida
θ (h)	2,0-4,0	6,0-10,0	24 o más	2,0-4,0	6,0-10,0	24 o más
COV (kg DBO/m³-d)	-	-	-	-	-	-
A/M (g DDBO/g SSVLM-d)	1,5-2	0,2-0,8	<0,1	1,5-2	0,2-0,8	<0,1
X (mg/l)	-	-	-	-	-	-
θ_c (h)	-	-	-	-	-	-
Eficiencia remoción DBO %	-	90%	-	-	-	-

Nota. Fuente: Basado en Mijares (1967) y Mijares (1978).

Tabla 6
Parámetros establecidos para el año 1985 y 1995

Proceso	Año 1985 Metcalf & Eddy			Año 1995 Metcalf & Eddy		
	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida
θ (h)	0,5 - 2	4 – 8	18 – 36	2 – 4	4 - 8	18 - 36
COV (kg DBO/m³-d)	1,6-1,6	0,3 - 0,6	0,1-0,4	1,6 - 1,6	0,32 - 0,64	0,16 - 0,4
A/M (g DDBO/ g SSVLM-d)	0,4-1,5	0,2-0,4	0,05-0,15	0,4 - 1,5	0,2 - 0,4	0,05 - 0,15
X (mg/l)	4.000-10.000	1.500-3.000	3.000-6.000	4.000 - 10.000	1500 - 3000	3000 - 6000
θ_c (D)	5 - 10	5 – 15	20 – 30	5 – 10	5 - 15	20 - 30
%R	100 - 500	25 – 50	75 – 150	100 – 500	25 - 75	50 - 150
Eficiencia remoción DBO %	75 - 90	85 – 95	75 – 95	75 – 90	85 - 95	75 - 95

Nota. Fuente: Basado en Metcalf & Eddy (1985) y Metcalf & Eddy (1995).

Tabla 7
Parámetros establecidos para el año 2003 y 2014

Proceso	Año 1967 Rivas Mijares			Año 2014 Metcalf & Eddy		
	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida
θ (h)	2,0-4,0	6,0-10,0	24 o más	1 – 2	4 – 8	20 - 30
COV (kg DBO/m³-d)	-	-	-	1,2 - 2,4	0,3-0,7	0,1 - 0,32
A/M (g DDBO/g SSVLM-d)	1,5-2	0,2-0,8	<0,1	1,5-2	0,2-0,4	0,04 -0,1
X (mg/l)	-	-	-	500 - 1.500	1.000-3.000	2.000- 4.000
θ_c (d)	-	-	-	0,5 – 2	3 – 15	20 - 40
%R	-	-	-	100 – 500	25 - 75	50 - 150
Eficiencia remoción DBO %	-	90	-	-	-	-

Nota. Fuente: Basado en Metcalf & Eddy (2003) y Metcalf & Eddy (2014).

Como se aprecia, el tiempo de retención hidráulico para el año 2014 respecto a los valores iniciales del año 1967 no presentó una variación significativa.

Inicialmente, la COV no se reportaba como un criterio de diseño del sistema de acuerdo a lo estipulado por Rivas Mijares (1967), su variación en el tiempo ha tenido un incremento muy bajo en la modalidad de alta tasa y convencional. En cuanto al tipo de aireación extendida, se redujo los intervalos establecidos por Metcalf & Eddy (2014).

La relación sustrato microorganismos también ha sido un valor cambiante con el tiempo. En la modalidad de alta tasa hubo cambios considerables, aunque actualmente se retomaron los mismos valores adoptados según Rivas Mijares para el año 1967. En cambio, ha ocurrido una disminución respecto a los criterios supuestos en la modalidad de convencional y aireación extendida.

Por su parte, el tiempo de retención celular tuvo una disminución drástica en los rangos considerados en la modalidad de alta tasa; el sistema de tipo convencional no demostró cambios importantes con el paso de los años y la modalidad del tipo aireación extendida obtuvo un incremento en límite máximo.

Respecto a la remoción de DBO, no ha sido un valor cambiante y actualmente no se reportan valores referenciales, posiblemente porque esta remoción es dependiente de muchos factores que condicionan el comportamiento del sistema, entre ellos las características del agua residual y las condiciones ambientales

II.5 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

En el sistema de lodos activados, se hace necesario la producción de un efluente suficientemente clarificado y concentrar los sólidos biológicos con el fin de minimizar la cantidad de lodos que se habrán de manejar, es por ello, que deben diseñarse como parte integral del sistema de lodos (Valdez & Vázquez, 2003).

II.5.1 Parámetros de diseño para un sedimentador secundario

El sedimentador está dividido en cuatro zonas: sedimentación, entrada, salida y lodos. En cada una de estas zonas es indispensable la tasa de desbordamiento superficial, el tiempo de retención y la carga sobre el vertedero.

- ***Tasa de desbordamiento superficial (TDS)***

$$TDS = \frac{Q}{As}$$

Donde:

TDS= Tasa de desbordamiento superficial, m³/m²-d.

Q= caudal d agua residual, m³/d.

As=Área superficial, m².

- ***Carga de sólidos***

$$Carga\ de\ sólidos = \frac{(Q + Qr)MLSS}{As}$$

Donde:

Carga de sólidos= kg SST/m²-h.

MLSS= concentración de los SST que entran al sedimentador.

Q= caudal d agua residual, m³/h.

Qr= caudal de recirculación, m³/h.

As=Área superficial, m².

Seguidamente, se muestra la evolución de los criterios considerados por diferentes autores para establecer los parámetros del sedimentador secundario.

Tabla 8

Parámetros establecidos para el sedimentador secundario para 1999 y 2014

Proceso	Año 1999 Romero Jairo			Año 2014 Metcalf & Eddy		
	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida	Alta Tasa	Convencional	Aireación Extendida
θ h	< 6	< 6	< 6	-	-	-
TDS ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-d}$) Q _{med}	16 - 32	16 - 32	8 - 16	16 - 28	16 - 28	8 - 16
TDS ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-d}$) Q _{max}	40 - 50	40 - 50	40 - 50	36 - 56	36 - 56	24 - 32
Carga de sólidos (kg SST/ $\text{m}^2\text{-d}$)	100 - 150	100 - 150	100 - 150	96 - 144	96 - 144	24 - 120

Nota. Fuente: Basado en Romero (1999) y Metcalf & Eddy (2014).

El tiempo de retención hidráulico para 1999 se reportaba como un criterio de diseño, actualmente, ha variado y no se reporta de acuerdo a lo establecido por Metcalf & Eddy (2014).

La tasa de desbordamiento superficial (TDS) para Q_{med} y Q_{máx} ha tenido una variación muy baja en las distintas modalidades, a excepción de aireación extendida para Q_{máx} donde su reducción ha sido considerable, posiblemente por los requerimientos más restrictivos en la calidad del agua tratada, que implica una mayor exigencia en la sedimentación.

Por su parte, la carga de sólidos se redujo entre 4 y 6 kg SST/ $\text{m}^2\text{-d}$ en la modalidad de alta tasa y convencional. A diferencia de ello, hubo un incremento en el intervalo empleado para el tipo de aireación extendida.

II.6 DIGESTORES

El manejo y disposición de lodos es fundamental para un sistema de tratamiento de aguas residuales. En los sedimentadores se producen grandes cantidades de lodos con alto contenido de agua; su deshidratación y disposición deben ser atendidas (Romero, 1999). En este capítulo se presentarán aspectos de la digestión aerobia, ya que sería la opción, si fuese necesario disponer de un sistema de digestión de lodos.

II.6.1 Digestores aerobios

Es un proceso realizado por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular, es decir, que se lleva a cabo con la finalidad de producir un compuesto final más estable y eliminar cualquier microorganismo patógeno presente en el lodo (Romero, 1999). Dependiendo de la modalidad del sistema de lodos activados (alta tasa, convencional), será necesario implementar un digestor para estabilizar el lodo antes de su descarga en los lechos de secado.

El volumen del digestor se obtiene a partir de:

$$Volumen = \frac{Q_{lodo}}{\theta}$$

Donde:

Q lodo= caudal de lodo producido en el reactor, l/d.

θ = tiempo de retención hidráulico para lodo sin tratamiento primario, d.

II.7 SECADO DE LODOS

Los lodos están conformados por solo de 1 al 6% de sólidos, por lo que es importante, el proceso de secado de antes de su disposición para reducir drásticamente su volumen (reduciéndolo hasta un 90%) y hacer que su manejo sea más sencillo. En general, el objetivo del secado de lodos es reducir la humedad para disminuir el volumen del lodo. En cuanto a la selección de los equipos de deshidratación, los mismos, están determinados por los tipos de lodos, las características del lodo producido después del secado y del espacio disponible. Los lechos de secado y/o lagunas, se usan en plantas pequeñas donde la disponibilidad de terreno no es un problema (CONAGUA, 2016).

II.7.1 Lechos de secado

Los lechos de secado de arena constituyen el método más antiguo para reducir el contenido de humedad de los lodos de forma natural, siendo considerado un método empírico, el cual, se ve influenciado por el clima, características del lodo, valor del terreno y el pretratamiento de los lodos. Para su disposición es necesario que el lodo este estabilizado.

Los valores característicos para una estimación del espacio requerido para los lechos de secado se encuentran comprendidos entre 0,1 y 0,25 m²/habitante (Romero, 1999).

El área necesaria para disponer el lodo por persona viene dada a través de:

$$A_{per\ cápita} = \frac{A}{Población}$$

Donde:

$A_{per\ cápita}$ = área requerida por habitante, m²/hab.

A = Área disponible.

II.8 CÁMARA DE CONTACTO

Es una estructura hidráulica donde el agua residual se pone en contacto con el agente desinfectante, generalmente cloro, para inactivar cualquier organismo patógeno antes de su descarga al cuerpo de agua receptor. El periodo de contacto en el tanque debe ser tal, que permita la acción del cloro sobre las bacterias. Para gasto medio de aguas residuales, el tiempo de retención no debe ser menor a 30 minutos y para gasto máximo 15 minutos (Romero, 1999).

El tiempo de contacto vendrá dado por:

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

Donde:

θ = tiempo de contacto, min.

V = volumen del tanque de contacto, m³.

Q = caudal de aguas residuales, m³/min.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se refiere a una investigación aplicada de carácter explicativo, el cual, consta de recolección de datos, análisis de las observaciones, comunicación de los resultados y evaluación de los posibles problemas presentes con la finalidad de alcanzar cada uno de los objetivos específicos formulados.

Para ello, se estructuraron tres (3) fases para realizar el Trabajo de Grado, cada una relacionada con los objetivos específicos, relacionados con el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR, de la urbanización Los Castores del estado Miranda.

III.2 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

III.2.1 Recopilación de la información

Proceso que consistió en recolectar los datos necesarios para llevar a cabo el Trabajo de Grado a través de información ya existente como lo es la memoria descriptiva del proyecto, planos de la PTAR, informes sobre algunas características del agua efluente de la planta, inspección ocular en campo, entrevistas realizadas a trabajadores de la urbanización y miembros de la Cooperativa, entre otros. Dicha fase comprendió una serie de tareas como se mencionan a continuación:

- Adquisición de la memoria descriptiva del proyecto referente a la primera etapa dada la falta de información documental. Es importante destacar, que esta memoria corresponde al año 1963 y no presenta toda la información del proyecto, solo se contempla la descripción de la planta y los cálculos de la primera etapa de las unidades de tratamiento.
- Ubicación de los planos existentes en la Cooperativa Los Castores sobre la PTAR. Esta fuente de información también es incompleta, debido a que solo existe el plano general de planta de arquitectura, secciones transversales del reactor, sedimentador, tanque de cloración y lechos de secado, además de algunos detalles estructurales; y no se encuentra estipulada la fecha de elaboración. (Ver Anexo A).
- Identificación de los parámetros de diseño a partir de la memoria descriptiva encontrada. En la sección de la memoria que corresponde a “Cálculos de las unidades de tratamiento”, se encuentran solo algunos de estos parámetros: COV, tiempo de retención hidráulico del sedimentador y la TDS para caudal medio. En cuanto a los lechos de secado se establece el área requerida por habitante, además, se incluye el tiempo de retención necesario para la cámara de contacto.
- Observaciones y mediciones en campo de las unidades de tratamiento, en donde se revisó las dimensiones del sistema, así como una inspección general del estado de la PTAR. Esta actividad fue realizada en el mes de mayo del presente año, y básicamente

consistió en ver el estado actual de la planta, así como verificar algunas dimensiones de las unidades de tratamiento con las registradas en los planos. (Ver Anexo B)

Esta actividad también tuvo sus limitaciones, debido a que la mayoría de las unidades de tratamiento se encontraban llenas de agua y no fue posible su vaciado.

