



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO-EXTENSIÓN  
GUAYANA.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**REALIZADO POR** Kharelys Urdaneta

**TUTOR** Ing. Antonio Seijas

**FECHA** Enero, 2021



## ACTA DE TRABAJO DE GRADO

Ciudad Guayana, 26 de Enero de 2021

Los suscritos profesores: Antonio Seijas Botana, Florencia Cordero Rivero y Carmen Ravelo Vivenes, integrantes del jurado calificador del Trabajo de Grado intitulado "Propuesta de mejora para la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello extensión Guayana", elaborado por la bachiller Urdaneta Niño, Kharelys Chiquinquirá, cédula de identidad N° 27923858, para optar al Título de Ingeniero Industrial, certifican que, habiendo examinado dicho trabajo, consideramos que es merecedor de la calificación de Veinte (20) puntos.

Observaciones: Mención Publicación

Antonio Seijas Botana  
Tutor(a)

Florencia Cordero Rivero  
Jurado



Carmen Ravelo Vivenes  
Jurado

Secretaría General  
c.c. Escuela

## **Dedicatoria**

A mi Dios por estar siempre a mi lado y ser fiel en todo momento.

A mis padres, Carles Urdaneta y Margot Niño, por enseñarme valores y principios, amarme, cuidarme y apoyarme incondicionalmente en lo que llevo de vida.

A mis hermanas, Skharla, Margoth y Kharen, por creer en mí y brindarme de su ayuda siempre que lo necesité.

A mi familia y amigos que me animaron a continuar y contribuyeron con el cumplimiento de esta meta.

Al señor Ramón, que descanse en paz.

**Kharelys Urdaneta.**

## **Agradecimientos**

A mi Dios, definitivamente sin él nada hubiese sido posible, ha sido mi guía durante cada paso que he dado en mi vida, me sostuvo en sus manos cada vez que caí, jamás me ha abandonado; en lo que llevo de vida he comprobado lo que dice su palabra: Dios es fiel.

A mis padres, que hicieron lo que estuvo en sus manos para apoyarme, cada uno a su manera, ninguna menos importante:

Mi mamá Margot, que sin importar la situación siempre tuvo fe, primeramente, en Dios y también en mí, recordándome siempre con sus palabras lo fuerte e inteligente que soy, no solo fueron palabras, me apoyó en acción cada vez que lo necesité, te amo mami.

Mi papá Carles, siempre fuerte, estuvo allí para ayudarme y apoyarme, más que con palabras con gestos genuinos de amor y cuidado, te amo papi.

A mis tres hermanas: Skharla, Margoth y Kharen, a cada una de ellas las amo, Dios me premió al darme amigas para toda mi vida, con las que he compartido la mayoría de los momentos más importantes que he tenido hasta ahora, gracias por su apoyo incondicional.

A mi familia, que me apoyó cada que lo necesité, resaltando a mis tíos Argenis y Edgar, al igual que las primas Dexy y Negra, espero sepan que también pueden contar conmigo.

A mis amigos de siempre: Andrés, Ivanna, Victoria y Yaselis, sin importar la distancia los quiero de verdad y han estado allí para mí, son una bendición.

A las personas que conocí en la universidad y compartieron experiencias conmigo en y fuera de esta, ya sea desde el comienzo o incluso casi al final, gracias a ustedes mis días fueron más bonitos, me ayudaron y apoyaron a su manera, me hicieron reír y estuvieron allí sin importar que en raras ocasiones pudiese haber estado : estresada, callada, seria u olvidadiza; en especial con los que más compartí: Oriana Brito, Karina Aleuy, Frederlin Monje, Noriannys Reyna, Jesús Abreu, Miguel Lugo, Jhovanna Marín, Leticia Sing, Leoselis Cabello y María Ordaz. Además de los que no nombre, pero no se me olvidan que sé quiénes son, gracias de verdad.

De igual manera gracias a las personas que me encontré en el camino, a los que lograron sacarme una sonrisa sincera y me ayudaron, fueron muchos y no podré escribir todos sus nombres aquí.

A mis profesores de la universidad y a mis compañeros de clases que dejaron una huella en mí, en especial a los que me ayudaban cada que podían, observando y escuchando aprendí de ellos.

Al profesor Alberto Cambridge, que más que mi profesor es mi amigo, gracias por ayudarme, estar allí y tenerme paciencia siempre.

A mi tutor académico Antonio Seijas, por su colaboración, apoyo, su pasión enseñar, por siempre querer ir más allá de lo que dicta el plan de estudios, por tocar temas importantes que nos llaman a la reflexión como seres humanos, y así despertar nuestra responsabilidad como ciudadanos para con la comunidad como con nuestro planeta tierra, además de resaltar su personalidad única y agradable.

A los todos los trabajadores de la planta de la universidad que me colaboraron, fueron muy atentos y amables, se los agradezco.

## Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Introducción.....	19
CAPÍTULO I:El Problema .....	22
Planteamiento del problema .....	22
Objetivos.....	25
<i>Objetivo general.</i> .....	25
<i>Objetivos específicos.</i> .....	25
Justificación .....	25
CAPÍTULO II: Marco teórico .....	27
Antecedentes.....	27
Bases teóricas.....	34
<b>Aguas servidas.</b> .....	34
<b>Características físicas.</b> .....	34
<i>Color.</i> .....	34
<i>Olor.</i> .....	35
<i>Sólidos Totales.</i> .....	35
<i>Sólidos sedimentables.</i> .....	35
<i>Sólidos volátiles.</i> .....	36
<i>Temperatura.</i> .....	36
<i>Turbiedad.</i> .....	37
<b>Características químicas.</b> .....	37
<i>Materia Orgánica.</i> .....	37
<i>Proteínas.</i> .....	38
<i>Hidratos de Carbono.</i> .....	38
<i>Grasas, grasas animales y aceites</i> .....	39
<i>Medida de la carga orgánica.</i> .....	39

<b>Características Biológicas.....</b>	<b>43</b>
<i>Microorganismos.</i> .....	44
<b>Contaminantes del agua residual. ....</b>	<b>52</b>
<b>Tratamiento de aguas servidas por medios químicos.....</b>	<b>54</b>
<i>Pre- tratamiento.</i> .....	54
<i>Tratamiento primario.</i> .....	56
<i>Tratamiento secundario.</i> .....	59
<i>Tratamiento terciario.</i> .....	59
<b>Planta de tratamiento de lodos activados. ....</b>	<b>62</b>
<b>Compostaje. ....</b>	<b>62</b>
Bases teóricas relacionadas con las técnicas de análisis de datos o variables .....	64
<b>Diagrama de Flujo de proceso.....</b>	<b>64</b>
<b>Análisis DOFA. ....</b>	<b>65</b>
<i>Factores externos.</i> .....	65
<i>Factores Internos.</i> .....	65
<b>Matriz de riesgos.....</b>	<b>66</b>
<i>Estructura de riesgos.</i> .....	66
<b>Diagrama Pareto.....</b>	<b>68</b>
<b>Diagrama causa-efecto. ....</b>	<b>68</b>
Bases legales .....	69
Términos Básicos.....	79
<b>CAPÍTULO III:Marco Metodológico .....</b>	<b>83</b>
<b>Tipo y diseño de la investigación.....</b>	<b>83</b>
<b>Documental.....</b>	<b>84</b>
<b>De campo. ....</b>	<b>84</b>
<b>Población y muestra .....</b>	<b>85</b>
<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos e información .....</b>	<b>85</b>
<b>Observación directa. ....</b>	<b>86</b>

Encuesta. ....	86
Entrevista no estructurada. ....	86
Análisis documental. ....	87
Consultas Bibliográficas. ....	87
Caracterización de las variables de estudio .....	88
Procedimiento para el logro de los objetivos .....	89
CAPÍTULO IV:Resultados .....	92
<b>Descripción de la situación y gestión actual de la Planta de Tratamiento de Aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana .....</b>	<b>92</b>
Características de la planta de tratamientos de aguas servidas. ....	96
Descripción de las partes de la planta. ....	97
<i>Tratamiento terciario.</i> ....	107
Diagramas de flujos de procesos involucrados en la gestión de la PTAS.....	114
<b>Elaborar un diagnóstico de la planta de tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....</b>	<b>148</b>
Análisis de matriz DOFA.....	149
Diagramas Pareto de datos históricos recolectados. ....	163
Matriz de Riesgos. ....	176
Diagnóstico. ....	179
<b>Determinar las oportunidades de mejora en la Gestión de la planta de tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello .....</b>	<b>180</b>
Diagrama causa- efecto.....	181
Oportunidades de mejora. ....	186
Estrategias propuestas del análisis DOFA .....	189
Propuestas de mejora.....	200
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	208
Conclusiones .....	208
Recomendaciones.....	212
Referencias Bibliográficas.....	214

Apéndice A .....	217
Apéndice B .....	222
Apéndice C .....	224
Apéndice D .....	233
Apéndice F.....	238
Anexos.....	240

## Índice de Tablas

Tabla	pp
1. Clasificación de los microorganismos.....	43
2. Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta.....	48
3. Organismos específicos que han sido empleados o propuestos como indicadores de la contaminación humana.....	51
4. Organismos indicadores para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua.....	52
5. Contaminantes con mayor importancia en las aguas servidas.....	53
6. Caracterización de las variables de estudio.....	89
7. Características de la planta de tratamientos de agua servidas .....	96
8. Dimensiones del canal de aforo y parámetros asociados.....	99
9. Dimensiones de la taquilla de circulación.....	100
10. Parámetros del tanque de aireación.....	103
11. Características de aireadores.....	104
12. Características de funcionamiento de las bombas sumergidas.....	106
13. Matriz DOFA de la PTAS de la UCAB Guayana.....	149
14. Matriz de confrontación de la matriz DOFA de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	150

15. Peso en puntuación y porcentaje de las relaciones establecidas en la matriz de confrontación.....	155
16. Peso en puntuación y porcentaje de las debilidades planteadas en la matriz DOFA.....	156
17. Peso en puntuación y porcentaje de las fortalezas planteadas en la matriz DOFA.....	159
18. Peso en puntuación y porcentaje de las oportunidades planteadas en la matriz DOFA.....	160
19. Peso en puntuación y porcentaje de las amenazas planteadas en la matriz DOFA.....	162
20. Resultados Obtenidos de Estandarización de ensayos de DBO5.....	164
21. Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el punto de entrada de la planta (Punto 1) .....	166
22. Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el reactor biológico de la planta (punto 2) .....	166
23. Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el clarificador de la planta. (punto 3) .....	167
24. Recopilación de data de los valores de sólidos: totales, suspendidos totales, sedimentables (sólidos volumétricos) y disueltos para el afluente de la planta (entrada de la planta) .....	171

25. Recopilación de data de los valores de sólidos: totales, s suspendidos totales, sedimentables (sólidos volumétricos) y disueltos para el efluente de la planta (Salida de la planta) .....	171
26. Recopilación de data de los valores de aceites y grasas en la entrada y salida de la planta.....	174
27. Matriz de riesgos.....	176
28. Estrategias propuestas para el área de desgaste.....	190
29. Estrategias propuestas para el área de éxito.....	192
30. Estrategias propuestas para el área de vulnerable.....	195
31. Estrategias propuestas para el área de ilusión.....	196
32. Insumos, materiales y equipos requeridos en el kit para la medición del cloro residual in situ. ....	203
33. Dimensiones Trampa de grasas.....	206
34. Insumos para la optimización del tratamiento de las aguas servidas.....	208

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>	<b>PP</b>
1. Esquema conceptual del proceso de compostaje.....	63
2. Planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana toma exterior, vista frontal.....	93
3. Visión espacial de la Planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana toma exterior.....	93
4. Esquema de la gestión hídrica de la universidad católica Andes Bello-Extensión Guayana.....	94
5. Esquema del recorrido del agua hasta el rio Caroní.....	95
6. Taquilla de desbaste.....	98
7. Medición en el canal de aforo.....	99
8. Taquilla de circulación.....	101
9. Entrada de lodos recirculados a la taquilla de circulación.....	101
10. Tanque de aireación (reactor biológico).....	103
11. Aireadores presentes en el reactor biológico.....	104
12. Clarificador (sedimentador secundario).....	105
13. Bomba sumergidas usadas en el clarificador.....	106
14. Cámara de cloración.....	107
15. Dosificación manual del cloro a la cámara.....	108
16. Tanque de cloración .....	108

17. Lecho de secados en uso.....	109
18. Lecho de secados con tiempo de deshuso.....	110
19. Caseta de control.....	111
20. Breaker presentes en el interior de la caseta de control.....	111
21. PLC dentro de la caseta de control.....	112
22. Válvulas en T.....	113
23. Tuberías de cableado de las bombas sumergibles y los aspersores mecánicos .....	113
24. Diagrama de flujo de proceso de los insumos.....	114
25. Diagrama de flujo de proceso general de las operaciones ejecutadas por la PTAS.....	116
26. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por el operador en el sistema de rejillas de la planta.....	119
27. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el vertedero triangular de la planta.....	120
28. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el reactor biológico-tanque de aireación de la planta.....	122
29. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en la cámara de cloración de la PTAS.....	124

30. Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento anual a la PTAS.....	127
31. Descarga del efluente de la planta en la Quebrada “El indio” durante su mantenimiento en agosto de 2013 y escorrentía de agua proveniente de la Urbanización los saltos.....	129
32. Evidencia de limpieza de las tolvas de lodos decantadas durante el mantenimiento de la planta en agosto de 2013.....	130
33. Lugar donde se posicionan los Lodos extraídos de la planta, imagen tomada durante el mantenimiento anual en agosto de 2013.....	130
34. Vaciado de la planta durante el mantenimiento anual en agosto de 2013.....	131
35. Paredes de la planta pintadas durante el mantenimiento anual en agosto de 2013.....	131
36. Diagrama de flujo de procesos del mantenimiento rutinario que se ejecuta en la PTAS.....	132
37. Diagrama de flujo de proceso de operaciones de mantenimiento ejecutadas por los operadores en el clarificador (sedimentador secundario) de la PTAS.....	134
38. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en el lecho de secado de lodos.....	136

39. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en los vertederos captación de muestras para determinar la demanda bioquímica de oxígeno.....	137
40. Diagrama de flujo de proceso para los ensayos in situ que se ejecutan en la PTAS.....	138
41. Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de DBO5 ejecutado para la PTAS.....	140
42. Diagrama de flujo de proceso para el cálculo de los sólidos suspendidos volátiles (SSV).....	143
43. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en la medición del cloro residual.....	144
44. Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de coliformes presentes en el agua residual de la PTAS.....	146
45. Tanque de aireación desactivado, lleno de residuos vegetales.....	148
46. Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	155
47. Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	157
48. Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	159

49. Gráfico 4. Balance estratégico de las oportunidades de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	161
50. Balance estratégico de las amenazas de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.....	162
51. Resultados Obtenidos de Estandarización de ensayos de DBO5.....	165
52. Comportamiento de los valores de pH en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.....	167
53. Comportamiento de los valores de oxígeno disuelto en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.....	168
54. Comportamiento de los valores de la turbidez en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.....	169
55. Comportamiento de los valores la conductividad en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.....	170
56. Comparación de los valores de sólidos totales en el afluente (entrada) y efluente la (salida) de la planta. Fuente: Propia.....	172
57. Comparación de los valores de sólidos sedimentables (sólidos volumétricos) en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta.....	172
58. Comparación de los valores de sólidos suspendidos totales en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta.....	173

59. Comparación de los valores de sólidos disueltos en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta.....	173
60. Comparación entre los valores de aceites y grasas en la entrada y salida de la planta.....	175
61. Diagrama causa-efecto: Disminución insuficiente del DBO5.....	181
62. Diagrama causa-efecto: Falta de conocimiento ante casos especiales por parte de operadores.....	182
63. Diagrama causa-efecto: Acumulación de sólidos en la rejilla de desbaste.....	183
64. Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de cloro residual ejecutado en la PTAS.....	204



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS SERVIDAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO-  
EXTENSIÓN GUAYANA.**

**AUTOR:** Kharelys Urdaneta

**TUTOR:** Ing. Antonio Seijas

**Resumen**

La planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana, se encuentra operativa cumpliendo su objetivo principal bajo los parámetros establecidos en la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” decreto 883; sin embargo, existen falencias a nivel de su gestión, destacando por ejemplo la falta de manuales de operación lo que hace que la planta no funcione de la forma debida, entre otras consideraciones, es por esto que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal desarrollar una propuesta de mejora a la gestión, para optimizarla asegurando la calidad del líquido efluente; evitando arriesgar los cuerpos donde se vierte el agua tratada y minimizando el impacto ambiental. En primera instancia se describió la situación actual de la gestión de la planta, haciendo uso de técnicas de recolección de datos como entrevistas y encuestas no estructuradas. Además, se observaron directamente los procesos y se diseñaron diagramas de flujo para representarlos; Seguidamente se realizó un diagnóstico, donde se hizo uso de información recopilada previamente: análisis DOFA, análisis de datos históricos de ensayos y matriz de riesgos. Se identificaron las oportunidades de mejora con base en los 2 primeros objetivos; además del uso de diagrama causa-efecto para los problemas considerados con mayor peso. Por último, se realizaron propuestas de mejora para dar respuestas oportunas a lo reflejado en el objetivo 3 y así como cumplimiento al objetivo general. En los resultados se conocieron los procesos y partes que comprende la planta, se verificó que el efluente cumple con las normativas vigentes, se identificaron y propusieron oportunidades de mejora a nivel de: estrategias, procesos, mantenimiento, seguridad y equipamiento de la planta, y se evidenció que, a pesar de ser una planta de tratamiento de tipo de lodos activados, no actúa como tal ya que la cantidad de biomasa presente en el reactor biológico no es suficiente, por lo que no genera suficiente lodo para su recirculación.