- Definición de las condiciones actuales de cantidad y calidad de las aguas residuales. Para esta tarea fue necesario tener información teórica, no solo de las diferentes edificaciones que conforman el urbanismo, sino también caudales de los pozos, entre otros.

Es importante resaltar, que en éste último punto mencionado se encontró limitante en relación a la falta de personal de apoyo para realizar las mediciones de DBO y caudal afluente que ingresa al sistema de tratamiento de aguas residuales; razón por la cual se optó por profundizar la estimación del caudal de agua potable. Para ello se consideraron dos (2) escenarios:

1.- Agua proporcionada por los pozos existentes en la localidad, con base en la información obtenida por el Ing. Luis Carlos Silva, residente de la comunidad y miembro de la Cooperativa

2.- Demanda de agua por estimación de la dotación de agua potable basada en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 4.044 (1988), en función del levantamiento de la información de las diferentes edificaciones que conforman el urbanismo.

Esta información fue sustentada por el ingeniero Luis Carlos Silvas, así como del Trabajo de Grado referente al “Diagnóstico y Propuesta de Rehabilitación del Sistema de Abastecimiento de La Urbanización Los Castores del Estado Miranda”, lo cual resultó de gran apoyo para conocer la dotación que emplea el urbanismo en la actualidad.

III.2.2 Análisis de las condiciones actuales de la PTAR.

Esta fase comprendió la revisión del diseño de la PTAR basada en la información obtenida de la documentación existente y levantamiento de información en sitio con la finalidad de conocer las dimensiones del sistema de tratamiento, además del estudio de bases teóricas referente al manejo de lodos activados, tales como:

- Estimación de población residencial y equivalente en la urbanización para cuantificar la dotación de agua (l/persona-d).
- Estimación de la $DBO_{5,20}$ sustentada en las características de aguas residuales municipales que han sido determinadas por la Planta Experimental de Tratamiento de

Aguas de la Universidad Central de Venezuela – PETA-UC, en varias ciudades de Venezuela.

- Cálculos, estimaciones y suposiciones de los parámetros del reactor para las condiciones actuales: tiempo de retención, relación F/M, carga orgánica volumétrica, estimación del caudal de lodo dispuesto, tiempo de retención celular, remoción de $\text{DBO}_{5,20}$ y requerimientos de oxígeno.
- Cálculos de los parámetros del sedimentador secundario para las condiciones actuales: tiempo de retención hidráulico, tasa de desbordamiento superficial para caudal medio y caudal máximo.
- Comparación de la situación actual con el diseño original.

Es importante destacar, que en esta fase se consideraron varias opciones enmarcadas dentro de los dos (2) escenarios considerados, es decir, que los planteamientos para realizar los cálculos se basaron en las condiciones y criterios presentados en el diseño original, pero también en los actuales, no sólo en términos de caudales, sino también de criterios actualizados relacionados al diseño de sistemas de lodos activados debido a que el proyecto de la planta de tratamiento data del año 1963.

Finalmente, en esta etapa del trabajo se procedió al desarrollo de hojas dinámicas (en Excell) con el propósito de agilizar los cálculos y disponer de una herramienta que permita considerar otras opciones, si fuese el caso, sobre todo a futuro, cuando quizás puedan hacerse mediciones en campo.

III.2.3 Presentación de las desviaciones existentes

En esta etapa se comparó el comportamiento del sistema ante las distintas opciones planteadas, así como también, la modalidad en que trabajarán según los requerimientos para cumplir con los parámetros establecidos y determinar su funcionamiento.

Aun cuando no era objetivo del trabajo, pero con miras a obtener un producto más consolidado, se procedió finalmente a estructurar propuestas ante las diferentes opciones analizadas, con el fin que una vez se puedan precisar algunas de las consideraciones y criterios utilizados, se pueda rehabilitar la planta de tratamiento y ponerla operativa.

CAPÍTULO IV: GENERALIDADES DE LA URBANIZACIÓN LOS CASTORES

IV.1 DESCRIPCIÓN DE LA URBANIZACIÓN

La Urbanización Los Castores se encuentra ubicada en la Parroquia San Antonio de los Altos, Municipio Los Salías del Estado Miranda, Venezuela. En la Figura 7, se muestra una vista aérea.

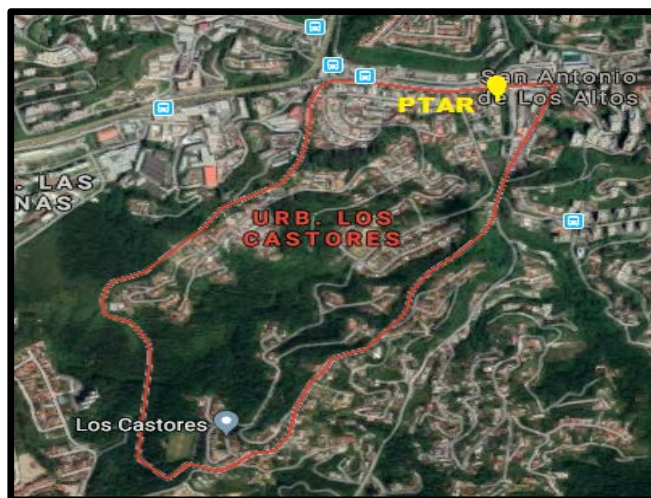


Figura 7 Vista aérea de la urbanización Los Castores.
Nota. Recuperado de: Google Maps, 2019.

En 1.959 La Cooperativa compró un terreno de 106 hectáreas con la finalidad de llevar a cabo el desarrollo de la Urbanización "Los Castores". Inicialmente, la primera etapa de construcción comprendía un conjunto de 100 viviendas de seis (6) habitaciones, las que estarían dotadas de todos los servicios públicos: luz, teléfono, cloacas y drenajes pluviales.

Con el pasar del tiempo las exigencias variaron y el proyecto fue ampliado. Actualmente, cuenta con un conjunto residencial de 102 apartamentos incluyendo dos (2) conserjerías, 579 parcelas (con terrenos que varían entre 200 y 800 m²) y se incluyen áreas comerciales, educativas, de oficinas, áreas deportivas y recreativas para el libre esparcimiento.

IV.2 FUENTE DE ABASTECIMIENTO:

Los Castores recibe suministro de agua por fuente propia, es decir, gracias a la presencia de pozos ubicados en la misma urbanización.

La fuente de abastecimiento se encuentra conformada por (8) ocho pozos, dispuestos en las cercanías de la quebrada. El nombre de cada uno es referencial al sector donde se localizan. En la Figura 8 se presenta esta ubicación.

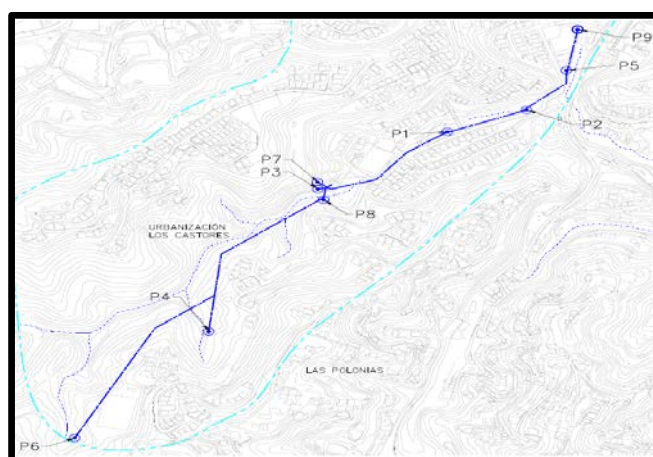


Figura 8 Plano de planta con la ubicación de las fuentes de abastecimiento

Nota. Fuente: Fernandez & Rangel (2018)

En cuanto al mantenimiento de los pozos ha sido deficiente y es por ello que en la actualidad varios se encuentran en estado inoperativo. En cuanto al pozo N° 3 (P3) fue afectado por un derrumbe y no se tiene previsto ningún proyecto para su recuperación, tal como lo ha señalado el Ing. Luis Carlos Silva.

A continuación, se muestra una tabla resumen del caudal extraído por pozo para su posterior distribución, donde se excluye el Pozo N° 3.

Tabla 9
Caudal extraído y estatus operativo de los pozos

Plaza Bolívar	Picoca	Salamánquez	Canchas Múltiples	Polideportivo	Pozo Nor-Este	Pozo Sur-Oeste	Softbol
P1	P2	P4	P5	P6	P7	P8	P9
1,6 l/s	2,20 l/s	0,70 l/s	2,90 l/s	2,30 l/s	3,30 l/s	3,40 l/s	3,00 l/s
Operativo	No operativo	No operativo	No operativo	Operativo	No operativo	Operativo	No operativo

Nota. Adaptada de Fernandez & Rangel (2018)

IV.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA “URBANIZACIÓN LOS CASTORES”

De acuerdo a lo establecido en la memoria descriptiva del proyecto, la disposición final de las aguas residuales corresponde a un tratamiento previo con el fin de reducir su carga polucional y contenido bacteriano antes de verterlas a la quebrada Manantial que pasa por la citada urbanización.

Los valores previstos en la memoria descriptiva del proyecto son: el contenido orgánico con una $DBO_{5,20} = 200 \text{ mg/l}$, aporte unitario de agua residual de 150 l/persona-d y tiempo de retención hidráulico para reactor y sedimentador de 24 y 4 horas respectivamente. La modalidad de tratamiento designado fue “aireación extendida” por sus resultados óptimos a nivel internacional. También vale destacar que las normas y criterios, aunque no se mencionan en la memoria, no corresponden a los utilizados en la actualidad.

El agua ingresaba inicialmente por un triturador, seguidamente, al pozo de bombeo, diseñado para dos cámaras de concreto armado, una de ellas denominada pozo húmedo, donde el agua residual se acumulaba allí hasta llegar a un nivel determinado, luego, las bombas eran puestas en funcionamiento, hasta que el líquido descendía a un nivel mínimo, donde eran detenidas. La otra cámara denominada pozo seco, establecido para la ubicación de las bombas, las cuales serían capaces de elevar las aguas servidas desde el pozo húmedo a la entrada del reactor.

El agua ingresada al reactor biológico de dimensiones (8,5 x 4 x 3) m, con una altura de agua de 2,6 m y capacidad de 90 m^3 , pasaría a un sedimentador de dimensiones de (4 x 2 x 2,4) m, con una altura de agua de 1,9 m y capacidad de 15 m^3 considerando un tiempo de retención de 4 horas con la finalidad de obtener un efluente de buena calidad.

Adicionalmente, la memoria descriptiva del proyecto señala que los lodos sedimentables reingresarían al reactor de forma continua. Por su parte los sólidos biológicos activos, utilizarían oxígeno mientras estarían bajo la fase de respiración endógena, para oxidar la materia orgánica a CO_2 y agua, resultando así, un decrecimiento de la masa de lodos, aunque un 23% de los sólidos biológicos producidos son inertes a la oxidación biológica y por lo tanto se podrían acumular en el sistema.

El sistema de aireación fue diseñado por medio de difusores y el efluente se desinfectaría con hipoclorito de calcio al 2% para remover hasta un 99% su contenido bacteriano. Es importante destacar que con esta remoción, probablemente no se cumplan con las exigencias requeridas actualmente en el Decreto N° 883.

Por su parte, la cámara de contacto, fue diseñada para un gasto máximo diario, que tenía como mínimo 15 minutos de tiempo de retención, a fin de facilitar la acción del cloro sobre las bacterias patógenas. Las dimensiones fueron previstas de (4 x 2 x 1,4) m, con altura de agua de 0,7 m y capacidad de $5,6 \text{ m}^3$ para la 1ra y 2da etapa del proyecto y otra cámara de contacto de iguales dimensiones para la 3ra y 4ta etapa.