**Palabras Claves:** aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas, servidas, sistemas de tratamiento biológico de aguas servidas, lodos activados, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, gestión, Ucab.

## **Introducción.**

El agua es el recurso más utilizado a nivel mundial, y no es renovable, una vez que se le ha dado uso, bien a nivel doméstico o industrial se transforma en un líquido inaprovechable, es por ello que existen las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS), que tienen como objetivo disminuir el impacto ambiental que puedan generar estas aguas. Los procesos y operaciones unitarias que conforman el tratamiento de una PTAS son numerosos, pueden ser de origen físico-químico o biológico, o incluso la combinación de ambos; además de mantenimiento, solicitud de insumos y transporte; es por ello que la gestión juega un papel fundamental para garantizar la calidad del líquido efluente, por lo que se hace necesario evaluarla permanentemente, y la PTAS de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana no es la excepción.

En este trabajo se presenta una evaluación a la gestión de la planta de tratamientos de aguas servidas de la UCAB - Extensión Guayana.

Esta investigación es importante porque permitió garantizar la calidad del agua a la salida de la planta, disminuyendo el impacto que esta pudiese generar en el ecosistema y aprovechar de mayor manera la capacidad operativa e infraestructural que tiene, además de optimizar los recursos disponibles y de propiciar la economía circular.

La evaluación de la gestión de la planta surge por la necesidad de asegurar el correcto funcionamiento de la planta y establecer el estricto cumplimiento de las normas de calidad de vertidos existentes, debido a que se han detectado fallas en la gestión actual, ocasionando riesgos para el ecosistema y los trabajadores, pudiendo aumentar los costos por accidentes.

Esta investigación fue realizada aplicando un diseño por muestra del tipo campo. Está orientada a evaluar los procesos que constituyen la gestión de la planta de tratamientos de aguas servidas de la universidad, verificando el cumplimiento de la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” decreto 883.

El procedimiento que permitió alcanzar los objetivos de la presente investigación implicó los siguiente: análisis de documentación histórica de la planta, observación directa de los procesos y registro, elaboración y análisis a los diagramas de flujo de proceso, análisis DOFA, análisis a datos históricos de ensayos de la planta, identificación y valoración de riesgos por medio de una matriz de riesgos, análisis de diagrama causa-efecto.

Mediante este trabajo se logró elaborar una propuesta de mejora para la gestión de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana, sobre la base de la evaluación y diagnóstico realizado, para dar respuesta a las necesidades y oportunidades de mejora detectadas.

Para lograr los objetivos planteados anteriormente; la investigación se estructuró en cuatro capítulos:

El Capítulo I, en él se describe el Planteamiento del Problema, se definen el objetivo general, objetivos Específicos para la Propuesta de mejora a la Gestión de la Planta de tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, así como también la justificación y el alcance de la investigación.

El Capítulo II, consta del Marco teórico bajo el cual se fundamenta la investigación, se centra principalmente en el tratamiento de aguas residuales y en procesos de tratamiento de tipo biológico, así como también las bases legales que sustentan dicha investigación.

En el Capítulo III se presenta la Metodología utilizada, este capítulo se encuentra estructurado de acuerdo a los objetivos específicos planteados en el Capítulo I.

El Capítulo IV presenta los resultados de la investigación y el análisis de los datos recogidos, así como el planteamiento de la Propuesta de mejora para la Gestión de la Planta de Tratamiento de Aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, apéndices y referencias bibliográficas que fueron generadas al finalizar el presente trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **El Problema**

### **Planteamiento del problema**

Todos los seres humanos necesitan grandes cantidades de aguas para su subsistencia, tanto para consumo como para usos sanitarios, que según la OMS está en el orden de: 100 l/h al día, abastecida de manera continua, solo por citar el consumo municipal. Además, también es cierto que el 80% de esa agua utilizada se transforma en agua servidas a la cual hay que darle respuesta; he allí la importancia de la implantación de nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas, o del buen funcionamiento de las existentes.

Después de hacer uso del agua, la misma cambia su composición física, química y biológica, quedando así en un estado inaprovechable, para posteriormente ser dirigida a los ríos, lagos, estuarios y mares. Las plantas de tratamiento de aguas servidas son sistemas que se utilizan en países que respetan las normas ambientales, con la finalidad de transformar el agua servida en un recurso reutilizable, disminuyendo la cantidad de materia orgánica presente, además del material patógeno que contenga, convirtiéndola así en una sustancia que no represente daño a la salud de los consumidores, ni a las aguas de los ecosistemas donde son vertidas.

Para mejorar el funcionamiento de este tipo de plantas se pueden ejecutar distintas operaciones y procesos unitarios y hacer uso de diferentes dispositivos, esto dependerá de su estructura y de cómo se implementen las mismas, además del manejo. Sin embargo, existe un requisito obligatorio que debe ser cumplido por cualquier agua tratada por una planta de aguas

servidas, como lo es el suministro confiable de oxígeno, el cual a través de un ensayo se puede monitorear. Este debe arrojar valores estándares para garantizar una operación óptima en la planta, solo por citar uno de los renglones típicos a controlar, su contenido no mayor a 2PPM.

Además, la planta en referencia adolece de una estrategia de cómo utilizar toda la batería de válvulas que regulan el flujo dentro de la planta, para tener más opciones de tratamiento y alternativas a la hora de manejo de grandes flujos, que con frecuencia ocurren después de eventos climáticos.

La Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana, es una organización educativa ubicada en el estado Bolívar, cuenta con su propia planta para el tratamiento de las aguas servidas, con el objetivo de disminuir la cantidad de materia orgánica y elementos patógenos presentes en las aguas residuales, los cuales por ley deben estar entre los estándares previstos por la norma de vertidos 883 ; además en este caso deben ser depositadas el Rio Caroní, antes de las cascadas del parque Cachamay.

Si bien la planta arroja unos efluentes que están dentro de las normas de vertido exigidas, no es menos cierto que es más bien por el hecho de que la planta está sobredimensionada, más que por un óptimo funcionamiento de sus unidades en las diferentes etapas del proceso, por falta de adecuación de los equipos, mantenimiento y mejores disposiciones de los mismos para un mayor rendimiento.

Por esto es necesario investigar cuáles son las oportunidades de mejora en dichos procesos, de manera tal que se presenten propuestas de optimización para estos y, de ser necesario, para la infraestructura de la planta y así que se mejore la calidad del agua tratada.

De no realizar esta investigación en la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana, la planta de tratamiento seguirá operando de la misma manera sin aprovechar de forma eficiente los recursos disponibles, cuando podría incluso con menos equipos y procesos lograr el cometido explícito en la norma de vertidos citada.

Con base en esta información se ha decidido realizar una investigación en el estado Bolívar, en la planta de tratamiento para aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana. La investigación se lleva a cabo con la finalidad de mejorar el proceso global e incluso recomendar otros procesos de menos impacto aguas abajo en los efluentes, además de dar recomendaciones de cómo reutilizar las aguas tratadas en sistemas de riego y otras consideraciones dentro de la universidad por aquello de propiciar la economía circular y, por supuesto, para racionalizar consumos de energía y dar respuestas dentro de las demandas de los objetivos del desarrollo sostenible, sobre todo el ODS N° 6 contemplado en la agenda 2030 de la ONU.

En función de lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué acciones pueden mejorar la gestión que lleva a cabo una planta de tratamiento de aguas servidas?

## **Objetivos**

### ***Objetivo general.***

Elaborar una propuesta de mejora para la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.

### ***Objetivos específicos.***

- ✓ Describir la situación actual que tiene la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.
- ✓ Elaborar un diagnóstico de la gestión planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.
- ✓ Determinar las oportunidades de mejora en la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello.
- ✓ Elaborar una propuesta de mejora en la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.

## **Justificación**

En las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) los operadores realizan múltiples acciones con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la misma, estas acciones dependen de la función del operador, pero en general se tiene un control exigente que abarca desde: instalación, gestión, mantenimiento de la planta y un constante monitoreo a la sustancia trabajada: el agua.

Este trabajo surge como una iniciativa para evitar arriesgar los cuerpos donde se vierte la sustancia tratada, para mejorar la calidad del agua efluente y mitigar el problema de la contaminación de las fuentes hídricas donde estas se depositan, disminuyendo de mayor manera el impacto ambiental que estas generan.

El objetivo es optimizar la gestión global en todos los procesos realizados en la PTAS de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, garantizando un funcionamiento tal que permita a la planta cumplir con la adecuada remoción de sólidos suspendidos, reducir la DBO, y cumplir con los parámetros estipulados en las leyes del país.

Una mejora a la gestión de la planta optimizará cada uno de estos procesos, tomando en cuenta factores que pueden ser corregidos e implementando acciones que den soluciones duraderas, eficientes y eficaces, lo que pudiese disminuir costos generados ha mediado y a largo plazo y disminuir riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, además de aumentar la calidad del líquido efluente apeándose a la política ambiental vigente.

### **Alcance**

La presente investigación contempla la evaluación de la gestión de la PTAS, lo que incluye un estudio a los procesos, equipos, métodos usados, operaciones y cualquier otra actividad relevante que se deba realizar, de manera tal que se propongan acciones que disminuyan el esfuerzo y faciliten la toma de decisiones para los operadores encargados de la planta y así mejorar los resultados obtenidos. Se usarán datos recolectados de investigaciones previas. La propuesta de mejora a la planta de tratamiento de aguas servidas será realizada por el personal para tal fin con el que cuenta la planta en la UCAB, Extensión Guayana.

## **CAPÍTULO II**

### **Marco teórico**

#### **Antecedentes**

El Roumhen Yelilis (2015) realizó una investigación titulada “Propuesta de optimización para la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Católica Andrés Bello Guayana”, para optar por el título de ingeniero civil en la misma casa de estudios, ubicada en Puerto Ordaz, estado Bolívar, Venezuela, la cual tuvo como objetivo principal proponer una optimización para la planta de tratamiento de aguas residuales de la UCAB Guayana, a fin de solucionar el incumplimiento de los estándares de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), en lo que respecta al sistema biológico.

En la investigación se evaluó la eficiencia de la planta de tratamiento recopilando datos de ensayos históricos de laboratorio e información pertinente a la planta así como también se realizaron nuevos ensayos de laboratorio para conocer las condiciones de operación en ese momento, además: mediante el uso del programa Microsoft Excel se modelaron diferentes sistemas de tratamiento biológico en soporte soluble para aguas residuales, con ello se encontraron similitudes con las condiciones de operación y se planteó una propuesta de optimización para la planta de tratamiento. La eficiencia biológica de la planta medida en base a la DBO 5,20 encontrada en el estudio fue cercana al 50%, muy por debajo de las eficiencias típicas en este tipo de plantas.

Como aporte a la investigación a realizar se tiene que, la planta de la UCAB Guayana funciona como una planta típica de mezcla completa sin recirculación y no como una planta de lodos activados (base de su diseño) por lo que se propuso una adecuación de diseño a la planteada en el anteproyecto de la planta. Además de, adecuaciones a nivel de operación y mantenimiento, así como adecuaciones a nivel de paisajismo.

Millán y Polania (2018) realizaron una investigación titulada “Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A.” para optar por el título de ingeniero químico en la Fundación Universidad de América, ubicada en Bogotá Colombia, la cual tuvo como objetivo principal desarrollar una propuesta de mejora para el sistema de tratamientos de aguas residuales que se ajustara a las necesidades de la empresa.

En la investigación se determinaron y analizaron los posibles problemas de operación y mantenimiento de la PTAR , teniendo en cuenta dichos parámetros y por medio de información bibliográfica, se plantearon 3 alternativas de mejora para reducir los contaminantes que no cumplían la normatividad de la resolución 0631 implantada en el país, año 2015; para esto se propuso el diseño de la unidad de trampa de grasas por medio de 3 alternativas, y posteriormente se escogió la alternativa que mejor se ajustaba a las necesidades de la empresa. Después, se planteó para la propuesta una unidad de trampa de grasas y un sistema de recolección de lodos. El agua tratada fue caracterizada, y se determinó la disminución en los parámetros problema.

Se estableció experimentalmente que la mejor alternativa era la utilización de hidróxido de sodio como neutralizante, hidroxiclорuro de aluminio (incorrectamente denominada policloruro de aluminio) como coagulante y polímero catiónico para el proceso de floculación.

Por último, se realizó un análisis de costos, teniendo en cuenta los costos de la empresa en ese momento y los costos con propuesta.

Como aporte a la investigación a realizar se tiene que, un cambio en los componentes o químicos que se utilizan para los tratamientos del agua residual, puede mejorar directamente la calidad de la sustancia trabajada.

Así mismo, en Bogotá Colombia, Torres (2016) realizó la investigación titulada “Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la Calera (Cundinamarca)” para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Católica de Colombia, cuyo objetivo final fue proponer una intervención en las operaciones de la planta de tratamiento de agua residual del municipio de La Calera, para mejorar la calidad final del recurso.

En la investigación se determinó la causa principal por la cual la planta no cumplía con la legislación ambiental impuesta en el país, que resulto siendo una sobrecarga del caudal tratado, producto del aumento en la población que abastecía la planta. De igual manera, se descubrió una importante falencia en la operación de la planta, el vertedero de exceso descargaba directamente un caudal considerable que no presentaba tratamiento alguno que mitigará la carga orgánica que el líquido llevaba.

El mejoramiento de los procesos se basó en la implementación de una estructura que redujese la cantidad de grasas ingresada a los reactores SBR, de manera que los procesos aerobios ejecutados en los tanques se realizaran de manera efectiva y eficiente. De igual forma, se realizó un enfoque especial a un tratamiento emergente al caudal captado por el vertedero de excesos.

Como aporte a la investigación a realizar se tiene que, modificaciones en la estructura física operativa de la planta de tratamientos del agua residual puede mejorar los procesos que se ejecutan dentro de la misma.

Alonso y Sánchez (2017) elaboraron una investigación titulada “Propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.” Para optar por el título de ingeniero químico en la Fundación Universidad de América, ubicada en Bogotá-Colombia, cuyo fin fue desarrollar una propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.

En la investigación se realizó un diagnóstico total de la planta, examinando la infraestructura y el estado que presentaban los equipos en ese momento, así mismo, se estudiaron los insumos químicos utilizados en el tratamiento. También se caracterizaron en un laboratorio externo las muestras de agua tomadas de la fuente hídrica y el producto de la planta, donde se comprobó el incumplimiento de la resolución 2115 del 2007 y se establecieron los parámetros críticos del proceso como lo son la turbiedad, color y hierro, los cuales se buscaron mejorar, por ello se propusieron 3 alternativas, y se escogiéndose la más conveniente mediante una matriz de selección.

Se desarrolló el dimensionamiento teórico de un desarenador de flujo horizontal para eliminar partículas suspendidas en el agua, prevenir lodos de formación, taponamiento y suciedad innecesaria en los lechos filtrantes, siendo diseñado un equipo con una altura de 1,15 m y una longitud 9,5 m. Además, se buscó mejorar la mezcla rápida que era una etapa crítica en el proceso, por lo cual se diseñó teóricamente una turbina para llevar el mezclado a una zona de

turbulencia que garantizara el mayor contacto entre las partículas del agua, el coagulante, el regulador de pH y el desinfectante, eliminando el vórtice, previo a la clarificación.

Se llevó cabo una evaluación de eficiencia para la filtración dando un aproximado de 30%, por lo cual se sugirió un reemplazo, con este motivo se realizó una prueba experimental para comparar distintos lechos filtrantes, en busca del mejor, siendo este un lecho dual conformado por arena, antracita y grava. Por último, se propusieron mejoras en el mantenimiento de las láminas del floculador y el tanque de almacenamiento de agua clarificada. Finalmente se realizó una evaluación de costos con el fin de obtener un resultado claro del costo del proyecto en caso de ser implementado, arrojando un costo de ocho millones trescientos mil pesos aproximadamente.

Como aporte a la investigación a realizar se tiene que, un cambio en los instrumentos y utilizados para los tratamientos del agua residual puede mejorar directamente la calidad del producto final.

De igual manera, en Bogotá Colombia, Fonseca (2018) realizó una investigación titulada “Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable de la escuela de logística del ejército nacional en la Universidad distrital Francisco José de Caldas”, para optar por el título de ingeniería sanitaria en la misma casa de estudios; el propósito principal de dicha investigación fue realizar una evaluación técnica y operativa a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de la Escuela logística del Ejército Nacional para el posterior diseño de alternativas destinadas al mejoramiento de la planta.

En el momento de la investigación la escuela logística contaba con una planta de tratamiento de agua portátil (móvil), que tenía un sistema de capacidad de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , atendiendo aproximadamente 1100 personas. Partiendo del análisis de la información obtenida de inspecciones técnicas y operativas hechas a la PTAP fueron identificadas las necesidades y prioridades de la planta potabilizadora; descubriendo que presentaba falencias en el cumplimiento con la legislación ambiental colombiana.

A partir de esto se propuso un diseño de alternativas de mejoramiento de las operaciones y procesos unitarios de tal manera que garantizaran el adecuado funcionamiento del sistema atendiendo los criterios y parámetros contemplados en la normatividad vigente, con el cual no solo mejoraría la calidad de vida de la población de la escuela, si no también se evitarían gastos innecesarios en cuanto a operación y mantenimiento de la planta, así como posibles multas o sanciones por incumplimientos de la normativa, haciendo un buen uso del recurso consiguiendo un sistema de agua potable que perdurase en el tiempo y tuviese la capacidad de abastecer los usuarios con un agua potable de alta calidad.

Como aporte a la investigación se tiene que, las falencias presentes en una planta de tratamiento de agua por pequeñas que parezcan pueden incidir gravemente en el producto final, causando resultados negativos en el ámbito de: salud, leyes y ambiente; muchas veces estos problemas suelen ser provocados por agentes externos al proceso de tratamiento, por lo que es necesario hacer un diagnóstico completo desde que se recibe la sustancia a la planta hasta que es vertida en los ríos.

En Leganés España, Cid (2015) realizó una investigación que lleva por título “Mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales en Verín “, para obtener el título de ingeniero industrial, en la Universidad Carlos III de Madrid, el objetivo principal de la investigación fue desarrollar una propuesta de mejora al proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales en Verín, para ajustarse a la normativa implantada en el país.

En el proyecto se desarrolló el estudio de la situación que presentaba la depuradora, para posteriormente identificar los problemas presentados, donde se pudo observar: Mal funcionamiento de las bombas de recogida de flotantes del desarenador-desnatador, problemas medio ambientales provocados por vertidos, fallo en las condiciones de seguridad y salud en las instalaciones, y funcionamiento de soplantes de todas las balsas biológicas dependientes.

Posteriormente se propusieron las mejoras necesarias para su correcto funcionamiento, entre las cuales se encontraron: Cambio de bombas de desnatador, automatización independiente de las soplantes, instalación variadores de frecuencia en soplantes de aireación, instalación de rodapiés en barandillas e instalación de barandillas en el decantador secundario. Así mismo, se realizó un diseño del sistema de digestión y cogeneración para ser implantado en la depuradora para llevar a cabo la valorización energética de lodos.

Como aporte a la investigación se tiene que, realizar modificaciones adecuadas generales y específicas a la estructura de la PTAR en conjunto con sus equipos, procedimientos y sistemas, pueden provocar una mejora a los procesos ejecutados.

## **Bases teóricas**

### **Aguas servidas.**

La norma sanitaria venezolana para proyecto (según gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044 ), construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones, establece que se conoce como aguas servidas “aguas cloacales residuales de cualquier clase, provenientes de una edificación, o con o sin contener material fecal y/u orina, pero sin contener aguas de lluvia” (p. 168), para tratar estas aguas se han definido las características físicas, químicas y biológicas para así controlar el efecto que supondrían sobre cuerpos de agua receptores.

### **Características físicas.**

#### ***Color.***

En los efluentes de agua servida recientes presentan un color grisáceo claro el cual va oscureciendo progresivamente hasta ser completamente negro, producto de las reacciones entre los metales presentes y los sulfuros liberados en las reacciones anaerobias que sufren a medida que el flujo es conducido por la red cloacal (Metcalf y Eddy, 1995, p. 72) este cambio progresivo del color junto a otros factores como el olor permiten una determinación cualitativa de la edad del agua servida estudiada, específicamente en las aguas servidas que presentan un color negro las cuales son consideradas como sépticas (Fondo norma 2461, 2005, p.3)

### ***Olor.***

Procedente del agua servida en descomposición y vertidos industriales, se presenta olor debido a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica que contiene dicho fluido, este olor es peculiar y desagradable (Metcalf y Eddy, 1995, p. 63) Aunque el olor del agua es molesto, no existe una escala para clasificarlos.

### ***Sólidos Totales.***

Los autores previamente citados definen los sólidos totales como “la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105°C” (p. 59), es procedente del agua de suministro, aguas servidas domésticas e industriales, erosión del suelo infiltración y conexiones incontroladas, contiene solidos disueltos a una concentración mayor de 30.000 mg/l. (Fondo norma 2634, 2002, p.6)

### ***Sólidos sedimentables.***

El término hace referencia a todos los materiales que no se mantienen suspendidos o disueltos en un tanque de retención que no está sujeto a movimiento, pueden incluir partículas grandes o moléculas insolubles; también se les conoce como sólidos volumétricos (SV). Para la determinación de los sólidos sedimentables se vierte una muestra de agua en un "cono de Imhoff" hasta que llegue a la marca de un litro y se deja reposar por 45 minutos; transcurridos los 45 minutos se introduce una varilla de vidrio en el cono de Imhoff y se agita con movimientos circulares de forma tal que se desprendan las partículas sólidas de las paredes y se sedimenten. Luego de agitar con la varilla, se esperan 15 minutos y se observa el volumen de

sólidos sedimentables y se registra el valor que marque el cono como cantidad de sólidos volumétricos o sólidos sedimentables expresados en mililitros por litro (ml/l). (Fondo norma 2461, 2005, p.9)

### ***Sólidos volátiles.***

Se supone que en su totalidad los sólidos volátiles representan materia orgánica; aunque ésta no se incinera y a su vez ciertos compuestos inorgánicos tampoco lo hacen cuando se someten a altas temperatura. (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.33)

Para determinar los sólidos volátiles contenidos dentro de los sólidos totales y sólidos disueltos totales; se someten las muestras de agua residual a una temperatura de 550°C. Estos procedimientos usados para la determinación de los mismos se explican de forma detallada en la guía de Fondonorma 2461:2005 Aguas Naturales, Industriales y Residuales, Determinación de Sólidos.

Sin embargo, suele asumirse que de los sólidos en suspensión el 80% de éstos son volátiles y de éstos alrededor del 65% se consideran biodegradables. (Metcalf & Eddy, 1995, p.444)

### ***Temperatura.***

Todas las aguas servidas domésticas e industriales poseen temperatura, estas son normalmente más altas que las de suministro, influyen en las reacciones químicas y velocidades de reacción. Dependiendo del contexto geográfico, así como la época del año que se considere la temperatura fluctúa entre de 10-21°C (Metcalf y Eddy, 1995, p. 70-71) hay que prestar mucha atención a esta característica, ya que de esta depende la vida bacteriana en el fluido. Así como

también, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua debido a que, junto con el aumento de temperatura del agua decrece la solubilidad del oxígeno. (Fondo norma 2634, 2002, p.6)

La temperatura ideal para el desarrollo de actividad bacteriana entre 25 y 35 °C.

### ***Turbiedad.***

Grado de dificultad que posee el agua para transmitir la luz a través de ella está dado por materia insoluble en suspensión, materia coloidal fina. Su unidad de medición es la unidad nefelométrica (NTU O UNF). (pH, 2008) Es una medida óptica del material suspendido en el agua, se pueden considerar un factor importante del control de la calidad del agua. (Fondo norma 2634, 2002, p.7)

### **Características químicas.**

#### ***Materia Orgánica.***

La materia orgánica proviene de la actividad humana vinculada a la síntesis de compuestos orgánicos, así como de animales o vegetales (Metcalf y Eddy, 1995, p. 73), todos los compuestos orgánicos están conformados por una combinación de carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, en algunos casos se pueden presentar el hierro y el fósforo, estos elementos se enlazan para formar los compuestos propios del agua servida nombrados a continuación junto a sus proporciones típicas: proteínas (40-60%) hidratos de carbono (25-50) y grasas/aceites (10%).

### ***Proteínas.***

Las proteínas se encuentran abundantemente en el agua servida, estas son el principal componente del organismo animal, y aunque en menor proporción, también se encuentran presente en los vegetales. Las proteínas contienen carbono, oxígeno, hidrógeno, azufre, fósforo y hierro, asimismo, presentan alto porcentaje de nitrógeno (alrededor del 16%) razón por la cual, junto a la urea, representan la principal fuente de nitrógeno en el agua servida cruda (Metcalf y Eddy, 1995, p. 74).

La presencia de las altas cantidades de proteína en el agua servida puede ocasionar fuertes y desagradables olores debido al proceso de descomposición.

### ***Hidratos de Carbono.***

Contienen hidrogeno y oxígeno, por lo que cumplen con la condición orgánica descrita anteriormente (Metcalf y Eddy, 1995, p. 74) producto de su composición los hidratos de carbono generan procesos específicos en el agua servida, primero se tienen los almidones que se transforman en azucares por actividad bacteriana que prolifera el ambiente, después por los azucares que fomentan la fermentación resultando en diversos alcoholes y dióxido de carbono, por último la celulosa es descompuesta usualmente en medios de pH acido por acción de los hongos.

Los hidratos de carbono se encuentran presentes en la naturaleza, incluyen azucares, almidones, celulosa y fibra de madera, cada uno de estos compuestos presentes en el agua residual.

### ***Grasas, grasas animales y aceites.***

Normalmente tienden a ser agrupados debido a su composición química similar, son incorporados a las aguas servidas en forma de mantequilla, manteca, margarina, carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces, aceites y grasas vegetales, se hace identifica la diferencia entre grasas y aceite por su estado a temperatura normal, sólido y líquido respectivamente, estos compuestos se encuentran caracterizados por su estructura molecular distintamente estable (Metcalf y Eddy, 1995, p. 74-75), como consecuencia de dicha estabilidad la descomposición bacteriana llevada a cabo en las plantas de tratamiento no es fácil; comprometiendo así el desarrollo de la actividad biológica en la instalación, por esta razón se estila retirar este residuo previo al reactor biológico en la planta.

### ***Medida de la carga orgánica.***

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica (Metcalf y Eddy, 1985 ) Debido a la gran cantidad de compuestos que se consideran carga orgánica producto también de la dificultad inherente para medirlos directamente, se han desarrollado diversos ensayos estandarizados a lo largo de los años para la medición de la carga orgánica presente en un cuerpo de agua, entre ellos tenemos 4 ampliamente utilizados en diversos países:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
2. Demanda química de oxígeno (DQO).
3. Carbono orgánico total (COT).
4. Demanda teórica de oxígeno (DteO).

Tomando en cuenta la disponibilidad de equipos y reactivos actuales del laboratorio de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana se implementa el ensayo de DBO como la medida de carga orgánica a utilizar.

Demanda bioquímica de oxígeno. La demanda bioquímica de oxígeno, abreviado como DBO, en un concepto amplio, Lecca y Lizama, (2014), lo definen como “la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio.” (p. 76) la definición anterior ejemplifica una de las maneras de superar la dificultad que presenta medir concisamente la carga orgánica presente en un cuerpo de agua, al medir el oxígeno que consume por los microorganismos en un periodo de tiempo determinado en lugar de la cantidad de microorganismos directamente, aplicando este modelo resulta evidente que a mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla.

La norma Covenin 3008-93, explica la relevancia del DBO de la siguiente manera:

La DBO es uno de los parámetros más utilizados en la determinación de la carga orgánica vertida a los cuerpos receptores, así como a los sistemas de tratamiento para aguas servidas y en la evaluación de la eficiencia de los mismos en la remoción de materia orgánica (p. 3)

Es esta razón que para determinar la contaminación de las aguas se suele utilizar la medición del DBO, ya que cuando este se encuentra en altos niveles, los niveles de oxígeno disueltos disminuyen producto de los procesos propios de las bacterias al descomponer la materia orgánica (Sanchez, Herzig, Peters, Marquez y Zambrano, 2007, p. 124).

Los altos niveles de DBO en las aguas naturales al disminuir el oxígeno disponible, la fauna acuática tiene menos posibilidades de sobrevivir, radicando ahí la importancia de que las aguas servidas sean tratadas de manera adecuada para que los vertidos no perjudiquen al ecosistema.

Otro método usado es La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mg } O_2/\text{l}$ ). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

Materia Inorgánica: el contenido de materia inorgánica en un agua residual es asociado al contacto entre formaciones geológicas y aguas naturales; contacto del cual puede originarse una descomposición de minerales y rocas quedando éstos contenidos en el agua natural y siendo por ende transmitidos al agua potable y también residual. (Metcalf & Eddy, 1995, p.95)

Entre los parámetros asociados al estudio de materia inorgánica en aguas residuales se encuentran el pH, alcalinidad, contenido de nitrógeno, contenido de fósforo y oxígeno disuelto. También son estudiados otros el contenido de metales pesados y compuestos tóxicos, pero están relacionados con aguas residuales industriales. (Metcalf & Eddy, 1995, p. 95)

pH: es el grado de concentración del ión hidrógeno y está asociado al grado de acidez o alcalinidad. Un pH muy bajo o muy alto dificulta el tratamiento del agua residual mediante un proceso de tipo biológico. (Metcalf & Eddy, 1995, p.95)

(Cruz Carvajal, 2001, p.12) Para el caso de las aguas residuales lo aconsejable es que este valor oscile entre 6.5 y 8 ya que las bacterias tienen un pH ideal de 7 a 7.5 para dar lugar al proceso biológico de tratamiento.

El valor del pH puede medirse mediante soluciones indicadoras y cintas de pH, así como también utilizando un instrumento denominado pHmetro.

Alcalinidad: ésta se debe en su mayoría al bicarbonato de calcio, bicarbonato de magnesio, bicarbonato de sodio, hidróxidos, carbonatos, potasio o amoníaco que podrían estar contenidos en un agua residual. La alcalinidad ayuda a atenuar los vertidos ácidos presentes en el agua residual; la mayoría de las aguas residuales son alcalinas y esto resulta favorable para los procesos de tipo biológico. (Metcalf & Eddy, 1995, p.97)

Nitrógeno y Fósforo: El Nitrógeno (N) y el Fósforo (P) se consideran indispensables para la vida vegetal y de microorganismos, por lo cual se les conoce como "elementos nutritivos" o "bioestimuladores". El Nitrógeno es necesario para sintetizar las proteínas en las aguas residuales. De acuerdo a la UE 91/271/CEE "Referente al tratamiento de aguas residuales urbanas" los valores de fósforo deben estar comprendidos entre 1 y 2 mg/l y para el caso de Nitrógeno debería estar de 10 a 15 mg/l. Cuando el Nitrógeno este por debajo del rango lo más recomendable es añadirlo al efluente para garantizar la síntesis de proteínas en el tratamiento de aguas residuales de tipo biológico. (Metcalf & Eddy, 1995, p.97)

Oxígeno Disuelto: tiene una solubilidad baja en el agua y su presencia es necesaria para que puedan respirar los microorganismos aerobios; ayuda a neutralizar los olores y al desarrollo de los procesos biológicos, por lo cual resulta favorable tener suficiente de este gas en las aguas

residuales. Es consumido en procesos de tipo biológico en los cuales una mayor velocidad del proceso está asociada con temperaturas más cálidas y climas tropicales. Existe una tendencia de disponer de una menor cantidad de oxígeno disuelto durante el verano o en climas típicos del trópico.

### **Características Biológicas.**

En las aguas superficiales y servidas es común encontrarse con una gran variedad de microorganismos biológicos (hongos, algas, bacterias, virus, protozoos, organismos patógenos) así como también podemos encontrarnos con plantas y animales; que conforman distintas especies biológicas para aguas superficiales o aguas residuales. (Metcalf & Eddy, 1995, p.103)

En la tabla 1 se observa la clasificación de los principales microorganismos tanto para aguas superficiales como aguas servidas también.

Tabla 1.

*Clasificación de los Microorganismos.* Fuente: Metcalf & Eddy.