Adicionalmente, el lodo a secar llegaría a los lecho de secado, impulsado por las bombas de recirculación con la finalidad de distribuirse sobre los mismos. Para la 1ra y 2da etapa se consideró un área de 36 m^2 con dimensiones de 7,50 m de largo por 5 m de ancho aproximadamente, de igual forma para la 3ra y 4ta etapa.

A continuación, en la Tabla 10, están los parámetros y características de la unidad de tratamiento para la primera etapa de la urbanización, reportados en la memoria descriptiva. Cabe resaltar, que hubo un incremento en el número de etapas a medida que el urbanismo fue creciendo. Cada una de ellas bajo la misma estructura de la original, pero donde no se obtuvo información documental alguna.

Tabla 10

Diseño correspondiente a la memoria descriptiva de la PTAR

DATOS		
<i>Población</i>		
Número de viviendas	100	
Población	600	habitantes
<i>Aporte unitario de aguas residuales</i>		
Gasto medio de aguas servidas por habitante	150	l/persona-d
<i>Caudal agua residual</i>		
Nro. unidades	1	
Q AR/unidad	1,05	l/s
K	2,50	
Q máx/unidad	2,63	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO _{5,20}	200	mg/l
DBO total 1era Etapa	300	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Volumen	102	m ³
Capacidad	90	m ³
θ	23,8	h
COV	0,30	kg DBO/ m ³ -d
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	15	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed	0,47	m ³ /m ² -h
θ	4,0	h
CÁMARA DE CONTACTO		
θ Qmed	15,0	min
Capacidad 1 ^{ra} y 2 ^{da} etapa	4,7	m ³
LECHOS DE SECADO		
Área requerida por habitante	0,03	m ³ /hab
Área del lecho de secado 1 ^{ra} y 2 ^{da} etapa	36	m ²

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la construcción de la planta de tratamiento de aguas servidas se realizaron algunas modificaciones, reflejadas en los planos existentes de la urbanización y verificadas en campo, en cuanto a las dimensiones del reactor a $8 \times 4 \times 3,7$ m, con altura de agua de 3,45 m y capacidad de $110,4 \text{ m}^3$. Las dimensiones del sedimentador se modificaron a $4 \times 2 \times 3,7$ m, con altura de agua de 3,45 m y con capacidad de 28 m^3 . Con el paso del tiempo, el triturador fue cambiado por un sistema de desbaste con la finalidad de retener los sólidos suspendidos, verificado en la visita de campo de la respectiva PTAR.

Adicionalmente, las dimensiones de la cámara de contacto fueron modificadas a $(4 \times 2 \times 1,4) \text{ m}^3$ con una altura de agua de 0,7 m y capacidad de para la 1ra y 2da etapa del proyecto, con capacidad de $5,6 \text{ m}^3$, y otra de iguales dimensiones para la 3ra y 4ta etapa, las cuales fueron unidas posteriormente formando una sola cámara de contacto de capacidad igual a $11,2 \text{ m}^3$.

En lecho de secado, el área en la etapa de construcción aumentó a 150 m^2 para la 1ra y 2da etapa, de iguales dimensiones para la 3ra y 4ta etapa del proyecto, donde ninguna se evidencia en sitio, suponiendo que no se llevó a cabo.

CAPITULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS

V.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL

La urbanización Los Castores al tener una fuente propia de suministro de agua, dada la existencia de pozos en la localidad, el agua residual generada se ve sujeta a la producción y manejo de estos pozos, con la correspondiente dotación de agua por persona.

Como bien se ha mencionado en los capítulos anteriores, el proyecto de la planta de aguas residuales, en su fase inicial fue calculado para un aporte unitario de aguas servidas de 150 l/persona-d, que podría estimarse en una dotación cercana a los 200 l/persona-d, suponiendo un factor de reingreso de 0,8.

Es probable que el agua potable distribuida sea mucho mayor que este valor estimado, dado que las fuentes de agua, tal como se verá posteriormente, suministran una cantidad bastante mayor. Por esta razón, se ha considerado estimar el consumo posible de agua de la urbanización, utilizando varios criterios como la cantidad de pozos empleados; y analizar la influencia que podría tener la generación de agua residual en la PTAR.

Las opciones a considerar, con base en la dotación, que implica una generación del agua residual en el urbanismo son:

- Aporte de agua residual establecido en el diseño original de la PTAR.
- Aporte de agua residual considerando la demanda establecida en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 4.044 – Normas Sanitarias (1988).
- Aporte de agua residual considerando el suministro de agua funcionando cinco (5) pozos. Condición para el año 2017, donde se tiene una caracterización del efluente de la planta correspondiente a ese año.
- Aporte de agua residual considerando el suministro de agua funcionando tres (3) pozos. Condición actual del suministro de agua.
- Aporte de agua residual considerando el suministro de agua funcionando los ocho (8) pozos existentes. Condición máxima con todos los pozos en estado operativo, ya que el pozo N° 3 no será habilitado.
- Aporte de agua residual considerando una dotación típica de proyectos de agua en Venezuela (250 l/persona-d).

V.2 DISPONIBILIDAD DE ÁREA PARA UNA EVENTUAL AMPLIACIÓN

La urbanización Los Castores cuenta con aproximadamente 200 m² de área disponible a su alrededor para realizar modificaciones en el sistema si la opción a elegir así lo requiere. El área ubicada a la izquierda de la PTAR mostrado en la Figura 9, no es aprovechable debido a que la quebrada tiene tendencia a desbordarse, superando el margen previsto para su riesgo de falla.

A continuación, se muestran las dimensiones del área disponible para su ocupación.



Figura 9 Vista aérea del área disponible en la PTAR de Los Castores

V.3 DEMANDA DE AGUA POR LA GACETA N° 4.044 (1988)

Tal como se mencionó anteriormente, una de las opciones sujetas a análisis es la estimación del caudal de agua residual con base en el consumo para el sector residencial basada en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 4.044 (1988), el cual, se encuentra relacionada al tamaño de las parcelas, en viviendas unifamiliares, y al número de habitaciones en viviendas multifamiliares. En este sentido, la demanda de agua será el producto del número de parcelas por la dotación en cada de las viviendas unifamiliares y el número de viviendas por la dotación para el caso de las multifamiliares (Tablas 11 y 12).

$$\text{Dotación parcial} = N^{\circ} \text{ de parcelas} * \text{Dotación}$$

Tabla 11

Dotación viviendas unifamiliares de acuerdo a la Gaceta N° 4.044

Área de la parcela (m ²)			Dotación (litros/día)	Número de parcelas	Dotación parcial (litros/día)
201	≤ Área ≤	300	1.700	9	15.300
301	≤ Área ≤	400	1.900	236	448.400
401	≤ Área ≤	500	2.100	201	422.100
501	≤ Área ≤	600	2.200	87	191.400
601	≤ Área ≤	700	2.300	35	80.500
701	≤ Área ≤	800	2.400	8	19.200
Total Viviendas Unifamiliares				576	1.176.900

Nota. Adaptada de Fernandez & Rangel (2018).

$$\text{Dotación parcial} = N^{\circ} \text{ viviendas} * \text{Dotación}$$

Tabla 12

Dotación viviendas multifamiliares de acuerdo a la Gaceta N° 4.044

Número de dormitorios por vivienda	Dotación (litros/día)	Número de apartamentos	Dotación parcial (litros/día)
3	1.200	102	122.400

Nota. Adaptada de Fernandez & Rangel (2018).

El consumo pertinente al plantel educativo ubicado en la referida urbanización, se encuentra fundamentado en la normativa vigente y viene dado por:

$$\text{Dotación parcial} = \text{Dotación} * N^{\circ} \text{ alumnos o personal} * N^{\circ} \text{ de turnos}$$

Tabla 13

Dotación plantel educativo de acuerdo a la Gaceta N° 4.044

	Dotación (litros/alumno/día)	Cantidad	Número de turnos	Dotación parcial (litros/día)
Alumnado externo	40	98	1	3.920
Alumnado semi-interno	70	240	2	33.600
Alumnado interno o residente	200	0	2	0
Personal residente en el plantel	200	0	2	0
Personal no residente	50	31	1	1.550
Personal no residente	50	19	2	1.900
Total Plantel educativo (litros/día)				40.970

Nota. Adaptada de Fernandez & Rangel (2018)

Con relación al sector comercial, áreas de uso recreacional y deportivo para riego de jardines y áreas verdes, el consumo estipulado ha sido de 98.573 l/d (Ver Anexo C)

La demanda total de la urbanización Los Castores de acuerdo a su uso, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 14

Dotación total de la urbanización de acuerdo a la Gaceta N° 4.044

Uso	Unidad	Cantidad	Dotación (litros/día)	Ponderación (%)
Residencial Unifamiliar	Parcela	576	1.176.900,0	81,8
Residencial Multifamiliar	Apartamentos	102	122.400,0	8,5
Plantel Educativo	Varias	-	40.970,0	2,8
Centro comercial, oficinas, áreas verdes y recreativas	m ²	-	98.573,8	6,9
Demanda Total de la Urbanización (litros/día)			1.438.844	100

Nota. Adaptada de Fernandez & Rangel (2018)

Estableciendo una ocupación de cuatro (4) personas por vivienda se obtiene una población del sector residencial de 2724 habitantes. La población equivalente de este urbanismo se ha determinado con base en la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 \text{Población equivalente} &= \frac{Q_{AP \text{ no residencial}}}{\frac{\text{Demanda sector residencial}}{\text{Población Urbanización}}} \\
 \text{Población equivalente} &= \frac{(98574 + 40970) \frac{l}{d}}{\frac{1299300 \frac{l}{d}}{2724 \text{ habitantes}}} = 293 \text{ habitantes}
 \end{aligned}$$

Por otra parte, se evidencia que el gasto demandado teóricamente por persona de acuerdo a la Gaceta N° 4.044 de 447 l/persona-d, es satisfecho por todos los pozos en estado operativo, el cual, es capaz de proporcionar 556 l/persona-d. Inclusive es considerado un valor muy elevado a diferencia de los recomendados internacionalmente para consumo de agua potable por persona.

La población de la urbanización sufrió un crecimiento dada la incorporación de mayor número de viviendas, inclusión de instituciones educativas, áreas recreacionales, locales comerciales, entre otros. De igual forma, el agua suministrada a la población se ha incrementado como consecuencia de la inclusión de nuevos pozos y por tanto el caudal que ingresa a la PTAR, de aquí la importancia de revisar el diseño dada las mencionadas modificaciones.

V.4 OPCIONES CONSIDERADAS PARA FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR

Tal como se mencionó, estas opciones son función del aporte de agua residual por persona, o lo que es lo mismo al caudal de aguas residuales estimado que se podría generar en función de la demanda del agua potable, suponiendo las condiciones actuales del urbanismo.

- **OPCIÓN 1: Planta de tratamiento con los criterios del diseño**

Para desarrollar el planteamiento en esta primera opción, se tiene como base los datos suministrados por la memoria descriptiva del proyecto tales como: aporte unitario de agua residual en 150 l/persona-d, DBO_{5,20} de 200 mg/l y un factor K= 2,5 para el cálculo del caudal máximo horario.

Con estos criterios y considerando la situación actual del urbanismo Los Castores, se obtienen los principales parámetros que caracterizan la PTAR y que se muestran a continuación:

Tabla 15

Parámetros característicos de la planta de tratamiento con los criterios del diseño

DATOS		
	<i>Población</i>	
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
	<i>Aporte unitario de aguas residuales</i>	
Gasto medio de aguas servidas por habitante	150	l/persona-d
	<i>Caudal agua residual</i>	
Q _{med} AR	5,2	l/s
Nro. Unidades	4	
Q diseño/unidad	1,3	l/s

Tabla 15 Continuación

Parámetros característicos de la planta de tratamiento con los criterios del diseño

DATOS		
<i>Caudal agua residual</i>		
K	2,5	
Q _{máx} AR	13	l/s
Q máx./unidad	3,3	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO _{5,20}	200	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (20-30) ^a	23,6	h
CO	22	kg DBO/d
COV (0,1-0,32) ^a	0,2	kg DBO/m ³ -d
X	2000	mg/l
X _R	4000	mg/l
A/M (0,04-0,1) ^a	0,1	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (20-40) ^a	20	d
Q _w	2760	l/d
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Q _{med} (8-16) ^a	14	m ³ /m ² /d
TDS Q _{máx} (24-32) ^a	35	m ³ /m ² /d
θ	6	h
Requerimientos de oxígeno	85	kg O ₂ /d
CÁMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Q _{med} (≥ 30) ^b	36	min
θ Q _{máx} (≥ 15) ^b	14	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Lo primero a destacar, es que el aporte de agua residual considerado en la primera etapa del proyecto, suponiendo un factor de reingreso igual a 0,8 podría corresponder a una dotación de agua potable aproximada de 200 l/persona-d, muy inferior a la proporcionada por los pozos y a la establecida de acuerdo a la Gaceta N° 4.044.