<b>Grupo</b>	<b>Estructura Celular</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Miembros Representativos</b>
Eucariotas	Eucariotas	Multicelular, con gran diferenciación de las células y el tejido.	Plantas (plantas de semilla, musgos, helechos). Animales (vertebrados e invertebrados).
Eubacterias	Procariota	Unicelular o coenocítica o micelial; con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Protistas (algas, hongos, protozoos)
Arqueobacterias	Procariota	Química celular distintiva	Metanógenos, halófilos, termacidófilos

Animales y plantas: es importante conocer la flora y fauna de un ambiente (lago, río) al cual llega una descarga de agua servida; ya que esto ayuda a evaluar las condiciones en que éste se encuentra y sirve de referente para tener idea de los niveles de toxicidad del efluente de agua de servida y para observar si el tratamiento del mismo es o no eficaz; es decir si durante el tratamiento biológico se destruyen en su mayoría aquellos nutrientes que podrían generar la eutrofización. (Metcalf & Eddy, 1995, p.105)

Además, dentro de los animales que se encuentran en aguas servidas deben prestársele atención a ciertos tipos de gusanos que pueden provocar infecciones tales como los "platelmintos" que se les conoce como gusanos planos; ya que éstos podrían ser causantes de infecciones no deseadas. (Metcalf & Eddy, p.105)

### ***Microorganismos.***

Bacterias: pertenecientes al conjunto procariota tienen una naturaleza unicelular, clasificándolo según su forma se subdividen en 4 grupos, primeramente, las "coco" poseen forma de esferas con un diámetro de 1-3 micras, los bacilos con forma de bastón con tamaños que varían desde 0.5-2 micras de ancho y 1-10 micras de largo, las de bastón curvado con dimensiones de ancho 0.6-1 micra y 2-6 micras de ancho, por último las bacterias filamentosas pueden superar las 100 micras (Metcalf y Eddy, 1995, p. 104), debido al papel fundamental que desempeñan en las plantas de tratamiento saber identificar los distintos grupos de bacterias resulta imprescindible, así como el funcionamiento de sus procesos normales.

Hongos: son organismos protistas eucariotas aerobios multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos, junto a las bacterias representan los principales responsables de la

descomposición del carbono en la biosfera en general asimismo como en los procesos de tratamiento de agua, producto de que su alimentación es fundamentalmente proveniente de la materia orgánica muerta (Metcalf y Eddy, 1995, p. 104), en contraste a las bacterias resultan más resistentes logrando proliferarse en ambientes más inhóspitos respecto a la cantidad de humedad y pH extremo complementando a los microorganismos bacterianos en el tratamiento de agua servida.

Protozoos: su alimento principal son las bacterias y otros microorganismos; la mayor parte de ellos son aerobios sin embargo también los hay anaerobios; también dentro de los protozoos se encuentran algunos que son patógenos. (Metcalf & Eddy, 1995, p.105)

Los Protozoos son de gran importancia para el desempeño de tratamientos biológicos y la purificación de cursos de agua "ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos". (Metcalf & Eddy, 1995, p. 105)

Algas: Si bien presentes en el agua servida por lo general estos microorganismos se encuentran en las aguas superficiales naturales resultan más problemáticos que beneficiosos ya que, en condiciones favorables, tienen a presentar un crecimiento explosivo, este fenómeno puede desembocar en eutrofización del cuerpo de agua (Metcalf y Eddy, 1995, p. 104).

Al referirse a la eutrofización generalmente se habla de cuerpos de agua con poca corriente, lógicamente resulta inusual que afecte a una planta de tratamiento que constantemente circula las aguas que contiene, sin embargo no se pueden ignorar ya que representan otros inconvenientes, principalmente que la presencia de algas exige que los efluentes de los procesos de tratamiento

en las aguas servidas no promuevan el fenómeno del crecimiento explosivo en los cuerpos de agua receptores puesto que es el ambiente donde la eutrofización es más probable.

Virus: Para el estudio de los distintos mecanismos de transporte y eliminación de virus en aguas residuales y aguas superficiales se requiere de un mayor apoyo por parte de biólogos que de ingenieros. (Metcalf & Eddy, 1995, p.106).

"Los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético— ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA)— con una capa de recubrimiento proteínico". (Metcalf & Eddy, 1995, p.106).

Los virus no pueden sintetizar nuevos compuestos, en vez de esto lo que hacen es invadir a las células del cuerpo en el que están contenidos y cambian la actividad celular ya que producen partículas de virus a costa de las células originales. Una vez muerta la célula original, se liberan numerosas cantidades de virus que infectan a otras células. (Metcalf & Eddy, 1995, p.106)

Por medio de datos obtenidos mediante experimentos se comprobó que un gramo de heces de una persona con hepatitis puede contener desde 10.000 hasta 100.000 dosis de virus hepático. Razón por la que algunos brotes de hepatitis infecciosa se le atribuyen a agua potable que podría contener el virus. (Metcalf & Eddy, 1995, p.106)

Se conoce con seguridad que los virus pueden sobrevivir hasta 6 días en ríos normales, e inclusive existen virus que sobreviven hasta 41 días a una temperatura de 20°C, esto puede ocurrir tanto en aguas residuales como en superficiales. (Metcalf & Eddy, 1995, p.106)

Organismos patógenos: los organismos patógenos encontrados en las aguas servidas pueden provenir de los desechos de humanos que estén enfermos o bajo un proceso infeccioso. Estos organismos bacterianos patógenos que pueden ser expulsados mediante las heces por el hombre pueden provocar enfermedades tales como diarreas, cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras. (Metcalf & Eddy, 1995, p.106)

En la tabla 2 podemos encontrar los principales organismos patógenos que se encuentran en aguas residuales; en la tabla 3 los organismos que se emplean como indicadores de la contaminación humana y en la tabla 4 los organismos indicadores utilizados para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua.

Tabla 2.

*Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta.* Fuente: Metcalf & Eddy.

<b>Organismo</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Comentario</b>
Bacteria:  Escherichia coli (enteropatógena)  Legionella pneumophila  Leptospira (150 esp.)	  Gastroenteritis  Legionelosis  Leptospirosis	  Diarrea  Enfermedades respiratorias agudas  Leptospirosis, fiebre (enfermedad de Weil)
Salmonella typhi  Salmonella (~1.700 esp.)  Shigella (4 esp)  Vibrio cholerae  Yersinia enterocolitica	Fiebre tifoidea  Salmonelosis  Shigelosis  Cólera  Yersinosis	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado  Envenenamiento de alimentos  Disentería bacilar  Diarreas extremadamente fuerte  Diarrea

Tabla 2 (continuación).

<p>Virus:</p> <p>Adenovirus (31 tipos)</p> <p>Enterovirus (67 tipos, p.e. polio, eco y virus Cocksakie)</p> <p>Hepatitis A Agente Norwalk</p> <p>Reovirus</p> <p>Rotavirus</p>	<p>Enfermedades respiratorias</p> <p>Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis</p> <p>Hepatitis infecciosas</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>Gastroenteritis</p>	<p>Fiebre, Vómitos</p>
<p>Protozoos:</p> <p>Balantidium coli</p> <p>Cryptosporidium</p> <p>Entamoeba histolytica</p> <p>Giardia lamblia</p>	<p>Balantidiasis</p> <p>Criptosporidiosis</p> <p>Amebiasis (disentería amébrica)</p> <p>Giardiasis</p>	<p>Diarrea, disentería</p> <p>Diarrea</p> <p>Diarreas prolongadas con Sangre, abscesos en el Hígado y en el intestino delgado</p> <p>Diarrea, náuseas, Indigestión</p>

Tabla 2 (continuación)

Helmintos	Ascariasis	Infestación de gusanos
Ascaris lumbricoides		
Enterobius vericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciola hepática	Ascariasis	Infestación de gusanos
Enterobius vericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciola hepática	Fascioliasis	Gusanos (tercera)
Hymenolepsis nana	Hymenlepiasis	Tenia enana
Taenia saginata	Teniasis	Tenia (buey)
T. solium	Teniasis	Tenia (cerdo)
Trichuris trichiura	Trichuriasis	Gusanos

Tabla 3.

*Organismos específicos que han sido empleados o propuestos como indicadores de la contaminación humana.* Fuente: Metcalf & Eddy.

<b>Organismo indicador</b>	<b>Características</b>
Bacterias coliformes	Especie de organismos que pueden fermentar lactosa con generación de gases (o producen una colonia diferenciable en un periodo de incubación en un medio adecuado de $24 \pm 2$ h a $48 \pm 3$ h) a $35 \pm 0,5$ °C. Existen algunas variedades que no se ajustan a la definición. El grupo de coliformes incluye cuatro géneros de la familia Enterobacteriácea. Estos son el Escherichia (especie E.coli) parece ser el más representativo de la contaminación fecal
Bacterias coliformes fecales	Se estableció un grupo de bacterias coliformes fecales en función de la capacidad de generar gas (o colonias) a una temperatura de incubación de elevada ( $44,5 \pm 0,2$ °C durante $24 \pm 2$ h ).
Klebisella	La población total de coliformes incluye el género Klebisella termotolerante también se incluye en el grupo de coliformes fecales. Este grupo se cultiva a $35 \pm 0,5$ °C durante 24 h $\pm 2$ h.
Escherichia coli	El E. coli es parte de la población bacteriana y es el género de coliformes más representativos de las fuentes de contaminación fecal.
Streptococos fecales	Este grupo se ha empleado, junto con los coliformes fecales, para determinar las fuentes de contaminación fecal reciente (humana o de animales de granja). Con los procedimientos analíticos habituales no es posible diferenciar los verdaderos estreptococos fecales de algunas de las variedades que se parecen a este grupo, lo cual representa un impedimento para su uso como organismo indicador.
Enterococos	<p>Dos familias de estreptococos fecales —S. faecalis y s. faecium— son los miembros del grupo de los estreptococos más específicos de la contaminación humana. Las dos familias conocidas como enterococos se pueden aislar y cuantificar mediante la eliminación de las demás familias mediante métodos analíticos.</p> <p>Los enterococos suelen estar presentes en número inferior al resto de los organismos indicadores; no obstante, sobreviven mejor en agua salada.</p>
Clostridium perfringes	Es una bacteria persistente anaerobia formadora de esporas, y sus características la convierten en un indicador útil en los casos en los que se realiza la desinfección del agua, en los que es posible la existencia pasada de contaminación, en los que el tiempo que se tarda antes de realizar los análisis es dilatado.
P. aeruginosa y A. hydrophila	Estos organismos pueden estar presentes en grandes cantidades en agua residual. Ambos se pueden considerar como organismos acuáticos y se pueden encontrar en el agua en ausencia de fuentes de contaminación fecal inmediatas.

Tabla 4.

*Organismos indicadores para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua.* Fuente: Metcalf & Eddy.

<b>Usos del agua</b>	<b>Organismo indicador</b>
Agua potable	Coliformes totales
Actividades lúdicas en agua dulce	Coliformes fecales E. coli Enterococos
Actividades lúdicas en agua salada	Coliformes fecales Coliformes totales Enterococos
Zonas de crecimiento de moluscos	Coliformes totales Coliformes fecales
Irrigación agrícola	Coliformes totales (agua reutilizada)
Desinfección de efluentes de aguas residuales	Coliformes totales Coliformes fecales

### **Contaminantes del agua residual.**

El agua pura no se encuentra en forma natural. Cuando el agua entra en contacto con el aire, suelo, o el hombre, adquiere impurezas y se contamina; lo que ocasiona enfermedades y perjuicios al ser humano (Raffo Lecca, 2013). El agua servida presenta distintos tipos de contaminantes dependiendo del uso que se le haya dado, estos no deben sobre pasar las concentraciones máximas permisibles para el proceso de vertimiento o reúso y requieren de distintos procesos para ser disminuidos o eliminados. Se clasifican en químicos, físicos y biológicos, siendo vista las impurezas desde el punto de vista químico con origen en la materia orgánica e inorgánica.

La siguiente tabla se muestra los contaminantes de aguas servidas que poseen mayor importancia:

Tabla 5.

*Contaminantes con mayor importancia en las aguas servidas. Fuente: Metcalf & Eddy.*

<b>Contaminantes</b>	<b>Parámetro de medida</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Sistema de tratamiento</b>
Materia orgánica biodegradable	DQO, DBO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.	Sistema fisicoquímico Filtración intermitente en arena Filtros percoladores
Materia Suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.	Sedimentación Coagulación/sedimentación Adición de polímeros reactivos químicos Flotación
Metales Pesado	Cu+ - Fe+	Posiblemente deben ser removidos para reutilización del agua	Precipitación Química e intercambio de iones
Materiales Tóxicos	Como cada material tóxico específico	Peligrosidad para la vida vegetal y animal.	Proceso de separación de fases, proceso de transformación química y biológica
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.	Lodos activados, biorremediación
Energía Térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua.	Separación térmica
Iones Hidrogeno	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.	Resinas de intercambio catiónico.
Sólidos Inorgánicos disueltos	Sulfatos	Deben ser removidos para reúso del agua	Intercambio de iones Osmosis inversa Electrodiálisis

## **Tratamiento de aguas servidas por medios químicos.**

Para evitar y eliminar la contaminación del agua se deben hacer uso de técnicas de tratamiento. Las leyes o normas se encargan de regular y establecer la calidad apropiada del agua según el uso que se le dará, estudiando las concentraciones de contaminantes. Este tratamiento se realiza comúnmente mediante agentes químicos, agentes físicos, medios mecánicos y radiación. Los agentes químicos son los más usados en el proceso de tratamiento de agua residual donde se utilizan desinfectantes como: cloro y sus compuestos, bromo, yodo, ozono, fenol, compuestos fenólicos, alcoholes, metales pesados, alcoholes, y compuestos afines, colorantes, jabones y detergentes sintéticos, diversos álcalis o ácidos. Entre los desinfectantes químicos, el cloro es el más utilizado universalmente. Los compuestos de cloro utilizados son el cloro gas ( $Cl_2$ ), el hipoclorito sódico ( $NaClO$ ) y el dióxido de cloro ( $ClO_2$ ). En el agua en contacto con el cloro actúan mecanismos oxidativos, reacciones químicas, precipitación de proteínas, modificación de la pared celular de los microorganismos e hidrólisis de compuestos de protoplasma celular.

Según Millan y Polania (2017), entre los tipos de tratamiento de aguas servidas se encuentran:

***Pre- tratamiento.*** Su objetivo principal es remover del agua servida aquellas impurezas constituyentes que pueden causar inconvenientes de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que no puedan tratarse junto con los demás componentes del agua servida, como los son cuerpos sólidos gruesos y finos, donde se utilizan operaciones de tipo mecánico o físico para su remoción, algunas de ellas son:

1. Cribado: Esta es la primera operación unitaria que se realiza en las plantas de tratamiento de agua servida, es utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de esta por una

criba o rejilla. Una rejilla es un dispositivo con aberturas generalmente de tamaño uniforme, utilizado para retener los sólidos que arrastra el agua servida. La criba puede ser de cualquier material como de láminas metálicas, de madera o de concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas o cribas de limpieza pueden ser rejillas finas o gruesas. Las gruesas son aquellas que poseen aberturas iguales o mayores de 0,64 cm ( $\frac{1}{4}$  pulgada), mientras que las finas tiene una abertura menor de 0,64 cm.

En el tratamiento de aguas servidas se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero con la función de proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros, y objetos grandes.

La longitud de las rejillas de limpieza manual no debe exceder aberturas mayores de las que permita su limpieza conveniente por parte del operador. En la parte superior de la rejilla debe haber una placa de drenaje, que permita la salida de los materiales removidos durante el proceso. El canal de acceso a la rejilla se debe diseñar de tal manera que se pueda prevenir la acumulación de arenas y materiales pesados, antes y después de la rejilla. El canal debe ser preferiblemente horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para tener una distribución uniforme de los residuos.

2. Separadores de grasa: Para realizar el proceso de desengrase o desaceitado se debe separar del agua de los flotantes, grasas y aceites que pueden portar, y que serían susceptibles de flotación natural o inducida. Las grasas entre otros factores, pueden provocar y favorecer fenómenos de flotación de fangos; este es indeseable en procesos posteriores de decantación del agua. Los tanques separadores de grasas consisten en un depósito dispuesto de tal manera que la

materia flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y se elimine, mientras que el líquido va saliendo del tanque de forma continua, a través de una abertura situada en el fondo o por debajo de deflectores de espuma.

El sistema más sencillo para remoción de aceites y grasas usado para establecimientos e industrias pequeñas es la trampa de grasas; que consiste en una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa flota a la superficie libre del agua y es retenida. Mientras que el agua más clara subyacente es descargada con la misión de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre la acción bacterial y la sedimentación en el tanque séptico.

Usualmente los separadores de grasas se diseñan con tiempos de retención de 15 a 30 minutos y un tamaño mínimo de 2,8 m a 3.8m. La trampa debe tener una distancia suficiente entre su entrada y salida de efluentes para permitir la separación diferencial por gravedad y no dejar escapar grasas por la unidad de salida. Si no se realiza un buen mantenimiento las trampas de grasas no funcionarán adecuadamente.