Por ello, se evidencia, de acuerdo a lo mostrado por la tabla N°15, que si se disminuye la dotación de agua potable a la Urb. Los Castores, es decir, diferente a la producida por los pozos y la requerida por norma, es posible que la PTAR funcione en su modalidad de aireación extendida.

Por otro lado, la DBO efluente podría ser inferior al límite de descarga establecido en el Decreto N° 883 para descargas a cuerpos de agua, suponiendo una remoción del 75%, mínimo valor establecido en la mayoría de las referencias bibliográficas para el sistema de lodos activados en aireación extendida.

Adicionalmente, la cámara de contacto establecida en la PTAR podría presentar fallas en su comportamiento cuando se alcanza el $Q_{\text{máx}}$, razón por la cual se debe verificar la relación real del caudal máximo horario, respecto al caudal medio.

Es importante resaltar, que al considerar este aporte de agua residual (150 l/persona-d) que implica una dotación de 200 l/persona-d aproximadamente, es posible que la PTAR funcione en su versión original sin modificación alguna. También, sería importante verificar el factor K de 2,5, ya que este criterio utilizado en el proyecto difiere de la Norma actual Gaceta Oficial 5318- Proyecto Alcantarillados (1999), tal como se verá posteriormente.

- **OPCIÓN 2: Planta de tratamiento con la demanda teórica según normativa (Gaceta N° 4.044)**

De acuerdo a la dotación de agua potable demandada por la localidad y obtenida según la Gaceta N° 4.044, es necesario proporcionar 16,7 l/s a Los Castores para cubrir satisfactoriamente lo requerido por los habitantes y demás actividades. Considerando un factor de reingreso igual a 0,8, el gasto medio de aguas residuales obtenido es de 13,3 l/s. Dada la población total, se tiene un factor $K = 3,5$, calculada por la expresión de Harmon establecida en la Gaceta Oficial 5.318 – Proyecto de Alcantarillados, determinando el $Q_{\max}$ que puede ingresar al sistema igual a 46,5 l/s.

Debido a que la dotación es alta (477 l/persona-d), el agua residual se considera débil; es por ello que a partir de la referencia suministrada por la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Universidad Central de Venezuela – PETA-UCV se empleó una $DBO_{5,20}$ igual a 108 mg/l relacionada a las características de aguas residuales municipales de la urbanización Nueva Casarapa, Edo. Miranda.

Considerando una modalidad del tipo convencional, dado que con este caudal de aguas residuales y el volumen de los reactores biológicos obtenido, no es posible operar bajo la modalidad de aireación extendida, es por ello que se estableció una concentración de SSV en el reactor (X) igual a 1000 mg/l y una concentración de concentración de SSV en el lodo dispuesto (X_R) igual al doble de la biomasa asumida, es decir, 2000 mg/l. Aunado a ello, se partió de la premisa de un tiempo de retención celular (θ_c) igual a 3 días para obtener un caudal de lodo dispuesto más elevado.

Tabla 16

Parámetros característicos planta de tratamiento con la demanda teórica según normativa Gaceta N° 4.044

DATOS		
<i>Población</i>		
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
<i>Demanda</i>		
Demanda sector residencial	1299300	l/d
Demanda sector comercial	98574	l/d
Demanda sector educativo	40970	l/d
Demanda total	1438844	l/d
<i>Dotación</i>		
Dotación urbanismo	477	l/persona-d
<i>Caudal agua potable</i>		
Q AP residencial	15	l/s
Q AP no residencial	1,7	l/s
Q AP total	16,7	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmed AR	13,4	l/s
Nro. Unidades	4	
Q diseño/unidad	3,4	l/s
K	3,5	
Qmáx AR	46,8	l/s
Qmáx/unidad	11,7	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO _{5,20}	108	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (4-8) ^a	9	h
CO	32	kg DBO/d
COV (0,3-0,7) ^a	0,3	kg DBO/ m ³ -d
X	1000	mg/l
X _R	2000	mg/l
A/M (0,2-0,4) ^a	0,3	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (3-15) ^a	3	d
Q _w	18400	l/d

Tabla 16 Continuación

Parámetros característicos planta de tratamiento con la demanda teórica según normativa Gaceta N° 4.044

SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed (16-28) ^a	37	m ³ /m ² -d
TDS Qmáx (36-56) ^a	126	m ³ /m ² -d
θ	2,3	h
Requerimientos de oxígeno	107	kg O ₂ / d
DIGESTOR AEROBIO		
Q lodo	18400	l/d
θ (12-18) ^a	18	d
Volumen	331	m ³
Diámetro para un digestor	12	m
Profundidad	3	m
Área superficial	110	m ²
CÁMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Qmed (≥ 30) ^b	14	min
θ Qmáx (≥ 15) ^b	4	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Al calcular el tiempo de retención hidráulico, arrojó como resultado un valor inferior a los recomendados para aireación extendida en la actualidad (20 h), además de ello, la COV se encontraba por fuera del sugerido obteniendo; es decir, valores de 9 horas y 0,3 kg DBO/m³-d respectivamente. Por tanto, se procedió a evaluar el sistema bajo el cambio de modalidad a un sistema convencional, el cual requiere agregar un digestor aerobio para el manejo de lodos, debido a que el mismo no se encuentra estabilizado.

Se demuestra que el tiempo de retención hidráulico es mayor a 8 horas según los últimos criterios empleados por Metcalf & Eddy (2014), ocasionando un proceso más lento en el reactor, es decir, se tardará más en estabilizar la materia orgánica. Si bien es cierto que la COV se encuentra por debajo de los límites recomendados, refleja que la carga orgánica presente en el aireador será baja y no interferirá en el buen funcionamiento del mismo.

No se cuenta con disponibilidad de área en los alrededores de la PTAR para modificar el sistema existente al tipo convencional, dado el diámetro requerido para el digestor aerobio (12 m). Ante una previa evaluación del área disponible, se podría implementar dos (2) digestores de 6 m cada uno, y si este fuese el caso, de igual forma el funcionamiento de la PTAR presentaría fallas dada la alta TDS generada en el sedimentador secundario.

Adicionalmente, la cámara de contacto construida en la PTAR debería ampliarse dado que el tiempo de retención es inferior a los valores recomendados por Jairo (1999) tanto para gasto medio como para gasto máximo.

- **OPCIÓN 3: Planta de tratamiento funcionando cinco (5) pozos.**

Para el año 2017, se contaba con cinco (5) pozos operativos en la localidad de Los Castores, capaces de proporcionar un caudal de agua potable de 12,6 l/s y con ello una

producción de agua residual estimada en 10 l/s a partir de un factor de reingreso igual al 80% del agua potable.

Tomando en cuenta que el agua efluente a la PTAR, según el informe emitido por la empresa SERVICIOS AMQUIM, C.A, ese año cumplía con los requisitos necesarios para descargas a cuerpos de agua según lo estipulado en el Decreto N° 883 (ver anexo D), se decidió verificar el comportamiento del sistema de tratamiento bajo esta condición y comparar si los parámetros se encontraban dentro de los rangos recomendados por Metcalf & Eddy (2014). Es importante destacar, que la caracterización realizada no corresponde a un muestreo de 24 h, sino solo de 4 h, donde además no hay medición de caudales, por ello se puede decir que refleja una condición parcial del efluente.

Al desconocer la $DBO_{5,20}$ del agua cruda, se empleó como en los otros casos, una estimación sustentada en las características de aguas residuales municipales que han sido determinadas por la PETA-UCV; relacionando este urbanismo nuevamente con el de Nueva Casarapa, Guarenas, Edo. Miranda, considerando un agua residual diluida, debido a que el resultado de la dotación en este caso está en el orden de los 360 l/persona-d. Bajo esta premisa de agua residual débil, fue establecida una concentración de SSV en el reactor (X) igual a 2000 mg/l y una concentración de SSV en el lodo dispuesto (X_R) igual al doble de la biomasa asumida, es decir, 4000 mg/l.

Además, se consideró un tiempo de retención celular (θ_c) igual a 20 días, para seguir basados en la modalidad del sistema como aireación extendida.

Nuevamente fue considerado el cálculo de la constante K para el caudal máximo de acuerdo a la fórmula de Harmon, siendo el valor de 3,5.

Tabla 17

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando cinco (5) pozos

DATOS		
<i>Población</i>		
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
<i>Dotación</i>		
Dotación urbanismo	361	l/persona-d
<i>Caudal agua potable</i>		
Q AP residencial	11,4	l/s
Q AP no residencial	1,2	l/s
Q AP total	12,6	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmed AR	10,1	l/s
Nro. Unidades	4	
Q diseño/unidad	2,5	l/s
K	3,5	
Qmáx AR	35,3	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Q máx./unidad	8,8	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO _{5,20}	108	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (20-30) ^a	12,3	h
CO	23	kg DBO/d
COV (0,1-0,32) ^a	0,2	kg DBO/ m ³ -d
X	2000	mg/l
X _R	4000	mg/l
A/M (0,04-0,1) ^a	0,1	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (20-40) ^a	20	d
Q _w	2760	l/d

Tabla 17 Continuación

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando cinco (5) pozos

SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed (8-16) ^a	27	m ³ /m ² -d
TDS Qmáx (24-32) ^a	95	m ³ /m ² -d
θ	3,1	h
Requerimientos de oxígeno	90	kg O ₂ / d
CÁMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Qmed (≥ 30) ^b	18	min
θ Qmáx (≥ 15) ^b	9	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Con el caudal suministrado por los pozos operativos hace 3 años, es posible que la PTAR estuviese funcionando en su modalidad de aireación extendida, aunque con un tiempo de retención hidráulico de 12 horas para el reactor biológico, inferior que el mínimo recomendado para esta modalidad; aunado a ello, es probable que el sedimentador secundario operase con una alta TDS, si se comparan con los criterios establecidos en Metcalf & Eddy (2014).

Vale destacar, que un tiempo de retención hidráulico inferior al recomendado, podría perjudicar el buen funcionamiento del reactor biológico debido a que no es suficiente para que la biomasa que están en contacto con el sustrato presente en el agua residual, sea capaz de asimilar o estabilizar la materia orgánica y por tanto esta última no será removida en su totalidad.

Adicionalmente, el sedimentador secundario al tener una TDS alta, genera un inadecuado proceso de sedimentación. Bajo esta opción, el sedimentador para el gasto medio y gasto máximo tendría una tasa de desbordamiento superficial alta y se pudiese producir inconvenientes en la sedimentación.

Por su parte, la cámara de contacto establecida en la PTAR debería ampliarse dado que el tiempo de retención es inferior a los valores recomendados por Jairo (1999) para lograr la remoción de las bacterias patógenas.

Es importante destacar, que siguiendo la comparación con el urbanismo Nueva Casarapa, ahora en términos de caudales de agua residual generada, se tiene que el valor de K es de 2 y con ello la TDS para $Q_{\text{máx}}$ en el sedimentador baja significativamente ($55 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-d}$) pero de igual forma no cumple con los criterios recomendados. Cabe resaltar, que este valor de K es más cercano al criterio utilizado en el proyecto original; es por ello, que resulta imprescindible cuantificar el valor de esta constante K en el urbanismo.

Con los datos e información obtenida para esta condición, especialmente lo relativo a la caracterización del efluente de la PTAR, si bien es mayor que en las opciones anteriores, quedan incertidumbres en cuanto al verdadero caudal producido en este momento, lo que evidentemente puede modificar el tiempo de retención en la PTAR, así como la concentración de DBO, que incluso podría ser inferior a la que se está

suponiendo. Adicionalmente, y tal como se menciona en la caracterización del efluente de la PTAR es parcial, apenas las cuatro (4) primeras horas de la mañana: 8:45, 9:00, 9:15 y 9:30 am; y para este período la $DBO_{5,20}$ fue de 9 mg/l (Ver anexo D).

- **OPCIÓN 4: Planta de tratamiento funcionando tres (3) pozos**

Actualmente, se encuentran en estado operativo 3 pozos en la urbanización, los cuales aportan un caudal de 7,3 l/s de agua potable.

El agua residual que ingresa al sistema de tratamiento fue estimado considerando un factor de reingreso igual a 0,8, el cual arroja un gasto medio de agua residual igual a 5,8 l/s.

Debido a la imposibilidad de medir la concentración de $DBO_{5,20}$ que ingresa a la planta de tratamiento, se estimó su valor basado en los análisis realizados por PETA-UCV, en este caso, asociados a la urbanización Manzanares debido a que no se considera tan diluida como la mencionada en la opción anterior, ni tan concentrada como la establecida en la memoria descriptiva del proyecto, razón por la cual la $DBO_{5,20}$ empleada es igual a 160 mg/l.

Se evaluó el comportamiento del tiempo de retención hidráulico dada estas características para estimar la modalidad bajo la cual opera; se asumió una concentración de SSV en el reactor (X) igual a 2000 mg/l y una concentración de concentración de SSV en el lodo dispuesto (X_R) igual al doble de la biomasa asumida,

es decir, 4000 mg/l. Además, se consideró un tiempo de retención celular (θ_c) igual a 20 días, para seguir basados en la modalidad del sistema como aireación extendida.

De igual forma, fue considerado el cálculo de la constante K para el caudal máximo a través de la fórmula de Harmon, siendo el valor obtenido de 3,5.

Tabla 18

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando tres (3) pozos

DATOS		
<i>Población</i>		
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
<i>Dotación</i>		
Dotación urbanismo	209	l/persona-d
<i>Caudal agua potable</i>		
Q AP residencial	6,6	l/s
Q AP no residencial	0,7	l/s
Q AP total	7,3	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmed AR	5,8	l/s
Nro unidades	4,0	
Q diseño/unidad	1,5	l/s
K	3,5	
Qmáx AR	20,4	l/s
Qmáx/unidad	5,1	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO _{5,20}	160	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (20-30)	20,4	h
CO	21	kg DBO/d
COV (0,1-0,32) ^a	0,2	kg DBO/m ³ -d
X	2000	mg/l
X _R	4000	mg/l
A/M (0,04-0,1) ^a	0,1	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (20-40) ^a	20	d
Q _w	2760	l/d

Tabla 18 Continuación

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando tres (3) pozos

SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed (8-16) ^a	16	m ³ /m ² -d
TDS Qmáx (24-32) ^a	55	m ³ /m ² -d
θ	5,2	h
Requerimientos de oxígeno	75	kg O ₂ / d
CÁMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Qmed (≥ 30) ^b	32	min
θ Qmáx(≥ 15) ^b	9	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Con el caudal suministrado por los pozos operativos actualmente, es posible que la PTAR siga funcionando en su modalidad de aireación extendida. Se aprecia que el tiempo de retención hidráulico de 20 horas para el reactor biológico se encuentra entre los límites recomendados para esta modalidad, sin embargo, el sedimentador secundario se encuentra en riesgo de falla dada la TDS debido a que se encuentra en el límite recomendado para el caudal medio.

Si bien el tiempo de retención hidráulico en el sedimentador secundario se encuentra por encima del valor usual recomendado por expertos (4 horas), no es considerado elevado, y por tanto, lo que habría que hacer es no permitir que el lodo permanezca por mucho tiempo en esa unidad, para evitar su descomposición anaerobia.

A pesar de que el agua efluente podría cumplir con la $DBO_{5,20}$ requerida para ser descargada a cuerpos de agua según Decreto N° 883, suponiendo una remoción del 85%, el funcionamiento de la PTAR se encuentra en riesgo de falla dada la alta TDS generada en el sedimentador secundario al alcanzar el gasto máximo de aguas servidas.

En la cámara de contacto establecida en la PTAR el tiempo de retención es inferior al valor recomendado por Jairo (1999) tras alcanzar el $Q_{\text{máx}}$, lo que interferiría en el buen funcionamiento del mismo.

Al realizar este planteamiento, se pudo observar que el caudal de agua residual debe ser menor a 6 l/s para que el sistema siga operando bajo la modalidad establecida de aireación extendida, en caso contrario, será necesario el cambio del sistema al tipo “convencional” con ciertas modificaciones estructurales y previo chequeo del área disponible para su implementación.

- **OPCIÓN 5: Planta de tratamiento funcionando ocho (8) pozos.**

En la Urbanización Los Castores, existen ocho (8) pozos, si cada uno de ellos se encontrara operativo aportarían un caudal de agua potable igual a 19,4 l/s.

Considerando un factor de reingreso al sistema de aguas residuales igual al 80% del agua proporcionada por los pozos, el gasto afluente a la planta de tratamiento originado sería de 15,5 l/s. Debido a que la dotación es alta, el agua es considerada débil, es por

ello que se asumió una $DBO_{5,20}$ igual a 108 mg/l relacionada a las características del agua residual municipal de Nueva Casarapa.

Al calcular el tiempo de retención, se obtuvo como resultado un valor muy por debajo del límite recomendado para la modalidad de aireación extendida, de igual forma, la relación A/M se encontraban por fuera de estos rangos obteniendo, valores de 8 horas y 0,33 g DBO/g SSVLM-d respectivamente. Ahora bien, al evaluar dichos parámetros de acuerdo a un sistema de lodos activados de tipo convencional, los valores obtenidos se encontraban muy próximos a los límites recomendado por Metcalf & Eddy (2014).

En esta opción, se consideró una concentración de SSV en el reactor (X) igual a 1000 mg/l y una concentración de concentración de SSV en el lodo dispuesto (X_R) igual al doble de la biomasa asumida, es decir, 2000 mg/l. Además, se partió de la premisa de un tiempo de retención celular (θ_c) igual a 3 días con el objetivo de obtener un caudal de lodo dispuesto más elevado.

Por ser un sistema convencional, la inclusión de un sistema para el manejo de lodos es necesaria, por ello que se decidió anexar la propuesta de un digestor aerobio con la finalidad de estabilizar el lodo antes de su disposición en los lechos de secado.

Tabla 19

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando ocho (8) pozos

DATOS		
<i>Población</i>		
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
<i>Dotación</i>		
Dotación urbanismo	556	l/persona-d
<i>Caudal agua potable</i>		
Q AP residencial	17,5	l/s
Q AP no residencial	1,9	l/s
Q AP total	19,4	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmed AR	15,5	l/s
Nro. Unidades	4	
Q diseño/unidad	3,9	l/s
K	3,5	
Qmáx AR	54,3	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmax/unidad	13,6	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO5,20	108	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (4-8) ^a	7,9	h
CO	36	kg DBO/d
COV (0,3-0,7) ^a	0,3	kg DBO/ m ³ -d
X	1000	mg/l
X _R	2000	mg/l
A/M (0,2-0,4) ^a	0,3	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (3-15) ^a	3	d
Q _w	0,2	l/d
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed (16-28) ^a	42	m ³ /m ² -d
TDS Qmáx (36-56) ^a	147	m ³ /m ² -d
θ	2	h
Requerimientos de oxígeno	133	kg O ₂ / d

Tabla 19 Continuación

Parámetros característicos planta de tratamiento funcionando ocho (8) pozos

DIGESTOR AEROBIO		
Q lodo	18400	l/d
θ (12-18) ^a	18	d
Volumen	331	m ³
Diámetro	12	m
Profundidad	3	m
Área superficial	110,3	m ²
CÁMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Qmed (≥ 30) ^b	12	min
θ Qmáx (≥ 15) ^b	3	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Se demuestra que en el caso de funcionar todos los pozos no es posible que la planta conserve su operación bajo el diseño original.

La COV al encontrarse justo en el límite superior recomendado (0,3 kg DBO/m³-d), refleja que la cantidad de materia orgánica producida puede interferir en el buen funcionamiento del reactor si no se controla.

La cámara de contacto establecida en la PTAR no funcionaría correctamente debido a que el tiempo de retención hidráulico es inferior los valores recomendado por Jairo (1999) para gasto medio y gasto máximo de aguas servidas.

No obstante, tal como se mencionó anteriormente en la opción 2, la disponibilidad de área en los alrededores de la PTAR para modificar el sistema existente en la modalidad

de lodos activados del tipo convencional es limitada, por tanto, se debería agregar dos (2) digestores de 6 m de diámetro cada uno para que pueda implementarse lo requerido, aunque, las fallas en el sedimentador secundario dada la elevada TDS seguirían persistiendo.

- **OPCIÓN 6: Planta de tratamiento con dotación de 250 l/persona-d**

En Venezuela, la dotación que se utiliza generalmente en proyectos de aguas, es de 250 l/persona-d, que vale acotar, es considerado en otros países muy alto (La OMS establece que la dotación para cubrir necesidades básicas está en el orden de los 100 l/persona-d).

Ahora bien, como se constata en las opciones anteriores, un caudal de agua residual mayor a 7 l/s afecta a que la PTAR funcione bajo la modalidad de aireación extendida. Esta situación obliga a que la única manera de funcionar sería incluir una línea adicional al sistema.

Cuando se observa la disposición de la PTAR, esta opción puede ser viable dada la disponibilidad de área (ver Figura 9) aunque su implementación se ve limitada por su cercanía a la quebrada, donde se tendrían que realizar estudios de suelos, hidrológicos y de factibilidad económica. En caso de considerar esta alternativa, la característica del agua residual puede suponerse similar a la existente en la localidad de Manzanares ubicada en Caracas, la cual, contiene una $DBO_{5,20}$ igual a 160 mg/l.

Tabla 20

Parámetros característicos planta de tratamiento con dotación de 250 l/persona-d.

DATOS		
<i>Población</i>		
Población	2724	habitantes
Población equivalente	293	PE
<i>Dotación</i>		
Dotación urbanismo	250	l/persona-d
<i>Caudal agua potable</i>		
Q AP residencial	7,9	l/s
Q AP no residencial	0,8	l/s
Q AP total	8,7	l/s
<i>Caudal agua residual</i>		
Qmed AR	7	l/s
Nro. Unidades	5	
Q diseño/unidad	1,4	l/s
K	3,5	
Qmáx AR	24,4	l/s
Qmáx/unidad	4,9	l/s
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>		
DBO5,20	160	mg/l
REACTOR BIOLÓGICO		
Capacidad	110,4	m ³
θ (20-30)	21,9	h
CO	19	kg DBO/d
COV (0,1-0,32)	0,2	kg DBO/m ³ -d
X	2000	mg/l
X _R	4000	mg/l
A/M (0,04-0,1)	0,1	g DBO/g SSVLM - d
θ_c (20-40)	20	d
Q _w	2760	l/d
SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Capacidad	28	m ³
Área superficial	8	m ²
TDS Qmed (8-16)	15	m ³ /m ² -d
TDS Qmáx (24-32)	52	m ³ /m ² -d
θ	5,6	h
Requerimientos de oxígeno	93	kg O ₂ / d

Tabla 20 Continuación

Parámetros característicos planta de tratamiento con dotación de 250 l/persona-d.

CAMARA DE CONTACTO		
Capacidad	11,2	m ³
θ Qmed (≥ 30) ^b	27	min
θ Qmáx (≥ 15) ^b	8	min

Nota. Fuente: Elaboración propia.

^a Valores recomendados de acuerdo a Metcalf & Eddy (2014).

^b Valores recomendados de acuerdo a Romero (1999).

Se observa que al agregar una línea adicional en el sistema, es posible lograr el buen funcionamiento de la PTAR, inclusive sin necesidad de disminuir drásticamente la dotación de agua potable a la urbanización, el sedimentador secundario funcionaría correctamente ante la TDS inferior al límite establecido según la última edición de Metcalf & Eddy (2014) igual a 16 m³/m²-d, aunque superior a la condición del caudal máximo, implicando que en algún momento del día podría presentar fallas si alcanza ese gasto máximo

Por su parte, la cámara de contacto establecida en la PTAR presenta un valor cercano respecto al tiempo de retención necesario para eliminar las bacterias patógenas de acuerdo al Qmed (30 min), pero lo que implica que en ciertas horas del día podía presentar fallas si se alcanza el gasto máximo, debido a que en esa condición el tiempo de contacto es de apenas 8 min, inferior a los 15 min recomendados.