***Tratamiento primario.*** Es un conjunto de procesos que tiene como objetivo la eliminación de sólidos suspendidos en el agua, por medio del aumento de la tasa de sedimentación gravitacional y el porcentaje de remoción de contaminantes, que por ser más finos no han podido ser eliminados durante el pre- tratamiento. (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366), este tratamiento comprende operaciones de tipo físico y químico como decantación, neutralización y coagulación-floculación, a través de la adición de pequeñas dosis de sustancias químicas. Los procesos unitarios considerados en el tratamiento químicamente mejorados son:

1. Neutralización: Según los autores mencionados anteriormente, también se conoce como neutralización el ajuste de pH consiste en la adición de un álcali o de un ácido al agua, de manera que se obtenga un pH cercano a 7.0, este se agrega cuando la alcalinidad del agua no es suficiente para reaccionar con el coagulante, el pH, es un factor importante para los sistemas de reacciones químicas y para ejercer control de la corrosión en toda fuente que lo reciba. La neutralización supone la reacción de soluciones, con iones hidrógenos o hidróxido activos, para formar agua y sales neutras. Para la neutralización de aguas ácidas se emplean reactivos alcalinos, de los cuales los hidróxidos de calcio, óxido o hidróxido de magnesio, o hidróxido de sodio (soda caustica) suelen ser los más empleados para incrementar el pH.

La neutralización de aguas alcalinas se hace agregando, comúnmente, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y CO<sub>2</sub> en forma de gas. La mayoría de los procesos de tratamiento de aguas residuales necesitan ajuste de pH, debido a que afecta en los procesos de tratamiento. Para la coagulación, cada coagulante tiene por lo menos una zona de pH óptimo beneficiando también el proceso de floculación de manera que ocurra en un menor tiempo.

2. Homogenización: se emplea para realizar un total entrelazamiento entre dos sustancias o para realizar el proceso de estabilización (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Se realiza por medio de agitadores mecánicos como paletas o por condiciones del diseño que aseguren la turbulencia para aprovechar el régimen circular. Es un método empleado para retener los vertidos en un depósito, de forma que su efluente sea suficientemente uniforme en sus características sanitarias, como lo es el pH, el color, la turbiedad, alcalinidad y el DBO, entre otros. En los procesos de tratamiento el mezclado tiene generalmente lugar en el régimen de flujo turbulento donde predominan las fuerzas de inercia. Por lo general cuanto más alta sea la velocidad mayor la turbulencia y por lo

tanto más eficaz será el mezclado. La intensidad y la duración de la mezcla deben ser controladas; se debe evitar el exceso de mezcla o la mezcla reducida.

3. Coagulación: tiene por objetivo la acumulación de sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, para convertirlos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Consiste en desestabilizar las partículas suspendidas y/o coloides presentes en el agua residual; los cuales presentan una gran repulsión entre ellas, estas impiden su aglomeración y precipitación por lo que se hace necesaria la adición de un producto químico de manera que se anulan las cargas, las partículas se aglomeran y la mayor densidad de estos aglomerados se sedimenta. Este fenómeno ocurre debido a una serie de reacciones químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma. La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua en pequeñas fracciones de tiempo donde se desestabiliza en unos pocos segundos. El objetivo de la adición del coagulante es convertir algo de material no sedimentable en material sedimentable. Los coagulantes se dividen en coagulantes orgánicos y los inorgánicos. Los coagulantes orgánicos como inorgánicos aportan una reducción de consumo del 30%-60 %, reduciendo considerablemente los tiempos de coagulación, mejorando la densidad del coagulo formado y eliminando o reduciendo sensiblemente la dosificación de remoción, rompiendo los sólidos existentes en el agua residual y el floc formado.

4. Sedimentación: la sedimentación consiste en la separación de distintas partículas que se encuentran en suspensión, las cuales son más pesadas que el agua, mediante el proceso de gravedad (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Esta operación se utiliza para la eliminación de arena, materia particulada contenida en el tanque de decantación primaria, de los flóculos químicos

cuando se emplea la coagulación química y para la concentración de sólidos en los espesadores de fango. La función principal de la sedimentación es producir agua clarificada con turbiedad mínima, por lo general de 10 UNT (unidades nefelométrías de turbidez), para una filtración posterior efectiva. El proceso de sedimentación depende de la realización adecuada de la coagulación y la floculación, el operador debe asegurar la obtención del mejor floc posible antes del sedimentador. En general, en los sedimentadores se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiado sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.

***Tratamiento secundario.*** Es implementado para eliminar la materia biodegradable por medio de microorganismos (bacterias) que se alimentan de materia orgánica contaminante, la cual se encuentra disuelta o en forma coloidal, estas se convierten en las propias células de dichos microorganismos y se transforma en otros productos más simples, de manera que se degrada (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Estos procesos son llevados a cabo en diferentes reactores biológicos los cuales crean y mantienen unas condiciones pertinentes para permitir el desarrollo óptimo de los microorganismos. Los procesos biológicos que se utilizan para este proceso se clasifican en aerobios o anaerobios.

***Tratamiento terciario.*** Sirve para eliminar determinados contaminantes que pudieran aun persistir en las aguas, tales como sales disueltas y micro contaminantes, al fin de eliminar los gérmenes patógenos y parásitos, color, detergentes, fosfatos, compuestos nitrogenados; disminución de materias disueltas y en suspensión, reducción de la carga orgánica si esta es muy elevada, las aguas presentan altos valores de DQO y DBO, aun después del tratamiento secundario. Los procesos que se llevan en este tratamiento son las siguientes:

1. Filtración: es un proceso mediante el cual ocurre la separación de sólidos de un agua, basado en el paso de una mezcla de sólido-líquido a través de un medio más o menos poroso en el cual retiene los mismos, permitiendo el paso del líquido. Es una operación utilizada para remover además de sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus, por lo que asegura una calidad superior que el efluente secundario. Para la operación de filtración se suele utilizar diferentes tipos de filtros dependiendo de la calidad del agua a filtrar y sus diferentes contaminantes. La funcionalidad de la filtración se determina por la fuga de sólidos suspendidos en el efluente filtrado o por la pérdida de energía a través del filtro.

Hay distintas formas de clasificar los sistemas de filtración: por gravedad o a presión, lentos o rápidos. La operación de un filtro por gravedad consiste en llenar poco a poco, con agua, hasta cubrir totalmente el medio, para remover el aire acumulado entre los gránulos del lecho filtrante y así prevenir la alteración superficial del medio al entrar el afluente. Este llenado se recomienda hacer cada vez que se deje bajar el nivel del agua.

1.1 Filtros de carbón activado granular. Basan su funcionamiento introduciendo el agua por la parte superior de la columna y sale por la parte inferior, el carbón se mantiene en su lugar por medio de una rejilla en el fondo de la columna. Estos filtros se operan generalmente con flujo ascendente y descendente y deben lavarse con agua de buena calidad.

Uno de los problemas más comunes con el filtro de carbón es la obstrucción motivada por los sólidos en suspensión presentes en el agua residual a tratar. El problema de obstrucción del lecho de carbón se puede superar parcialmente si se utiliza un lavado superficial o aire, o ambos. La regeneración del carbón puede efectuarse mediante el lavado con distintos solventes orgánicos,

ácido mineral, sustancias cáusticas, vapor o calor seco. La remoción de compuestos orgánicos y de turbiedad en los filtros de carbón activado granular depende del tipo de carbón activado. Los filtros de carbón activado granular con tamaño efectivo pequeño y un coeficiente de uniformidad grande favorece la adsorción rápida de compuestos orgánicos.

1.2 Filtros de arena: los filtros de arena son usados para purificar el agua por medio de tanques grandes que contienen un lecho de arena por medio del cual el agua pasa a distintas tasas de 0,1 a 0,3 m/h. Estos han sido empleados para disminuir la carga orgánica y de nutrientes de las aguas residuales. A los filtros se les debe realizar un proceso de mantenimiento por medio de un retro lavado, dependiendo del método para el lavado, este puede ser de medio estratificado o no estratificado.

2. Desinfección: se realiza con el objetivo de reducir principalmente el contenido de bacterias y virus en las aguas residuales tratadas previo a su exposición final (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades, debido a que todos los organismos se destruyen durante el proceso de tratamiento. En la actualidad los procesos de tratamiento de agua residual que se ejecutan utilizan para la desinfección la adición de cloro, aunque presenta efectos adversos como generación de algunos compuestos cancerígenos. El proceso de desinfección que se utilice se debe seleccionar dependiendo del caudal de agua residual a tratar, calidad final deseada de desinfección, razón de aplicación y demanda, el pH del agua que se va a desinfectar, y disponibilidad.

### **Planta de tratamiento de lodos activados.**

Es una planta que se fundamenta en un proceso biológico, donde los microorganismos que crecen en el agua servida convierten la materia orgánica disuelta en productos más simples como: nuevas bacterias, dióxido de carbono y agua, de esta manera ocurre la purificación natural de las aguas servidas. Este tratamiento consiste en dos partes:

- ✓ Tratamiento aerobio: consiste en un cultivo aerobio de microorganismos que oxidan la materia orgánica suspendida en el agua servida.
- ✓ Procesos de biodegradación: consiste en un conjunto de procesos de oxidación de la materia orgánica disuelta (biodegradación) y producción de nueva biomasa celular (biosíntesis) cuyo objetivo es dejar el agua sin materia orgánica en suspensión, con valores de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), SS (Sólidos suspendidos) y turbiedad bajos.

Los desperdicios generados por el proceso de tratamiento de aguas servidas con lodos activos, son los lodos; los cuales pueden ser aprovechados como abono si pasan por un correcto proceso de compostaje.

### **Compostaje.**

Transformar materia orgánica en abono se conoce como proceso de compostaje. " El proceso de compostaje consiste en la descomposición biológica aerobia y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas termófilas (entre 50 y 70 °C), como resultado de la generación de energía calorífica de origen biológico, de la cual se

obtiene un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y puede ser aplicado al suelo beneficiosamente” (Campos E, Flotats X, Illa J, Magrí a, Palatsi J, Solé Mauri, 2004, p.30).

La acción de los microorganismos consume oxígeno, produciendo dióxido de carbono, agua y altas temperaturas, tal como se indica en la figura x. El sistema requiere aireación para que el proceso se pueda ejecutar de manera adecuada, esta se puede dar por medio de aireadores por soplantes o con volteo con palas de manera manual.

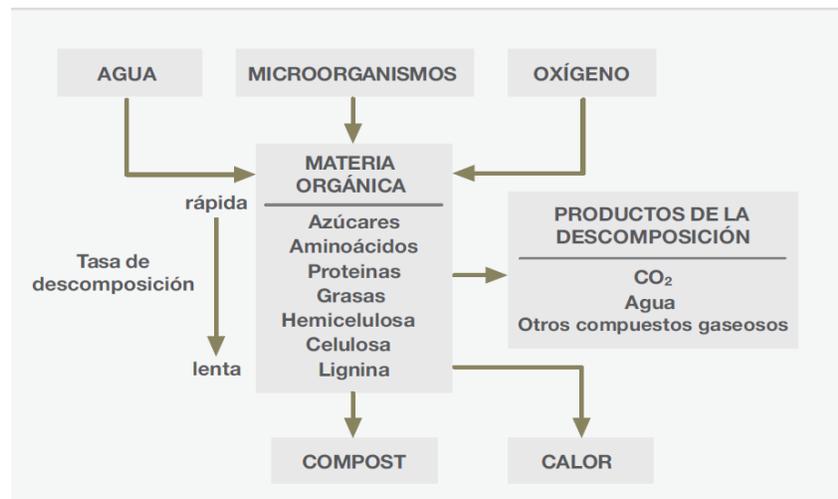


Figura 1. Esquema conceptual del proceso de compostaje. Fuente: Campos E, Flotats X, Illa J, Magrí a, Palatsi J, Solé Mauri.

Antes de hacer un compostaje es necesario evaluar las condiciones de humedad y estructura, ya que son factores que afectan el proceso.

- ✓ Humedad: si el agua no es suficiente entonces se tendrá un proceso lento y la materia orgánica no se podrá ser descompuesta por completo, mientras que por el contrario si existe presencia excesiva de agua entonces el oxígeno no podrá entrar por los poros, lo

que ocasiona un bajo crecimiento de microorganismos. La humedad debe ser en todo caso por debajo del 80%.

- ✓ Estructura: El tamaño de las partículas, la porosidad y la textura pueden limitar o favorecer la aireación y por consiguiente la descomposición.

### **Bases teóricas relacionadas con las técnicas de análisis de datos o variables**

Para manejar las variables y alcanzar los objetivos planteados se hará uso de una serie de herramientas estadísticas y técnicas de evaluación, tales como:

#### **Diagrama de Flujo de proceso.**

Es un tipo de diagrama de flujo que ilustra las relaciones existentes entre los principales componentes de un proceso. Se utiliza ampliamente en los ámbitos de ingeniería química e ingeniería de procesos; especialmente para documentar o mejorar un proceso o modelar uno nuevo. Estos emplean un conjunto de símbolos y notaciones para realizar la descripción. Este tipo de diagrama permite:

- ✓ Documentar un proceso con el fin de lograr una mejora en la comprensión, el control de calidad y la capacitación de los empleados.
- ✓ Estandarizar un proceso para obtener una eficiencia y repetibilidad óptimas.
- ✓ Estudiar un proceso para alcanzar su eficiencia y mejora. Ayuda a mostrar los pasos innecesarios, cuellos de botella y otras ineficiencias.
- ✓ Crear un proceso nuevo o modelar uno mejor.
- ✓ Comunicar y colaborar con diagramas que se dirijan a diversos roles dentro y fuera de la organización.

## **Análisis DOFA.**

En este se lleva a cabo una evaluación de los procesos; realizando un análisis interno y externo a la organización, empresa o persona que se le aplique, permitiendo el conocimiento de su estado actual y la posterior toma de decisiones con base en los resultados arrojados. Las fortalezas y debilidades pertenecen al análisis interno, mientras que las oportunidades y amenazas al externo.

### ***Factores externos.***

Son factores que se encuentran fuera del control de la organización; en los que se identifican:

- ✓ Oportunidades: son aspectos positivos del escenario externo que se pueden aprovechar para el desarrollo de la organización.
- ✓ Amenazas: elementos del escenario externo que de ocurrir pueden afectar negativamente la organización, dificultando su planificación.

### ***Factores Internos.***

Son elementos que crean o destruyen valor para la organización. En este se identifican:

- ✓ Debilidades: son los elementos internos que no ayudan a la organización, en cambio si pueden afectarla negativamente.
- ✓ Fortalezas: son los elementos internos que si se les saca provecho son de beneficio para la organización.

Una vez identificados todos estos elementos en una matriz, se procede a la planeación estratégica para dar respuesta a los resultados obtenidos.

### **Matriz de riesgos.**

Es una herramienta de gestión, eficaz para identificar los riesgos resaltantes presentes en los procesos que ejecutan los trabajadores de una organización, que pueden ser de amenaza para su salud y seguridad; su uso permite la mejora del control de los riesgos y seguridad de la organización, ya que con base en la información arrojada se proponen acciones para disminuirlos y estimar el impacto que estas tendrán sobre ellos.

### ***Estructura de riesgos.***

Para realiza un correcto análisis de los riesgos presentes es necesario que la matriz de riesgos cuente por lo mínimo con la siguiente estructura:

- ✓ Nombre del proceso: es importante conocer cuál es el proceso a evaluar.
- ✓ Lugar donde se ejecuta: espacio donde se desarrolla el proceso, por ende, donde ocurre el desenvolviendo de los trabajadores.
- ✓ Actividad a evaluar: constituye la serie de acciones que se llevan a cabo para cumplir el proceso.
- ✓ Descripción del peligro: consiste en nombrar el peligro al cual se encuentra expuesto el trabajador.
- ✓ Clasificación del peligro: una vez descrito el peligro se procede a clasificar según su naturaleza.

- ✓ Efectos posibles: son los daños o consecuencias que puede generar la exposición del trabajador al peligro.
- ✓ Controles existentes en la fuente: son las acciones de control que se llevan a cabo en la raíz del peligro.
- ✓ Control existente del individuo: acciones que implementa el trabajador para prevenir ser afectado por el peligro.
- ✓ Nivel de deficiencia (ND): Magnitud de relación esperada entre (1) el conjunto de peligros detectados y su relación causal directa con los posibles incidentes y (2) con la eficacia de las medidas existentes en un lugar de trabajo.
- ✓ Nivel de exposición (NE): situación de exposición a un peligro que se presenta en un tiempo determinado durante la jornada laboral.
- ✓ Nivel de probabilidad (NP): refleja la probabilidad que se materialice el riesgo.
- ✓ Nivel de consecuencia (NC): magnitud que refleja la relación esperada entre el peligro detectado y la causa directa con posibles incidentes y con la eficacia de las medidas preventivas que se toman en el lugar de trabajo.
- ✓ Nivel de riesgo (NR): magnitud de un riesgo resultante del producto del nivel de probabilidad por el nivel de consecuencia.
- ✓ Aceptabilidad: refleja si el riesgo se puede ser aceptado por la organización.
- ✓ Número de personas expuestas: la cantidad de trabajadores que frecuentan la situación peligrosa y pueden ser afectados por el riesgo.
- ✓ Peores consecuencias posibles: posicionarse en el peor de los escenarios.

- ✓ Existencia de requisitos legales: la existencia de leyes o medidas que regulen el riesgo o sancionen la negligencia al respecto.

### **Diagrama Pareto.**

Los procesos suelen presentar problemas, que, por lo general, dependen de la combinación de pocos elementos principales y muchos secundarios. Si se pueden controlar estos elementos principales, se puede minimizar la frecuencia en que ocurren. El diagrama Pareto permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Según Depool R.; Monasterio D. (2013), "el diagrama de Pareto, puede representar ordenadamente cada tipo de falla o defecto que se produce en un proceso, de acuerdo con su frecuencia; lo cual ayuda al Ingeniero a detectar defectos y las causas que lo produzca". La forma de organizar los datos es en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades

### **Diagrama causa-efecto.**

El Diagrama de Ishikawa presenta la relación existente entre el resultado no deseado o no conforme de un proceso (efecto) y los diversos factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido. Su relación con la imagen de una espina de pescado se da debido al hecho de que se puede considerar sus espinas las causas de los problemas planteados, que contribuirán al descubrimiento de su efecto.

Este diagrama de puede ser aplicado a diversos contextos y de diferentes maneras, entre ellas, se destaca la utilización:

- ✓ Para ver las causas principales y secundarias de un problema (efecto).
- ✓ Para ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera más sistémica y completa.
- ✓ Para identificar soluciones, levantando los recursos disponibles por la empresa.
- ✓ Para generar mejoras en los procesos.

### **Bases legales**

En la elaboración de este trabajo de investigación se tomó en cuenta como base legal lo establecido en los siguientes artículos:

De la constitución de la República Bolivariana de Venezuela:

#### **Artículo 304.**

Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

De la Ley de Aguas de la República Bolivariana de Venezuela. Gestión integral de las aguas:

### **Artículo 3. Gestión integral de las aguas.**

La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y desarrollo socioeconómico del país.

### **Artículo 4. Objetivos de la gestión integral de las aguas.**

La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.
2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

### **Artículo 10. Conservación y aprovechamiento sustentable.**

La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico, de conformidad con lo

establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en esta Ley y en las demás normas que las desarrollen.

### **Artículo 12. Formas de control y manejo.**

El control y manejo de los cuerpos de agua se realizará mediante:

1. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de estos, atendiendo a su calidad y sus actuales y potenciales.
2. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en los efluentes líquidos generados por fluentes puntuales.
3. El establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales.
4. La elaboración y ejecución de programan maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde determinen relaciones causa-efecto entre las fuentes contaminantes y problemas de calidad de aguas, las alternativas para el control de los efluentes existentes y futuros, y condiciones en que se permitirán sus vertidos, incluyendo los límites de descargas máxicas para cada fuente contaminante y las normas técnicas complementarias para el control y manejo de los cuerpos de aguas.

La clasificación de los cuerpos de agua y la aprobación de programas maestros de control y manejo de los mismos, las cuales se podrán realizar conjunta o separadamente con los planes de gestión integral de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas.

### **Artículo 13. Obligaciones de los generadores de efluentes.**

Los generadores de efluentes líquidos deben adoptar las medidas necesarias para minimizar la cantidad y mejorar la calidad de sus descargas, de conformidad con las disposiciones establecidas de esta Ley y demás normativas que la desarrolle.

### **Artículo 14. Medidas para prevención y control.**

La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como, proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir las nesgas socio - naturales y cronológicos en la sociedad.
2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

### **Artículo 18. Manejo de aguas y conservación de cuencas.**

El manejo de las aguas comprenderá la conservación de las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de programas, proyectos y acciones dirigidas al aprovechamiento armónico y sustentable de los recursos naturales.

**Artículo 60. Adecuación de todo uso.**

El uso de las aguas debe adecuarse a la disponibilidad del recurso, a las necesidades reales de la actividad a la que se pretende destinar, al interés público y a las previsiones de los planes de gestión integral de las aguas.

**Artículo 119. Degradación del medio físico a biológico.**

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que realice acciones sobre el medio físico o biológico relacionado al agua que ocasionen o puedan ocasionar su degradación, en violación de los planes de gestión integral de las aguas y las normas técnicas sobre la materia, será sancionada con multa de cincuenta unidades tributarias (50 U.T.) a cinco mil unidades tributarias (5.000 U.T.).

La conservación de las cuencas hidrográficas considerará las interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos, abióticos, metales, económicos y culturales que en las mismas se desarrollan.

De la Norma para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, decreto 883 Gaceta Oficial 5021, Año 1995:

### Artículo 3.

Las aguas se clasifican en:

**Tipo 1** Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo I se desagregan en los siguientes sub-tipos:

De las descargas a cuerpos de agua.

Sub-Tipo 1A:	Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola dición de desinfectantes
Sub-Tipo 1B:	Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
Sub-Tipo 1C:	Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional.

**Tipo 2** Aguas destinadas a usos agropecuarios.

Sub Tipo 2A:	Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano.
Sub Tipo 2B:	Aguas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario.

**Tipo 3** Aguas marinas o de medios costeros destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo.

**Tipo 4** Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia.

Las aguas del Tipo 4 se desagregan en los siguientes subtipos:

Sub Tipo 4A:	Aguas para el contacto humano total.
Sub Tipo 4B:	Aguas para el contacto humano parcial.

**Tipo 5** Aguas destinadas para usos industriales que no requieren de agua potable.

**Tipo 6** Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.

**Tipo 7** Aguas destinadas al transporte, dispersión y desdoblamiento de poluentes sin que se produzca interferencia con el medio ambiente adyacente.

**Artículo 4.** A los efectos de esta Norma, se establecen los siguientes criterios para la clasificación de las aguas, así como los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos a que se destinen:

2. Las aguas del Sub-Tipo 1B son aquellas cuyas características corresponden con los límites y rangos siguientes:

Parámetro	Límite o rango máximo
Oxígeno disuelto (O.D.)	mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	mínimo 6,0 y máximo 8,5.
Color real	menor de 150, U Pt-Co.
Turbiedad	menor de 250, UNT.
Fluoruros	menos de 1,7 mg/l.
Organismos coliformes totales	promedio mensual menor a 10000 NMP por cada 100 ml.

\* Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor de 50%.

3. Las aguas de los Sub-Tipos 1A y 1B no deberán exceder, además, los siguientes límites:

<b>Elementos compuestos</b>	<b>Límites</b>
Aceites minerales	0,3 mg/l
Aluminio	0,2 mg/l
Arsénico total	0,05 mg/l
Bario total	1,0 mg/l
Cadmio total	0,01 mg/l
Cianuro total	0,1 mg/l
Cloruros	600 mg/l
Cobre total	1,0 mg/l
Cromo total	0,05 mg/l
Detergentes	1,0 mg/l
Dispersantes	1,0 mg/l
Dureza, expresada como CaCO <sub>3</sub>	500 mg/l
Extracto de carbono al cloroformo	0,15 mg/l
Fenoles	0,002 mg/l
Hierro total	1,0 mg/l
Manganeso total	0,1 mg/l
Mercurio total	0,01 mg/l
Nitritos + Nitratos (N)	10,0 mg/l
Plata total	0,05 mg/l
Plomo total	0,05 mg/l
Selenio	0,01 mg/l
Sodio	200 mg/l
Sólidos disueltos totales	1500 mg/l
Sulfatos	400 mg/l
Zinc	5,0 mg/l

<b>Biocidas</b>	
Organofosforados y Carbamatos	0,1 mg/l
Organoclorados	0,2 mg/l
<b>Radiactividad</b>	
Actividad $\alpha$	máximo 0,1 Becquerelio por litro (Bq/l)
Actividad $\beta$	máximo 1,0 Becquerelio por litro (Bq/l)

**Artículo 10:** A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:

Parámetros Físico-Químicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales.	20 mg/l
Alkil Mercurio	No detectable (*)
Aldehidos	2,0 mg/l
Aluminio total	5,0 mg/l
Arsénico total	5,0 mg/l
Bario total	5,0 mg/l
Boro	5,0 mg/l
Cadmio total	0,2 mg/l
Cianuro total	0,2 mg/l
Cloruros	1000 mg/l
Cobalto total	0,5 mg/l
Cobre total	1,0 mg/l
Color real	500 Unidades de Pt-Co.
Cromo Total	2,0 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5,20)	60 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	350 mg/l
Detergentes	2,0 mg/l
Dispersantes	2,0 mg/l
Espuma	Ausente
Estaño	5,0 mg/l
Fenoles	0,5 mg/l
Fluoruros	5,0 mg/l

Fósforo total (expresado como fosforo)	10 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Manganeso total	2,0 mg/l
Mercurio total	0,01 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	10 mg/l
pH	6-9
Plata total	0,1 mg/l
Plomo total	0,5 mg/l
Selenio	0,05 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1,0 ml/l
Sulfatos	1000 mg/l
Sulfitos	2,0 mg/l
Sulfuros	0,5 mg/l
Zinc	5,0 mg/l

Biocidas	
Organo fosforados y Carbamatos	0,25 mg/l
Organo clorados	0,05 mg/l

\* Según los métodos aprobados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Radiactividad	
Actividad a	máximo 0,1 Bq/l
Actividad b	máximo 1,0 Bq/l

### **Parámetros Biológicos.**

Número más probable de organismos coliformes totales no mayores de 1.000 por cada 100 ml, en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso será superior a 5.000 por cada 100 ml.

Parágrafo Primero: En ríos la variación de la temperatura media de una sección fluvial en la zona de mezcla, comparada con otra agua arriba de la descarga del vertido líquido, no superará los 3°C. En lagos y embalses la diferencia de temperatura del vertido con respecto al cuerpo de agua receptor no superará los 3°C.

### **Términos Básicos**

**Efluente:** El efluente es la salida de agua desde un cuerpo natural de agua o desde una estructura fabricada por el ser humano.

**Afluente:** Incorporación de un cauce en otro principal.

**Anaerobio:** significa organismo que no requiere de aire (donde “aire” usualmente es oxígeno) para su vida.

**Ensayo:** Es un procedimiento definitivo que produce un resultado de prueba. A menudo una prueba es parte de un experimento.

**Anaerobio:** Vida con el uso de aire.

**Alcalinidad:** Capacidad cuantitativa del agua para reaccionar con un ácido fuerte hasta un determinado PH.

**Caracterización:** Es el proceso de muestreo, medición, registro y señalización continua de las propiedades del agua o material contenido en él.

**Lodos biológicos:** Solución concentrada de los microorganismos resultantes del tratamiento secundario de las aguas servidas.

**Acidez:** Es la capacidad cuantitativa de un agua para reaccionar con una base fuerte hasta un PH determinado.

**Fango:** es cualquier tipo de lodo glutinoso que se forma generalmente con los sedimentos térreos en los sitios donde hay agua detenida.

**Sedimento:** Conjunto de partículas sólidas que queda depositado en el fondo del recipiente que contiene un líquido.

**Deletéreo:** Que causa o puede causar la muerte por envenenamiento.

**Coloide:** se emplea para nombrar a aquella sustancia que, al encontrarse en un líquido, se dispersa poco a poco.

**Floc:** Producto líquido de alto peso molecular con efecto coagulante, floculante de sólidos en suspensión y estable en contacto con el agua.

**Patógeno:** se refiere a los agentes que son infecciosos microscópicos que son capaces de generar un daño o enfermedad en otro organismo de cualquier tipo.

**Estratificado:** que se presenta en capas o en estratos superpuestos.

**Ortotolidina:** compuesto químico orgánico con formula  $CH_3C_6H_4NH_2$ ; al reaccionar con el cloro residual aparece un color amarillento proporcional a la cantidad de cloro residual presente.

**Estuario:** es un área costera donde el agua dulce que fluye de los ríos y corrientes de agua se une con el agua salada del océano, bahías, lagunas y canales.

**Coefficiente de rugosidad de Manning:** es un índice permite determinar la resistencia de un flujo en un canal.

**Número de Froude:** es un número adimensional que indica la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitatorias de un fluido.

**Tiempo de retención celular:** es el peso de sólidos en suspensión en el sistema dividido por el peso total de sólidos que dejan el sistema en la unidad de tiempo (suele ser por día).

**Tiempo de Retención Hidráulica:** es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente, es decir, el tiempo que el líquido que entra en el recipiente y tarda en abandonarlo.

**Escorrentías:** se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al sobrepasar su depósito o cauce naturales o artificiales.

**Conductividad:** es la capacidad de un material o sustancia de conducir o transmitir energía, puede ser: eléctrica o térmica.

**Sólidos suspendidos.:** es la cantidad de sólidos no filtrables que contenidos en una muestra.

**Total, de sólidos disueltos (SDT):** es una medida utilizada en el tratamiento del agua que mide todos los minerales disueltos, ya sean: sales, cloruros, metales, compuestos orgánicos y otros contaminantes en el agua; la conductividad del agua se ve afectada por su valor.

**Sedimentación:** es el proceso en el cual los sedimentos se depositan en determinadas áreas de la superficie.

**Falencia:** es un defecto que tiene o carencia que tiene una cosa.

**Economía circular:** es una estrategia de aprovechamiento de los recursos, que busca ir en pro de la ecología, reduciendo, rehusando y el reciclando los elementos.

**Peligro:** Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de estos (NTC-OHSAS-18001).

**Riesgo:** probabilidad de que ocurra un evento indeseado.

**Predio:** una pertenencia o inmueble.

**Lixiviados:** es el resultante de un proceso de percolación, donde un líquido pasa través de un sólido.

## **CAPÍTULO III**

### **Marco metodológico**

En el presente capítulo se presenta el desarrollo del proceso investigativo a través del uso de métodos y técnicas, para tal fin, por esto se establecen una serie de procedimientos ordenados para comprender el significado de los hechos presentados en el estudio. De igual forma se estableció el tipo y diseño de la investigación, población, técnicas de instrumentación y recolección de datos, caracterización de las variables y metodología empleada.

#### **Tipo y diseño de la investigación**

El diseño de la investigación se realizó en función de tres criterios: los objetivos, la estrategia adoptada y la finalidad.

Según los objetivos de la investigación que han sido planteados, el tipo de la misma se considera de explicativo. Arias F (2011) establece que la investigación explicativa “consiste en buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido los estudios explicativos pueden ocuparse en la investigación de las causas (investigación post facto) como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”. (p.26).

La presente investigación es de tipo explicativa debido a que busca identificar las causas que originan las falencias en el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana. La identificación de estos fallos se hará haciendo uso de la descripción de la gestión y situación actual de la planta, realizando un análisis

a cada uno de los procesos ejecutados en esta, con el fin de establecer acciones que den solución a la problemática presentada, optimizando los resultados.

Según la estrategia adoptada por el investigador para contrastar los hechos con la teoría y así poder dar una solución al problema planteado, se considera que el diseño de investigación es de tipo mixto, ya posee naturaleza documental y de campo.

### **Documental.**

Arias (2012) define la investigación documental como el “proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, obtenidos y registrados por otros investigadores”. (p.27). La investigación es documental ya que para realizarla deben ser utilizados distintas fuentes bibliográficas, como: libros, revistas ecológicas, trabajos de investigación y proyectos, cuyo contenido permite conocer los procedimientos llevados a cabo en las PTAS, así como también información pertinente para proponer mejoras.

### **De campo.**

Para Arias F (2012) la investigación de campo es aquella que “consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (p. 31). La investigación es de campo debido ya que la naturaleza de la misma permite conocer los procedimientos o pasos aplicados en la planta de tratamientos de aguas residuales, proporcionando la necesidad del investigado a estar involucrado de una manera más

directa de con el desenvolvimiento del personal en su ambiente de trabajo a la hora de ejecutar sus tareas en el proceso.

### **Población y muestra**

Según Arias (2012) la población se refiere al “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (p.81). Así mismo define muestra como un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (p.83)

Para efectos de esta investigación, se tiene como población todos los procesos y tareas que se ejecuten en la planta de tratamiento del agua servida de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana. No se trabajará con una muestra específica, ya que se tomarán en cuenta todos los procedimientos involucrados, con el fin de estudiar cada uno

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos e información**

Una vez determinado el nivel, tipo y propósito de la investigación, se procede a realizar la recolección de información y datos referidos a los procesos involucrados, haciendo uso de las técnicas e instrumentos necesarios para la persecución de los objetivos planteados.