Por último, se verificó que el área de los lechos de secado se encontrara en los valores recomendado por Romero (1999), de acuerdo al área requerida por persona para retener el volumen total del lodo, un área de 150 m².

Tabla 21
Características lechos de secado

LECHOS DE SECADO		
Población residencial	2724	habitantes
Población equivalente	293	habitantes
Área del lecho de secado	150	m ²
Área requerida por persona	0,05	m ² /hab

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Demostrando, que el área implementada no se encuentra entre los valores característicos de 0,1-0,25 m²/hab recomendado Romero (1999), motivo por el cual, se debería incrementar el área para la disposición de los lodos como mínimo el doble del contemplado actualmente, es decir, 300 m².

Para consolidar y mostrar lo compendio ante las distintas opciones, se presenta un cuadro resumen con lo antes planteado.

Tabla 22
Cuadro resumen de las distintas opciones consideradas para PTAR Los Castores

Opción	Dotación de agua urbanismo	Qmed agua residual	Modalidad	Reactor			Sedimentador		Cámara de contacto	
				θh	COV	A/M	TDS (Qmed)	TDS (Qmáx)	θ (Qmed)	θ (Qmáx)
1	200 l/pers-d Y aporte de 150 l/pers-d de aguas servidas	5,2 l/s	Aireación extendida	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	477 l/pers-d	13,4 l/s	Convencional	NO	OK	OK	NO	NO	NO	NO
3	361 l/pers-d	10 l/s	Aireación extendida	NO	OK	OK	NO	NO	NO	NO
4	209 l/pers-d	5,8 l/s	Aireación extendida	OK	OK	OK	OK	NO	OK	NO
5	556 l/pers-d	15,5 l/s	Convencional	OK	OK	OK	NO	NO	NO	NO
6	250 l/pers-d	7 l/s	Aireación extendida	OK	OK	OK	OK	NO	OK	NO

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa para que la planta en las condiciones actuales supuestas, pueda mantener su diseño original, en términos de la modalidad de aireación extendida, se requiere que la producción de agua residual sea inferior a los 6 l/s, lo cual se logra teniendo una dotación de agua potable en el orden de los 200 l/persona-d.

Si no fuese posible, por razones de que hay gran disponibilidad de agua, que permite que el consumo sea mayor a los 200 l/persona-d, la planta no podría funcionar bajo esta modalidad, e inclusive en el caso de que no pueda limitarse la dotación a los 250 l/persona-d, condición máxima para poder realizar una ampliación que permita seguir operando bajo la modalidad de aireación extendida, habría que considerar una reingeniería en el tratamiento, evaluando la disponibilidad del terreno, que implicaría un cambio del tipo de planta de tratamiento, con un sistema que ocupe una menor área.

En la Tabla 23 se presentan las opciones planteadas con las posibles modificaciones

Tabla 23

Cuadro resumen de las distintas modificaciones a considerar para PTAR Los Castores

Opción	Dotación de agua urbanismo	Qmed de agua residual	Modalidad	Modificación
1	200 l/pers-d	5,2 l/s	Aireación extendida	Disminuir dotación.
2	477 l/pers-d	13,4 l/s	Convencional	Agregar digestor. Ampliar área de la cámara de contacto.
3	361 l/pers-d	10 l/s	Aireación extendida	Disminuir dotación. Ampliar área de la cámara de contacto.
4	209 l/pers-d	5,8 l/s	Aireación extendida	Mantener operativo 3 pozos. Ampliar área de la cámara de contacto.
5	556 l/pers-d	15,5 l/s	Convencional	Agregar digestor. Ampliar área de la cámara de contacto.
6	250 l/pers-d	7 l/s	Aireación extendida	Disminuir dotación. Agregar una línea adicional. Ampliar área de la cámara de contacto.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La verificación realizada en este trabajo del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Los Castores, ubicada en el edo. Miranda, bajo las condiciones actuales, permite concluir lo siguiente:

- La generación del agua residual debe estar en el orden de los 6 l/s, lo que implica una dotación de 200 l/persona-d aproximadamente, con la finalidad que la planta de tratamiento de aguas residuales pueda seguir operando bajo la modalidad de aireación extendida, tal como fue concebida en su diseño original.
- Con una generación de agua residual en el orden de los 7 l/s, lo que implica tener una dotación de 250 l/persona-d aproximadamente, es necesaria una ampliación de la planta, con una nueva línea de tratamiento, que debe ser verificada su factibilidad, para que siga operando bajo la modalidad de aireación extendida.
- La principal limitación de la planta de tratamiento la constituyen los sedimentadores, especialmente cuando se verifica su funcionamiento con el caudal máximo, ya que las tasas de desbordamiento superficial superan los criterios de diseño establecidos en la actualidad.
- Operar la planta en la modalidad convencional, para caudales superiores a los 7 l/s, en caso de no limitar la dotación, sería posible, siempre que se coloquen dos (2) digestores de 6 m de diámetro, en el área disponible, siempre y cuando se realicen las verificaciones pertinentes en sitio.

- Con una generación de agua residual inferior al orden de los 7 l/s, lo que implica tener una dotación de 250 l/persona-d aproximadamente, es posible que la cámara de contacto conserve su diseño original, aunque su funcionamiento se podría ver limitado a ciertas horas del día tras alcanzar el caudal máximo, dado que supera los criterios de diseño establecidos en la actualidad.

- En el caso de que no sea posible limitar la dotación, sino que el abastecimiento de agua sea función de su alta disponibilidad, el tratamiento de aguas residuales no podrá ser abordado bajo el sistema de lodos activados, en cuyo caso debe hacerse una reingeniería que implica un nuevo sistema de tratamiento que requiera menor área.

Las recomendaciones, en términos de poder aplicar los resultados presentados en este trabajo, a la rehabilitación y/o ampliación, e inclusive una reingeniería, implican las siguientes acciones:

- Realizar al menos dos (2) muestreos de 24 h para caracterizar el gasto de agua residual cruda del urbanismo, que impliquen las mediciones de caudal y características físico-químicas y bacteriológicas.
- Evaluar la infraestructura instalada para determinar si la misma se encuentra en buenas condiciones, especialmente los elementos estructurales.
- Determinar el área disponible para una ampliación de los lechos de secados y su disposición en sitio.
- Determinar de manera precisa, el área disponible para una posible ampliación o reingeniería de la planta.

- Realizar estudios dirigidos a cuantificar el consumo del agua potable a nivel de las viviendas utilizando micromedición.
- Realizar campañas informativas dirigidas al consumo racional del agua potable, mostrando las nuevas tendencias del uso y aprovechamiento del recurso.
- Evaluar posibilidades reales de manejar dotaciones de agua en el orden de los 200 l/persona-d.
- Evaluar la posibilidad de implantar un régimen tarifario por parte de la Cooperativa, tal que les permita tener un manejo sustentable de los servicios de agua potable y saneamiento.

REFERENCIAS

- AQUATECH. (s.f.). Obtenido de <https://company.aquatechtrade.com/ATB-Water?Language=EN&eventid=28777&account=00594297-0>
- Blanco, H. A., & Najul, M. V. (2019). *Características Disposición y Reutilización De Las Aguas Residuales: PETA(UCV)*.
- CONAGUA. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Introducción Al Tratamiento De Aguas Residuales Municipales*. México.
- CONAGUA. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Operacion y Mantenimient de Plantas De Tratamiento De aguas Residuales Municipales: Lodos Activados*. México.
- CONAGUA. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Operacion y Mantenimient de Plantas De Tratamiento De aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario*. México.
- CONAGUA. (2016). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento: Operacion y Mantenimient de Plantas De Tratamiento De aguas Residuales Municipales: Tratamiento Y Disposición de Lodos*. México.
- Fernandez, J., & Rangel, G. (2018). *Diagnóstico Y Propuesta De Rehabilitación Del Sistema De Abastecimiento De La Urbanización Los Castores Del Estado Miranda*. Caracas, Venezuela.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinario (2.000).

Normas sanitarias para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones (1ra ed.). Caracas, Venezuela.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.318 Extraordinario (1999). *Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillados.* Caracas, Venezuela.

Garcia, D. (s.f.). AWASA. Obtenido de <https://awasa.com.mx/2018/10/23/aireador-superficial-tipo-canon-aire-02-triton/>

Lenntech. (2019). Obtenido de <https://www.lenntech.es/processes/waste-water-mbr.htm>

Metcalf, & Eddy. (1985). *Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales* (2.^a ed.). Editorial Labor, S.A

Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización.* (3.^a ed.). Editorial McGraw-Hill

Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse.* (4.^a ed.). Editorial McGraw-Hill

Metcalf, & Eddy. (2014). *Wastewater engineering: treatment and resource recovery.* (4.^a ed.). Editorial McGraw-Hill

Mijares, G. R. (1967). *Tratamientos del Agua Residual.* (1.^a ed.).

Mijares, G. R. (1978). *Tratamiento de Aguas Residuales.* (2.^a ed.). Ediciones Vega.

Molgora, C. C. (2014). *Operación De Plantas de Lodos Activados.*

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J., & Güereca, P. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. (1.^a ed.) México.

Polo, J. F., & Torrecillas, A. S. (2008). *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales*. (1.^a ed.). Editorial Alfaomega

QUIMINET.COM. (s.f.). Obtenido de <https://www.quiminet.com/noticias/sistemas-de-difusion-soluciones-integrales-de-aireacion-para-la-industria-de-aguas-residuales-3576733.htm>

Ramallo, R. S. (1983). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Editorial Reverté S.A.

RODIN. (2006). Obtenido de <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6579/32707368.pdf>

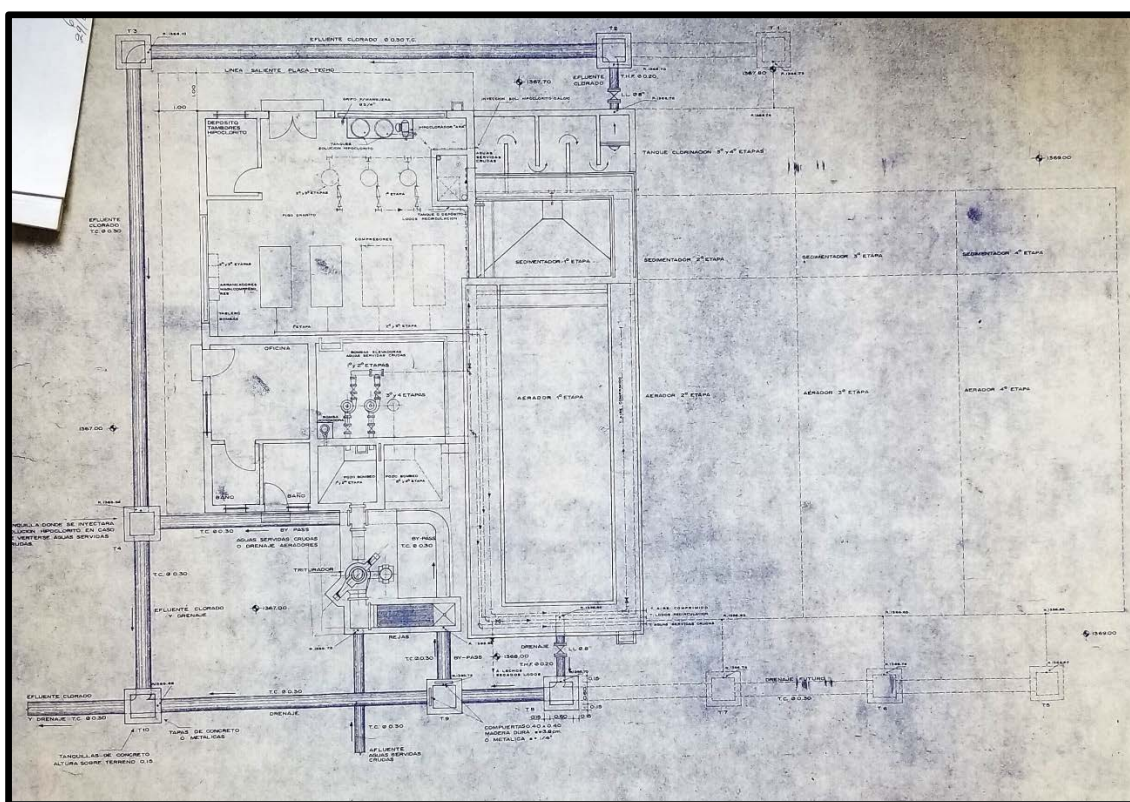
Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería.