Arias (2019) entiende como técnica de investigación, el “procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p.67). De igual manera, Arias (2012) define instrumento de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formado (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar la información” (p.69).

Para la recolección de información necesaria en esta investigación y conocer la problemática presente en el proceso de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, se hará uso de las siguientes técnicas e instrumentos:

### **Observación directa.**

Es una técnica objetiva, que consiste en tomar los datos directamente del lugar donde ocurren los hechos, sin manipular ninguna variable, evitando distorsiones en el estudio de los hechos; en la presente investigación se observara el trabajo y desenvolvimiento de trabajadores y maquinaria en la gestión de tratamiento del agua servida en la planta, así como los datos obtenidos por la empresa a la evaluación de los parámetros por los cual se rige el agua tratada.

### **Encuesta.**

Según Arias (2012) la encuesta es una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de dos sujetos acerca de si mismos, o en relación a un tema en particular por el encuestador” (p.72), se realizaran encuestas a fin de conocer información, recoger datos y posteriormente analizarlos.

### **Entrevista no estructurada.**

Para Arias (2012) una entrevista no estructurada no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente” (p.74). Se realizarán entrevistas no estructuradas a fin de obtener mayor información acerca de los procesos que se ejecutan en la planta, y no dejar pasar por alto ningún

detalle que pudo haber sido oprimido en la visualización directa; todo esto a fin de realizar un posterior análisis.

### **Análisis documental.**

El análisis documental consiste en hacer uso de documentos que son base para el registro de las actividades ejecutadas y la actualización de cada proceso que se lleve a cabo en la PTAS. Se utilizarán dichos documentos para conocer detalles del proceso de tratamiento de agua, así como los resultados que arroja el mismo en cuanto a calidad del líquido y propiedades.

### **Consultas Bibliográficas.**

Se hará uso de cualquier fuente bibliográfica que contenga información del tema, ya sea: revistas, folletos, páginas web, trabajos de investigación, blog, periódicos, informes, proyectos, entre otros.

## Caracterización de las variables de estudio

Tabla 6.

*Caracterización de las variables de estudio.* Fuente: Elaboración Propia.

Objetivos específicos	Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Describir la situación actual que tiene la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.	Situación Actual Procesos involucrados	Conocer la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas para corregir fallas o falencias presentes y detectar oportunidades de mejora	Tipos de fallas o falencias producidas, oportunidades de mejora	Propiedades químicas y físicas del agua  Estado físico del agua	Entrevista Encuesta Análisis documental Diagramas de flujo de proceso
Realizar un diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.	Diagnóstico de la PTAS  Procesos involucrados	Diagnosticar la situación actual de la PTAS mediante un análisis de su gestión	Trazabilidad	Estudio de la trazabilidad Factores que inciden en el proceso	Observación directa Guías de proceso Análisis de matriz DOFA Diagrama Pareto Matriz de Riesgo Análisis documental Referencias bibliográficas
Determinar oportunidades de mejora en la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guyana.	Oportunidad de mejora  Procesos involucrados	Identificar las oportunidades de mejoras que se presenten en la gestión que se ejecuta en la planta de tratamiento de aguas servidas de la universidad	Mejora a la trazabilidad Posible recuperación o restauración de instrumentos, materiales o equipos utilizados	Propiedades químicas y físicas del agua Equipos e instrumentos recuperados  Tratamientos programados	Análisis a diagrama de flujo proceso Diagrama causa-efecto y su análisis Análisis de Matriz de riesgo Análisis de diagramas Pareto y matriz DOFA Observación indirecta Entrevista Referencias Bibliográficas

Tabla 6 (continuación).

<p>Realizar una propuesta de mejora a la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.</p>	<p>Gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas</p>	<p>Minimizar el tiempo de tratamiento y obtener datos puntuales</p>	<p>Rapidez en el tratamiento Resultados óptimos Efectividad Datos puntuales</p>	<p>Cantidad de caudal tratado al día  Tiempo del tratamiento  Agua a tratar por año</p>	<p>Análisis de diagramas de flujo de procesos Análisis de documentos referente a la PTAS Análisis diagrama Pareto Análisis de datos históricos Análisis de matriz DOFA Análisis causa-efecto Programa de datos Entrevista observación directa Encuesta</p>
---	--	---	---	---	--

### Procedimiento para el logro de los objetivos

Para alcanzar los objetivos previamente planteados la metodología empleada será la siguiente:

1. Para describir la situación actual que tiene el proceso de la planta de tratamiento de aguas servidas, se procederá a:
  - a. Realizar observación directa, entrevista no estructurada, lectura y análisis de documentos, se conocerán los procesos o pasos aplicados durante la gestión de tratamiento del agua servida; esto provocará el contacto con el personal encargado de dicho trabajo.

- b. Aplicar el diagrama de flujo, se representarán los pasos que conllevan los procesos involucrados en la gestión de la PTAS y la relación existente entre cada uno de los elementos que los componen, permitiendo así una mejor visualización del sistema.
  - c. Descripción de la PTAS y sus etapas de tratamiento, a fin de conocer los equipos y actividades que intervienen en estos.
2. Para realizar un diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas servidas, se ejecutarán las siguientes acciones:
- a. Entrevistas no estructuradas al personal especializado en los procesos que contempla la gestión de la planta, para obtener información que permita conocer a profundidad la situación actual, resaltando las actividades que tienen mayor relevancia.
  - b. Uso de observación directa, bibliografías, guías y análisis de documentos que contengan información útil referente a la planta y sus procesos.
  - c. Análisis de los registros históricos contemplados en los libros diarios que se tiene acerca de los datos arrojados por tratamiento de caudal, para así constatar cumplimientos en cuanto a la calidad del líquido.
  - d. Uso de matriz DOFA, para conocer la situación actual que posee la gestión de la planta, sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas.
  - e. Uso de matriz de riesgos para identificar y valorar los riesgos a los que se encuentran expuestos los operadores en planta y su probabilidad de ocurrencia.
  - f. Uso de diagrama Pareto, para visualizar datos previos obtenidos en la planta y descubrir desviaciones y sus causantes.

3. Para identificar oportunidades de mejora en la gestión de la planta de tratamiento de aguas residuales.
  - a. Se aplicará la observación directa de la gestión general de la PTAS, al igual que encuestas no estructuradas a sus operadores y bibliografía que indique como pueden ser optimizados los procesos.
  - b. Uso de diagrama causa- efecto, para identificar las falencias y oportunidades de mejora en la gestión de la planta, así como las posibles causas que lo originan.
  - c. Análisis de las debilidades y amenazas expuestas en la matriz DOFA.
  
4. Finalmente, para realizar una propuesta de mejora al proceso de la planta de tratamiento de aguas servidas, se procederá a:
  - a. Análisis de los resultados de objetivos anteriores para proponer soluciones a las causas presentes que ocasionan las oportunidades de mejora.
  - b. Elaborar una propuesta contemplando la gestión mejorada considerando los procesos y sus responsables, la información, requisitos y el alcance.

## **CAPÍTULO IV**

### **Recolección de información y datos existentes, análisis de resultados y planteamiento de la propuesta de mejora**

A continuación, en este capítulo se presenta toda la información y datos recolectados durante la investigación, así como los análisis realizados sobre los resultados arrojados, los cuales se presentan de manera esquematizada siguiendo el orden de los objetivos específicos planteados en el Capítulo I del presente trabajo de investigación, con la finalidad de cumplir el objetivo general.

### **Descripción de la situación y gestión actual de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana**

La PTAS de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la Institución Educativa, en el Estado Bolívar, Puerto Ordaz, Venezuela. Si se observa detenidamente su entorno, tomando una posición frontal en el oeste geográfico de la planta, se puede notar que de lado izquierdo se encuentra un vivero llamado “Siembra vida”, por lo que la vegetación es abundante, mientras que al este de la planta se ubica una cancha deportiva. La planta se encuentra cercada por una malla que posee una altura de aproximadamente 1,80 m y además tiene una puerta con acceso de 2 hojas y aproximadamente 2 m de ancho. Las aguas que recibe la PTAS son negras, recolectadas de los laboratorios, comedor-cafetería, cocinas, baños y áreas administrativas, tanto de la universidad como del Colegio Loyola Gumilla; por lo que pueden clasificarse como de uso “domestico”. La descarga final de las aguas servidas posterior al tratamiento se realiza hacia el cauce seco existente en el lindero este, para descargar finalmente en el río Caroní.



Figura 2. Planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana toma exterior, vista frontal. Fuente: Antonio Seijas.

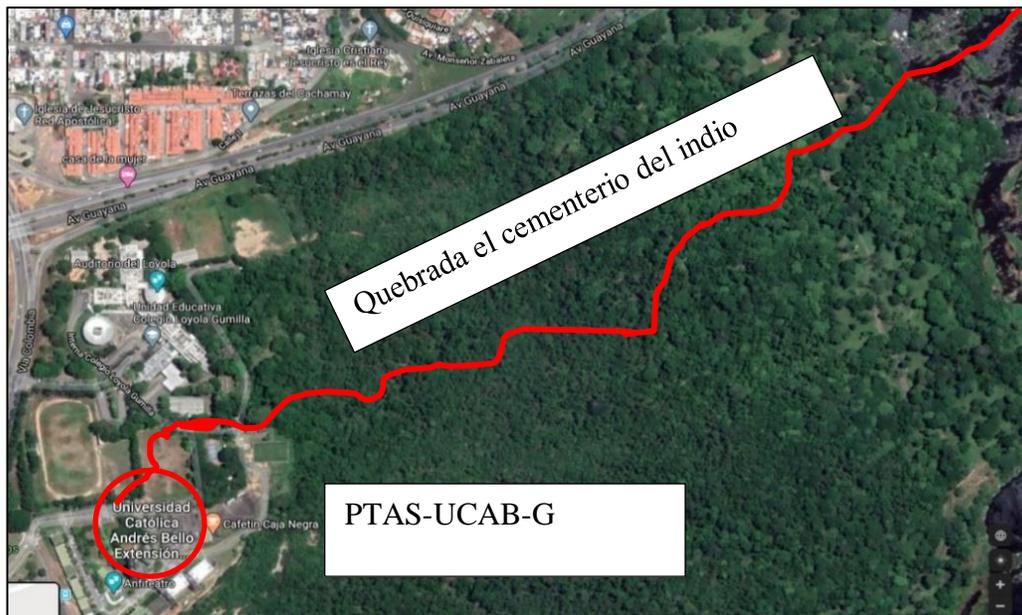
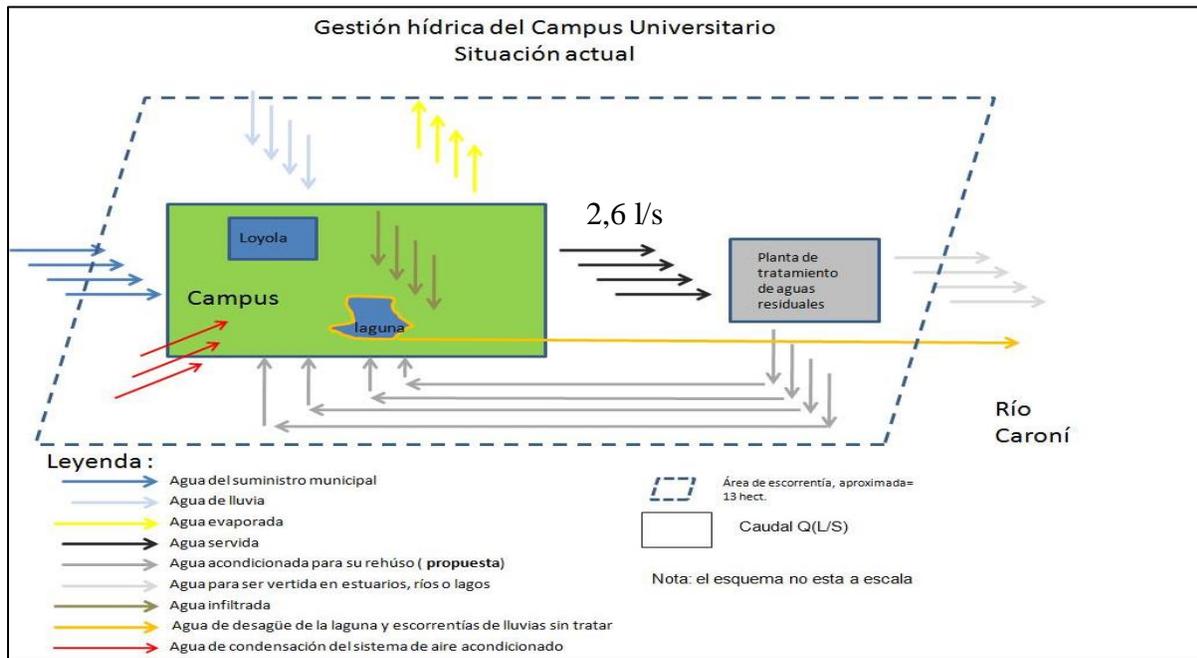


Figura 3. Visión espacial de la Planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana toma exterior. Fuente: Google Maps. (tomado del curso ante casos especiales, dictado por Antonio Seijas).



*Figura 4.* Esquema de la gestión hídrica de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana. Fuente: Antonio Seijas.

En la figura 4 se puede observar la gestión hídrica actual del campus universitario, según la leyenda cada flecha posee un color distintivo que representa el tipo de agua de entrada y salida. Si analizamos el esquema, al campus entran cuatro (4) tipos de aguas: de condensación del sistema de aires acondicionados, agua de lluvia, agua infiltrada y de suministro municipal; en la salida se tienen dos (2) tipos de aguas, que son: las aguas listas para ser vertidas en estuarios, ríos o lagos, que corresponden al tratamiento del caudal aproximado de 2,6 l/s de aguas servidas que se recibe en la planta producto del uso doméstico de las aguas dentro del campus y el agua de desagüe de la laguna y escorrentías de lluvia sin tratar; ambas aguas recorren el mismo camino hasta desembocar en el río Caroní. Adicionalmente en el esquema se puede notar la

propuesta de rehusó en el agua servida tratada, es decir, que no se dirija únicamente al río Caroní, sino también a la “Laguna Cisne del Anauco” ubicada en el mismo campus universitario.

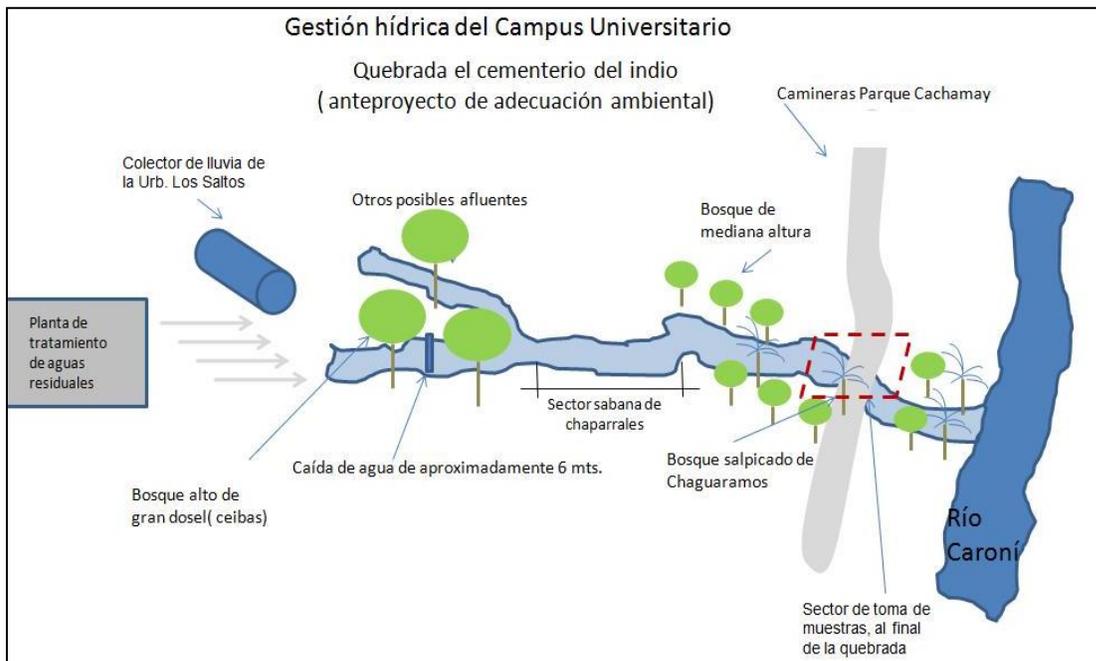


Figura 5. Esquema del recorrido del agua hasta el río Caroní. Fuente: Antonio Seijas.