Valdez, E. C., & Vázquez, A. B. (2003). *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. Fundación ICA A.C.

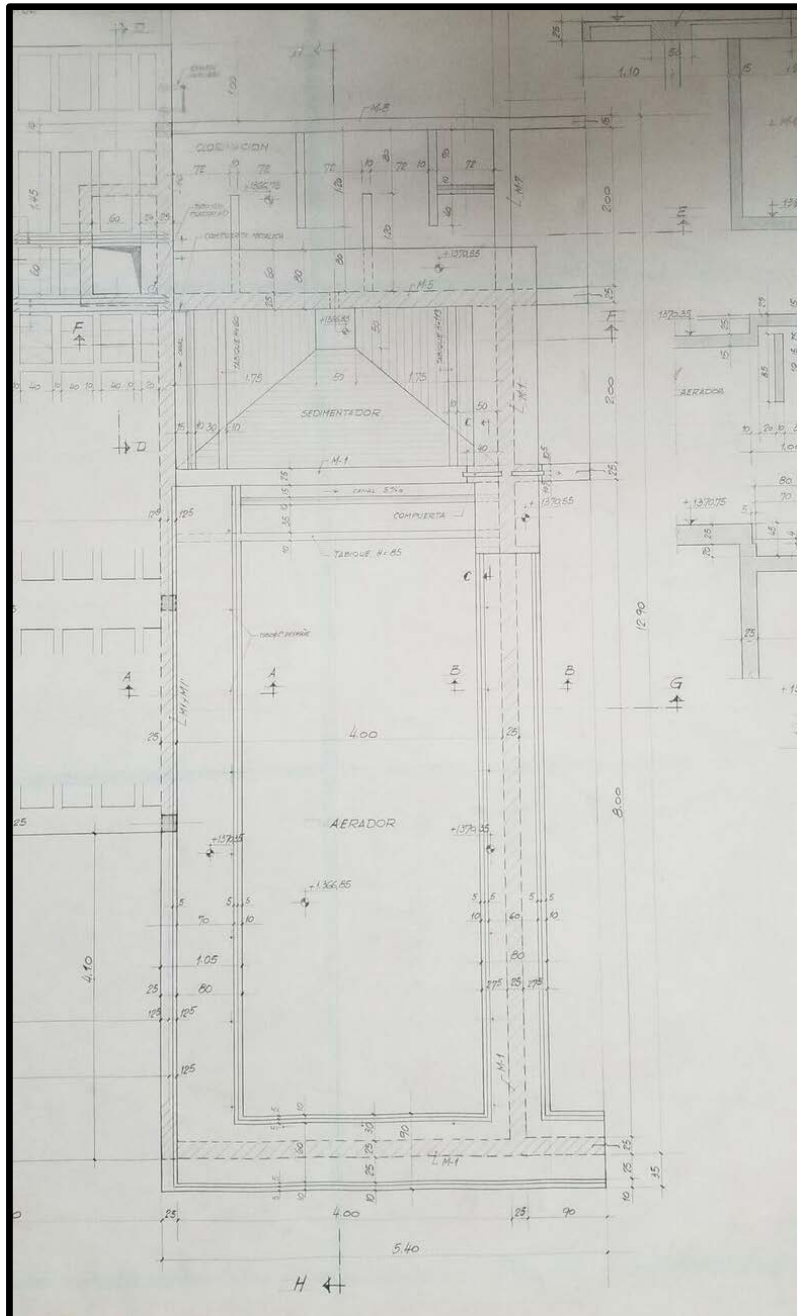
ANEXOS

Anexo A

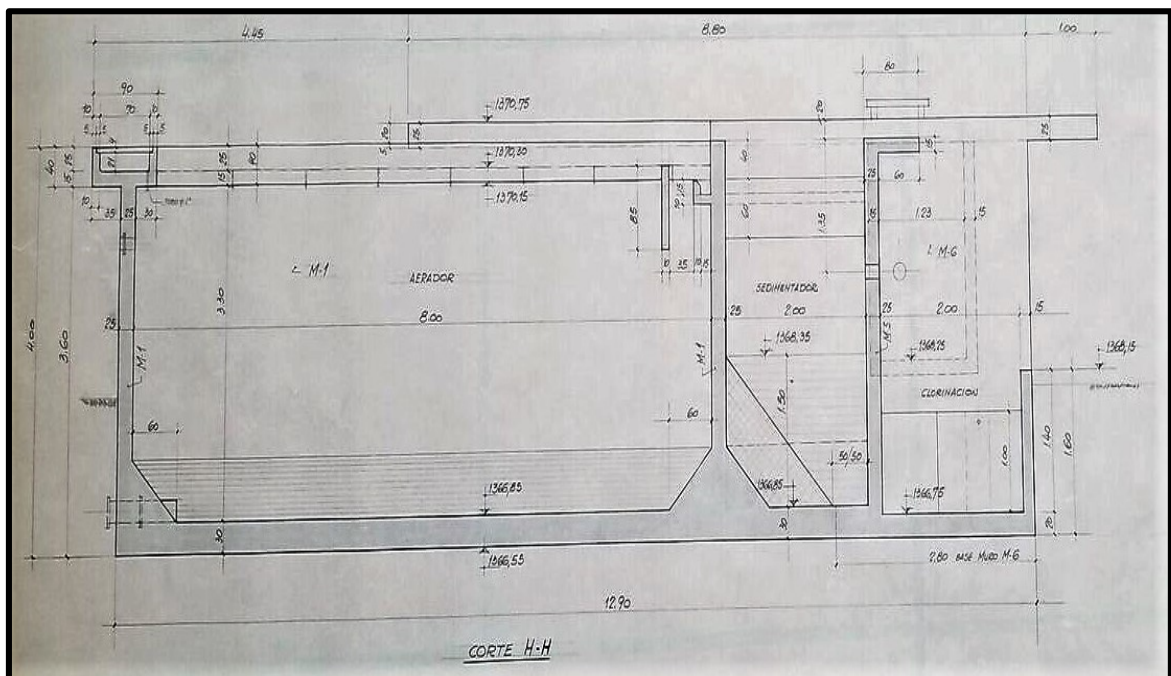
Planos generales de la PTAR de la Urbanización Los Castores



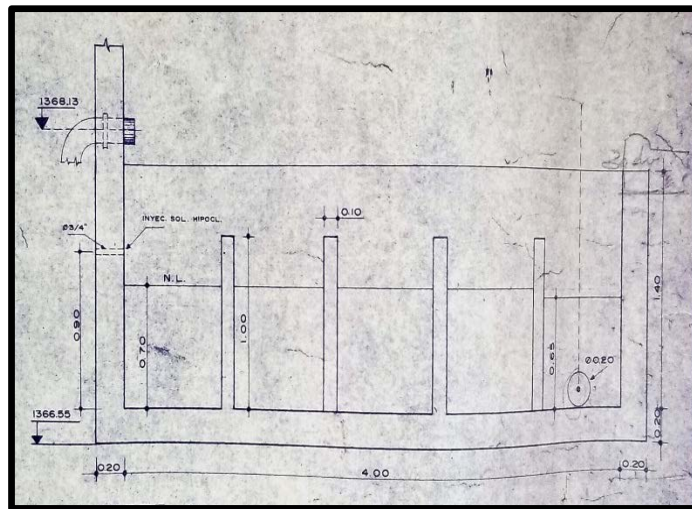
Planta General



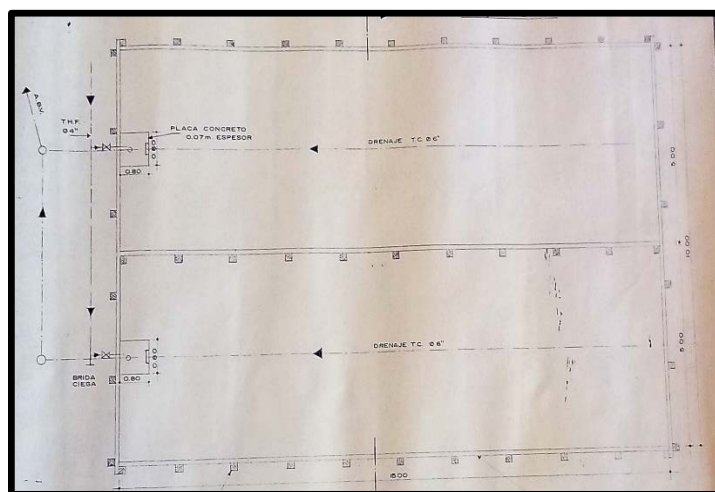
Vista Planta del Reactor, sedimentador y cámara de contacto para la 1ra etapa del proyecto.



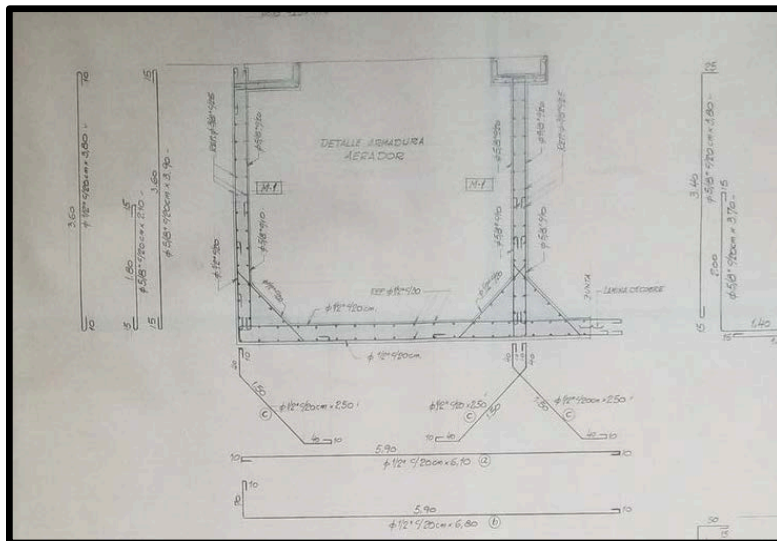
Vista de perfil del reactor biológico, sedimentador y cámara de contacto



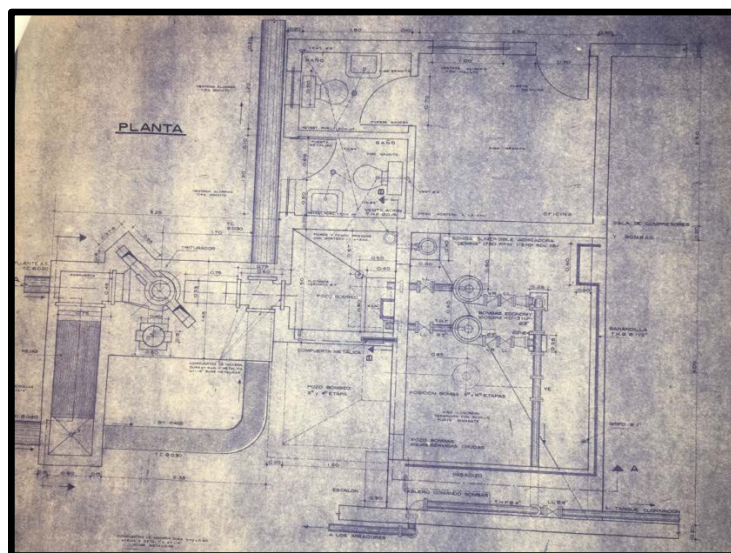
Corte de la cámara de contacto para la 1ra y 2da etapa del proyecto.



Lechos de secado para la 1ra y 2da etapa del proyecto.



Detalle estructural del reactor



Vista planta sala de máquinas.

Anexo B

Fotos generales de la inspección en campo.



Reactor biológico



Sistema de difusión empleado.



Inundación sala de bombas.



Inundación sistema de desbaste y pozo de bombeo.

\

Anexo C

Cálculo de dotación para el centro comercial, oficinas, áreas verdes y recreativas de la urbanización Los Castores.

ÁREA (m2)	OBJETO	CATEGORÍA	DOTACIÓN NORMA	DOTACION (l/d)
	ACTIVIDADES DEPORTIVAS	ESTADIOS	3(l/día/ espectador)	1.200,00
12,00	COMIDA ARABE	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²)	600,00
12,00	COMIDA SUCHI	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²)	600,00
12,00	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²))	600,00
12,00	COMIDA SABOR SANANTOÑERO	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²)	600,00
13,72	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²)	686,00
13,72	COMIDA HAMBURGUESA NOEL	RESTAURANTES	50 (l/d/m ²)	686,00
19,46	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	973,00
12,56	COMIDA PIZZA GOLL	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	628,00
9,35	COMIDA PIZZA GOLL	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	467,50
11,00	COMIDA HELADERIA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	550,00
7,00	VENTA DE CD	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	140,00
31,10	PELUQUERIA	PELUQUERIA	250 (l/d/silla)	1.000,00
31,62	PELUQUERIA	PELUQUERIA	250 (l/d/ silla)	1.000,00
21,19	REPARACION DE CELULARES	LOCALES COMERCIALES	20(l/día/m ²)	423,80
20,00	PELUQUERIA DANIEL EL TRAVIESO	PELUQUERIA	250 (l/d/ silla)	1.000,00
19,25	TECNICO DENTAL	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d /unidad dental	2.000,00
18,36	PUERTAS DE BAÑOS	LOCALES COMERCIALES	20(l/d /m ²)	367,20
18,36	COSTURAS	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d m ²)	367,20
31,70	ODONTOLOGO	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d /unidad dental)	2.000,00
31,62	SPAS	GIMNASIOS	10 (l/d m ²)	316,20
21,50	PELUQUERIA	PELUQUERIA	250 (l/d /silla)	1.000,00
19,22	CELULARES	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d m ²)	384,40

41,14	ODONTOLOGO	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d /unidad dental)	2.000,00
18,36	JOYERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d/m ²)	367,20
18,36	BARBERIA	PELUQUERIA	250 (l/d /silla)	1.000,00
19,25	ODONTOLOGO	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d /unidad dental)	2.000,00
74,25		LOCALES COMERCIALES	20 (l/d/m ²)	1.485,00
35,50	DOMESA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d/m ²)	710,00
4,00	BASURERO DOMESA	DEPOSITO	0,5(l/día/m ²)	2,00
12,00	TERAPIA -SPICOLOGIA	CONSULTA EXTERNA	500 (l/d/ consultorio)	500,00
42,20	ODONTOLOGO	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d/ unidad dental)	2.000,00
300,00	ACTIVIDADES SOCIALES	CINES, TEATROS, AUDITORIOS	3 (l/d/ asiento)	300,00
6000,0	ESTACIONAMIENTO	ESTACIONAMIENTO	2 (l/d /m ²)	12.000,0
13,46	CANTINA	CANTINA	25 (l/d /m ²)	336,50
130,90	DANZA	GIMNASIOS	10 (l/d /m ²)	1.309,00
120,42	KARATE	GIMNASIOS	10 (l/d /m ²)	1.204,20
13,35	PELUQUERIA	PELUQUERIA	250 (l/d/m ²)	1.000,00
15,00	ARTESANIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	300,00
25,00	FOTOCOPIADORA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	500,00
25,00	QUIROPEDIA	CONSULTA EXTERNA	500(l/d/ consultorio)	500,00
200,00	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	4.000,00
200,00	PANADERÍA	FUENTE DE SODA	60 (l/d /m ²)	4.000,00
30,00	MERCERÍA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	600,00
100,00	FARMACIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	2.000,00
50,00	PELUQUERÍA	PELUQUERIA	250 (l/d /m ²)	1.000,00
120,00	FOTOG.-PAPELERÍA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	2.400,00
80,00	FOTOGRAFIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	FERRETERÍA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	BARBERÍA	PELUQUERIA	250 (l/d/ silla)	1.000,00
80,00	MERCERÍA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00

80,00	OFICINA	OFICINAS	6 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	PANADERÍA	FUENTE DE SODA	60 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	FISIOTERAPIA	CONSULTA EXTERNA	500 (l/día consultorio)	500,00
80,00	ODONTOLOGÍA	CLÍNICAS DENTALES	1000(l/d /unidad dental)	2.000,00
80,00	TORTA MANÍA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	COMIDA CHINA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	COMIDA PIZZAS	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	VENTA PINTURA	LOCALES COMERCIALES	20(l/d /m ²)	1.600,00
80,00	-	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	-	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	-	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	-	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
80,00	-	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.600,00
5,44	LOTERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	108,80
5,43	DEPOSITO	DEPOSITO	0,5(l/d/m ²)	108,60
5,55	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	111,00
5,40	ZAPATERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	108,00
5,43	FLORISTERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	108,60
5,49	COMIDA	RESTAURANTES	50 (l/d /m ²)	109,80
	QUINTA LOS BEBE	QUINTA	850 (l/día)	850,00
57,57	ARTES GRAFICAS Y UNIFORMES	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	1.151,40
39,05	LOTERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	781,00
40,00	ODONTOLOGO	CLINICAS DENTALES	1000 (l/d /unidad dental)	2.000,00
39,05	MANOS UNIDAS	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	781,00
40,00	RODAVISION	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	800,00
40,00	RODAVISION	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	800,00
40,00	RODAVISION	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	800,00
78,62	LABORATORIO	LOCALES COMERCIALES	50 (l/d /m ²)	1.572,40
40,00	RODAVISION	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d /m ²)	800,00
49,00	ZAPATERIA	LOCALES COMERCIALES	20 (l/d m ²)	980,00
				98.573,80

Nota. Información suministrada por el Ing. Luis Carlos Silva

Anexo D

Informe de la caracterización efluente planta de Tratamiento de aguas residuales



SERVICIOS AMQUIM, C.A.

RIF: J-29551959-1

SEÑORES:
COOPERATIVA LOS CASTORES

**CARACTERIZACIÓN EFLUENTE PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Registro Laboratorio Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas N° 02 – 072

Mayo 2017

COOPERATIVA DE SERVICIOS MÚLTIPLES "LOS CASTORES"
RECIBIDO SIN QUE ELLO IMPLIQUE ACEPTACIÓN DE SU CONTENIDO
11/09/17 HORA 3:30 PM
[Signature]

Ctra. Panamericana, KM 8, Vía los Teques, EDIF. INVESTI, piso PB, OFC. Sector B, Urb. INVESTI, El Valle, Caracas, Distrito Capital.
Telf: (0212) 4736044, (0416) 6153446, (0416) 4141001, (0424) 1960291
E-mail: serviciosamquimca@gmail.com, amquimca@gmail.com
WEB: www.amquim.com.ve

FO-ICE-01

Protección: **C**

Edición: 02 Revisión: 1



SERVICIOS AMQUIM, C.A.

RIF: J-29551959-1

4.-RESULTADOS

4.1 Mediciones In Situ

SALIDA PLANTA TRATAMIENTO

HORA	pH (Unid.)	TEMPERATURA (°C)	CLORO (mg/l)
8:30 a.m.	7.48	23.6	1.0
8:45	7.41	25.6	1.0
9:00	7.36	25.7	1.0
9:15	7.45	25.7	1.0
9:30	7.53	25.9	1.0
9:45	7.55	26.0	1.0
10:00	7.49	26.0	1.0

Ctra. Panamericana, KM 8, Vía los Teques, EDIF. INVESTI, piso PB, OFC. Sector B, Urb. INVESTI, El Valle, Caracas, Distrito Capital.
Telf: (0212)4736044, (0416) 6153446, (0416)4141001, (0424) 1960291
E-mail: serviciosamquimca@gmail.com, amquimca@gmail.com
WEB: www.amquim.com.ve

FO-ICE-01

Protección: C

Edición: 02 Revisión: 1

Parámetros	Salida PTAR AR-17-0139
Aceites y Grasas minerales e hidrocarburos (mg/l)	<1
Aceites y Grasas vegetales y animales (mg/l)	2.0
Color (Unid. Pt – Co)	<5
Cloruros (mg/l)	42.40
Detergentes (MBAS) (mg/l)	0.10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O. _{5,20}) (mg/l)	8.94
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.) (mg/l)	23.33
Espuma	Ausentes
Fósforo total (mg/l)	4.32
Nitrógeno total (NT) (mg/l)	3.41
Sólidos Totales(104 °C) (mg/l)	230
Sólidos Disueltos Total (104 °C) (mg/l)	214
Sólidos Suspendidos total (104 °C) (mg/l)	16
Sólidos Sedimentables (ml/l)	< 1
Sólidos Flotantes	Ausentes
Sulfatos (mg/l)	25.71
pH (Unid.)	7.43
Organismos Coliformes Totales (NMP / 100 ml)	<2
Organismos Coliformes Fecales (NMP / 100 ml)	<2



SERVICIOS AMQUIM C.A.
Registro de Laboratorios Ambientales M.P.P.E.A. N° 02-072
RIF: J-29551959-1

INFORME ANALÍTICO DE MICROBIOLOGÍA
N° AR-17-00139

Cliente: COOPERATIVA LOS CASTORES

Dirección: URB. LOS CASTORES, MUNICIPIO LOS SALIAS, SAN ANTONIO DE LOS ALTOS, ESTADO BOLIVARIANO DE MIRANDA.

Muestra: AGUA

Fecha de Recepción: 24-05-17

Características de la muestra: PUNTUAL

Toma de Muestra: PG-ME-02

Sitio de Captación: SALIDA PTAR.

Marca: -----

Datos de Captación: FECHA: 24-05-17 HORA: 10:00 am

Tipo de Envase: PLASTICO

Cantidad de Muestra: 200 ml

Temperatura de Captación: 26,0 °C **pH:** 7,49

Cloro Residual: 1,0 mg/l **O₂** -----

Reportado por: Lic. Fanny Ramírez

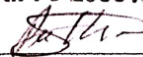
Fecha de Reporte: 12-06-17

ENSAYO	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
Coliformes (NMP/100 ml):	Menos de 2/100 ml	9221 B *Standard Methods
Coliformes Fecales (NMP/100 ml):	Menos de 2/100 ml	9221 E *Standard Methods

OBSERVACIONES:

*Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21 st Edition. 2005.

SERVICIOS
AMQUIM, C.A.
RIF: J-29551959 1


Lic. Antonio Salinas
Director Técnico

Los resultados emitidos se refieren a la muestra identificada en este Informe.

Reproducir solo con autorización de Servicios Amquim, C.A.

Ctra. Panamericana, KM 8, Vía los Teques, EDIF. INVESTI, piso PB, OFC. Sector B, Urb. INVESTI, El Valle, Caracas, Distrito Capital.
Telf: (0212) 4736044, (0416) 6153446, (0416) 4141001, (0424) 1960291
E-mail: serviciosamquimca@gmail.com, amquimca@gmail.com
WEB: www.amquim.com.ve

FO-IMB-01

Protección: **CONFIDENCIAL**

Edición: 03 Revisión: 2
Página 1 de 1



SERVICIOS AMQUIM, C.A.

RIF: J-29551959-1

5.-COMENTARIOS

De acuerdo a los resultados de Laboratorio, y los parámetros medidos en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, todos se encuentran dentro del decreto 883, Gaceta Oficial 5.021 del lunes 18 de diciembre de 1995, según Sección III "De la descarga a Cuerpos de Agua".

Atentamente,

Ing. Carlina López
Coordinador Lab de Ambiente

SERVICIOS
AMQUIM, C.A.
RIF: J-29551959-1

Lic. Antonio Salinas
Director Técnico

Ctra. Panamericana, KM 8, Vía los Teques, EDIF. INVESTI, piso PB, OFC. Sector B, Urb. INVESTI, El Valle, Caracas, Distrito Capital.
Telf: (0212)4736044, (0416) 6153446, (0416)4141001, (0424) 1960291
E-mail: serviciosamquimca@gmail.com, amquimca@gmail.com
WEB: www.amquim.com.ve

FO-ICE-01

Protección: **C**

Edición: 02 Revisión: 1