En la figura se puede apreciar la continuación de la figura 5, donde, el caudal efluente de la PTAS baja a través de la quebrada “el cementerio del indio”, en su camino pasa por distintos bosques y se añaden otros posibles afluentes provenientes de diversas fuentes, tales como: el colector de lluvias de la urbanización los saltos y otras caídas de agua; para por ultimo desembocar en Río Caroní. Cabe destacar que el sector de toma de muestras actual no se encuentra ubicado finalizando la quebrada, por las camineras del parque Cachamay y el bosque salpicado de chaguaramos como se muestra en el esquema.

### Características de la planta de tratamientos de aguas servidas.

En la tabla 7 se encuentran ubicados los valores de las características principales de la PTAS de la UCAB- Extensión Guayana.

Tabla 7.

*Características de la planta de tratamientos de agua servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana.* Fuente: Elaboración Propia.

Capacidad de caudal de la planta	3 l/s
Procesamiento actual de caudal	2,6-2,7 l/s*
Manejo de $DBO_5$	100 mg/l
Tiempo de retención hidráulico	12 a 16 horas
Tiempo de retención celular	10 días
Capacidad de volumen de reactor	120-130 $m^3$ *
Demanda de oxígeno	60 Kg/día *
Recirculación de lodo	5-10% *

\* Valores aproximados.

## **Descripción de las partes de la planta.**

### ***Tratamiento preliminar.***

En el tratamiento preliminar se realiza la remoción de sólidos de gran tamaño presentes en el caudal afluyente a la planta, para evitar daños al funcionamiento de los equipos involucrados en los distintos procesos y operaciones que conforman el sistema de tratamiento. Éste tratamiento consiste en:

#### ***By-pass (desvió).***

La tubería que llega a la Planta de Tratamiento posee una pieza de conexión en T, que conecta con una tubería de derivación de  $\varnothing=150$  mm (6”), provista de llave de cierre, con la finalidad de desviar el flujo en caso de cualquier emergencia que se presente en la planta de tratamiento, y así se evitar que el caudal entre en esta.

La tubería descargaría en el cauce existente, solo cuando ocurra una emergencia, durante un corto periodo de tiempo, mientras se soluciona la situación imprevista.

#### ***Taquilla de desbaste.***

Es una estructura de concreto armado que tiene unas medidas de 1,20m de largo x 1,20m de ancho x 1,60m de profundidad, cuenta con una puerta doble hoja de material metálico ubicada en la parte superior, esta es la que permite el acceso a la taquilla. La función de la taquilla de desbaste es contener la recepción del caudal a través de una tubería de 8 pulgadas y alojar la rejilla de desbaste que se encarga de remover los sólidos grandes del caudal afluyente.

Esta rejilla es una estructura metálica rectangular tridimensional que posee unas medidas de 0,50 m de largo x 0,40 m de ancho x 0,50 m de profundidad; se encuentra sellada en sus laterales, mientras que la parte superior y entrada es completamente abierta, teniendo en la segunda un ángulo recto que facilita su encaje con la pared donde se localiza la tubería que transporta el caudal de aguas negras; la parte frontal de la rejilla (salida) tiene una inclinación de 60° y rejillas verticales que poseen dientes en sus laterales con espacios de 2cm entre estas, dicha estructura es la encargada de realizar la retención de grabas y residuos sólidos de gran tamaño. Su limpieza y mantenimiento se realiza por medio de un operador manualmente y con un día de intermedio.



*Figura 6.* Taquilla de desbaste, a la izquierda de la imagen se encuentran las puertas de la taquilla, mientras a la derecha el interior en el cual se observa la rejilla de desbaste. Fuente: Propia.

### *Canal de aforo.*

Es un vertedero triangular (nivel de aforo) con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , 2 m de longitud y 0,30 m de ancho en la parte inferior, incrementando su ancho hasta 0,60 m en la parte superior. Se utiliza con el fin de aforar el caudal recibido en planta (actualmente es de 2,5-2,7 l/seg) y en este se realizan mediciones de su altura en determinados intervalos de tiempo, tal como se muestra en la figura 6.



*Figura 7.* Medición en el canal de aforo. Fuente: Propia.

Tabla 8.

*Dimensiones del canal de aforo y parámetros asociados.* Fuente: Elaboración Propia.

Ancho (a)	0,30 m
Pendiente (S)	0,50 %
Coficiente de Manning (n)	0,0016
Altura de aguas (h)	0,28 m
Velocidad (V)	0,94 m/s
Numero de Froude (N)	0,56

*Taquilla de circulación de caudal.*

Si se observa la planta con detenimiento hay una especie de ralentizador de flujo que en la planta es usado como un desareanador, no siendo tal, por diseño es una tanqueta de distribución de flujo, ya que se suponía una planta adicional a la actual. El canal descarga en la taquilla de circulación donde se puede permitir el paso del caudal al reactor biológico, cerrando o abriendo la válvula correspondiente. A esta taquilla también llega el lodo de la recirculación, que mezclado con las aguas negras procedentes del canal anterior constituyen el caudal ha llevado al reactor biológico para la continuación del proceso, antes de esto pasa por una rejilla posicionada en el ducto de salida de la taquilla, con el fin de atrapar los sólidos medianos presentes en el agua.

Tabla 9.

*Dimensiones de la taquilla de circulación.* Fuente: Elaboración Propia.

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
Largo (L)	0,80 m
Ancho (a)	2,8 m
Profundidad (p)	2 m



*Figura 8.* Taquilla de circulación con rejilla en la tubería de conexión con el reactor biológico.

Fuente: Propia.



*Figura 9.* Entrada de lodos recirculados a la taquilla de circulación. Fuente: Propia.

En la figura anterior existe una particularidad que es importante resaltar, la tonalidad de los lodos es más oscura que de costumbre y parece ser más espesa, sin embargo, no fue constante en pocos segundos esta se clarificó.

#### *Tratamiento secundario.*

La segunda etapa del tratamiento de la PTAS abarca un tratamiento biológico gracias a que el agua residual tratada en la planta no presenta aportes de industrias y ningún tipo de químico peligroso que deba contemplar un tratamiento de tipo químico. Éste tratamiento cuenta con las siguientes estructuras:

#### *Reactor biológico o tanque de aireación.*

Es una estructura de concreto reforzado donde se realiza el tratamiento biológico del agua servida, los aireadores mantienen los microorganismos en suspensión y aireados, activando así las bacterias aerobias presentes en el agua, que se encargan de eliminar la materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta y los compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P) transformándolos en productos más simples (dióxido de carbono y agua). Las medidas del reactor son a 30m de largo x 25m de ancho x 4 m de profundidad, cuenta con dos aireadores, cuyas principales características sanitarias se pueden ver en la Tabla 10.

Tabla 10.

*Parámetros del tanque de aireación. Fuente: Propia.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
DBO de entrada	100 mg/l
DBO promedio de diseño	250 mg/l
Volumen promedio de diseño	130 $m^3$
Capacidad máxima de caudal	3 l/seg
Tiempo de retención celular	10 días
Eficiencia de remoción esperada	90%



*Figura 10. Tanque de aireación (reactor biológico). Fuente: Propia.*



Figura 11. Aireadores presentes en el reactor biológico. Fuente: Propia.

Tabla 11.

Características de aireadores. Fuente: Coordinación de mantenimiento UCAB Guayana.

Tipo	Trifásicos AIF-2
Frecuencia	3hp
Voltaje	220 voltios
Intensidad de corriente	7,5 Amperios
Frecuencia	60 Hz

### *Clarificador-Espesador (sedimentador secundario).*

Es una estructura de concreto con unas dimensiones de 4m de largo x 4m de ancho x 5m de profundidad para cada cubículo; su función es eliminar de manera continua los sólidos que se depositan en el agua por sedimentación. En su entrada cuenta con 2 rejillas de aproximadamente 2 m de largo x 2m de ancho, y un espacio de 1  $cm^2$  entre cada una de sus casillas, mientras que en la parte superior posee dos puertas que dejan pasar el aire por medio de rejillas. Dentro del tanque se encuentran sumergidas 2 bombas, que son las que se encargan de absorber las partículas sólidas o solidos suspendido del agua, estas se encuentran controladas por un reloj que cada 3 horas se encarga de activar una de ellas y al mismo tiempo desactivar la otra, para así garantizar que solo una está trabajando. Las características de estas máquinas se encuentran descritas en la tabla 12.



*Figura 12.* Clarificador (sedimentador secundario), a la izquierda de la imagen se observa las rejillas en la superficie del clarificador, por donde se desplaza el operador, mientras que a la derecha las rejillas que filtran el agua antes de entrar en este. Fuente: Propia.



*Figura 13.* Bomba sumergida usada en el clarificador (sedimentador secundario). Fuente: Propia.

Tabla 12.

*Características de funcionamiento de las bombas sumergidas.* Fuente: Coordinación de mantenimiento UCAB.

Flujo máximo	3,33 l/s
Potencia	½ hp
Voltaje	220 voltios
Intensidad de corriente	2,5-5 Amperios *
Frecuencia	60 Hz
Presión máxima	11 mca(metros en columna de agua)

### ***Tratamiento terciario.***

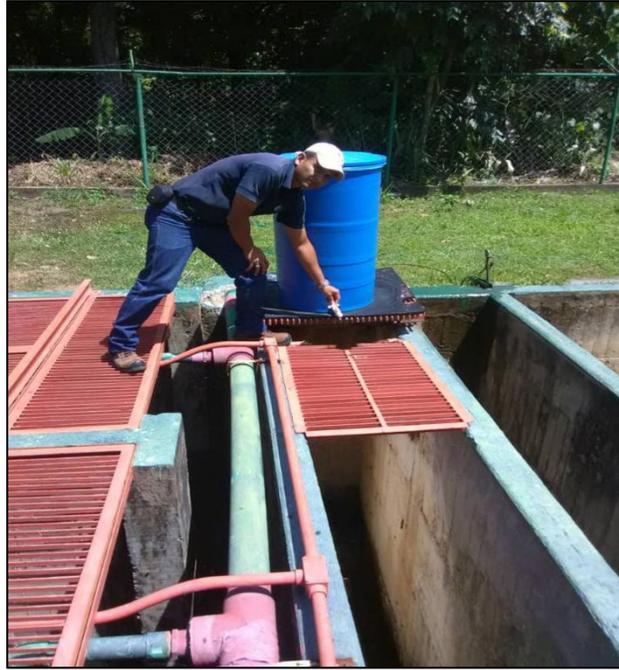
Esta etapa consiste en eliminar la carga orgánica residual, agentes patógenos y aquellas otras sustancias contaminantes que no fueron eliminadas en el tratamiento secundario, haciendo uso del cloro.

#### *Cámara de cloración.*

Está constituido por una unidad de concreto con un tabique intermedio y una serie de pantallas verticales que obligan al agua a realizar un recorrido en zigzag, a fin de permitir suficiente tiempo de contacto entre el cloro dosificado y el agua tratada. Su función es la de eliminar bacterias patógenas que pudieran estar presentes en el efluente de la planta. Posee unas dimensiones de 0,70 m de largo x 9 m de ancho x 4 m de profundidad cada cámara y sobre la primera existe un pequeño tanque con capacidad para almacenar 200 litros de la solución de hipoclorito de sodio a dosificar que posee una concentración de 12%.



*Figura 14.* Cámara de cloración. Fuente: Propia.



*Figura 15.* Dosificación manual del hipoclorito de sodio a la cámara. Fuente: Propia.



*Figura 16.* Tanque de cloración. Fuente: Propia.

*Lecho de secado de lodos.*

Los lodos digeridos son transportados por medio de bombas al lecho de secado, donde se realiza la filtración de los lixiviados (por medio de arenillas) y el secado de los lodos. Los lixiviados filtrados son enviados a la quebrada (el cementerio del indio), mientras que el lodo secado es dispuesto sobre la flora existente en el predio de la planta. Las características de las bombas de lodos se muestran en la tabla 12. Las dimensiones del lecho de secado son 4 m de largo x 4 m de ancho x 1 m de profundidad.



*Figura 17.* Lecho de secados en uso. Fuente: Propia.



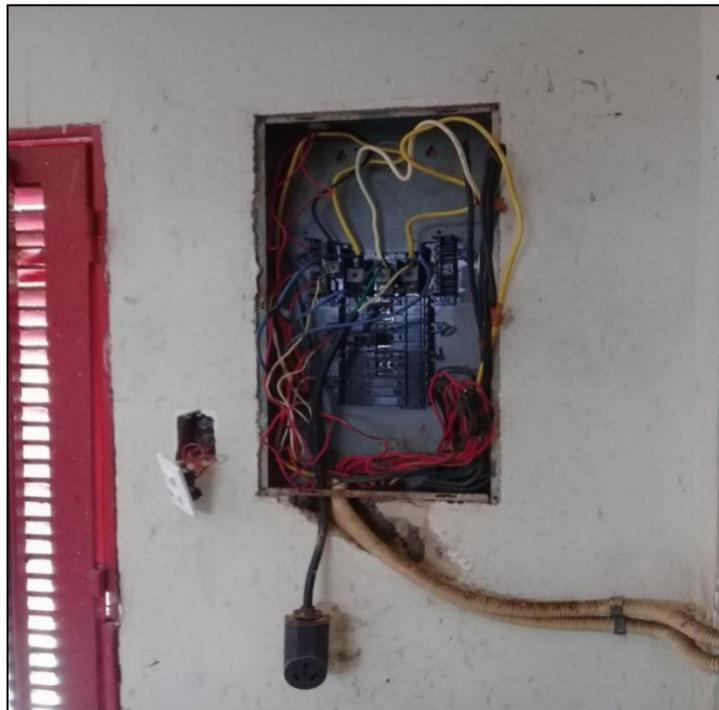
*Figura 18.* Lecho de secados con tiempo de deshuso. Fuente: Propia.

#### *Caseta de control.*

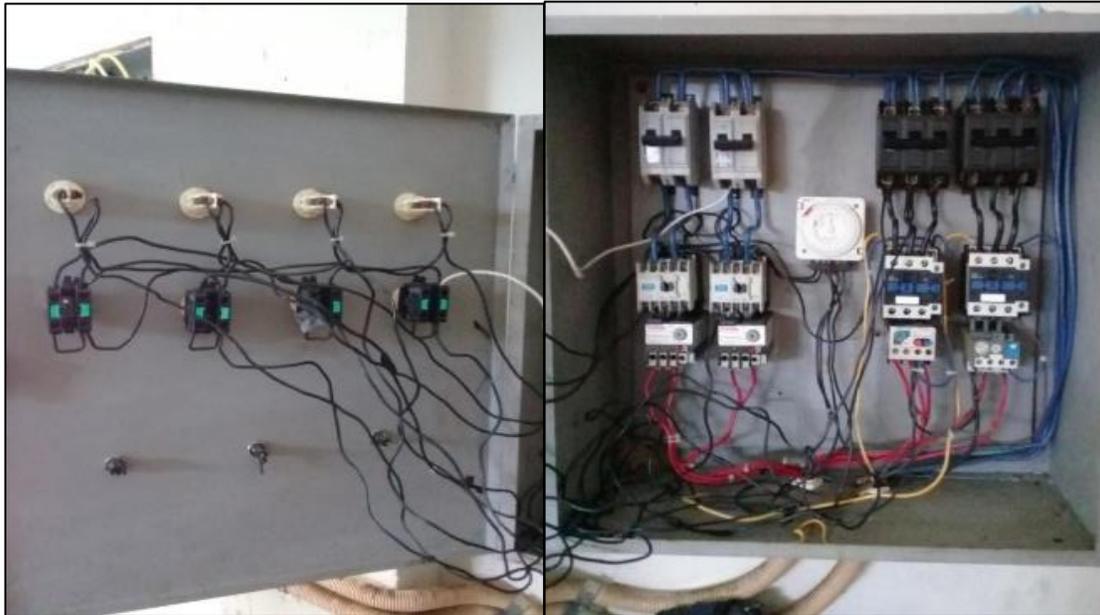
Es una construcción de concreto pequeña con unas medidas de 4,5 m largo x 6 m de ancho, ubicada en la parte posterior de la planta; consta de controles de automatización, breaker de encendido/apagado, breaker térmicos graduados de 18 y 20 amperios, equipos y materiales de mantenimiento, equipos de reemplazo (en caso de que alguno se dañe), además de herramientas necesarias para el ejecute de operaciones.



*Figura 19.* Caseta de control, vista exterior. Fuente: Propia.



*Figura 20.* Breaker presentes en el interior de la caseta de control. Fuente: Propia.



*Figura 21.* PLC dentro de la caseta de control. Fuente: Propia.

### *Válvulas T.*

Las válvulas en T son tres válvulas que se encuentran en la parte posterior de la planta, cerca de la caseta de control, como indica su nombre están ubicadas de manera tal si se traza una línea para unir las se asemejan a una T; cada una tiene una función correspondiente en cuanto su acción, ya sea para la distribución del caudal al desagüe o al retorno de lodos, retorno de los lodos al distribuidor de flujo o de desagüe.



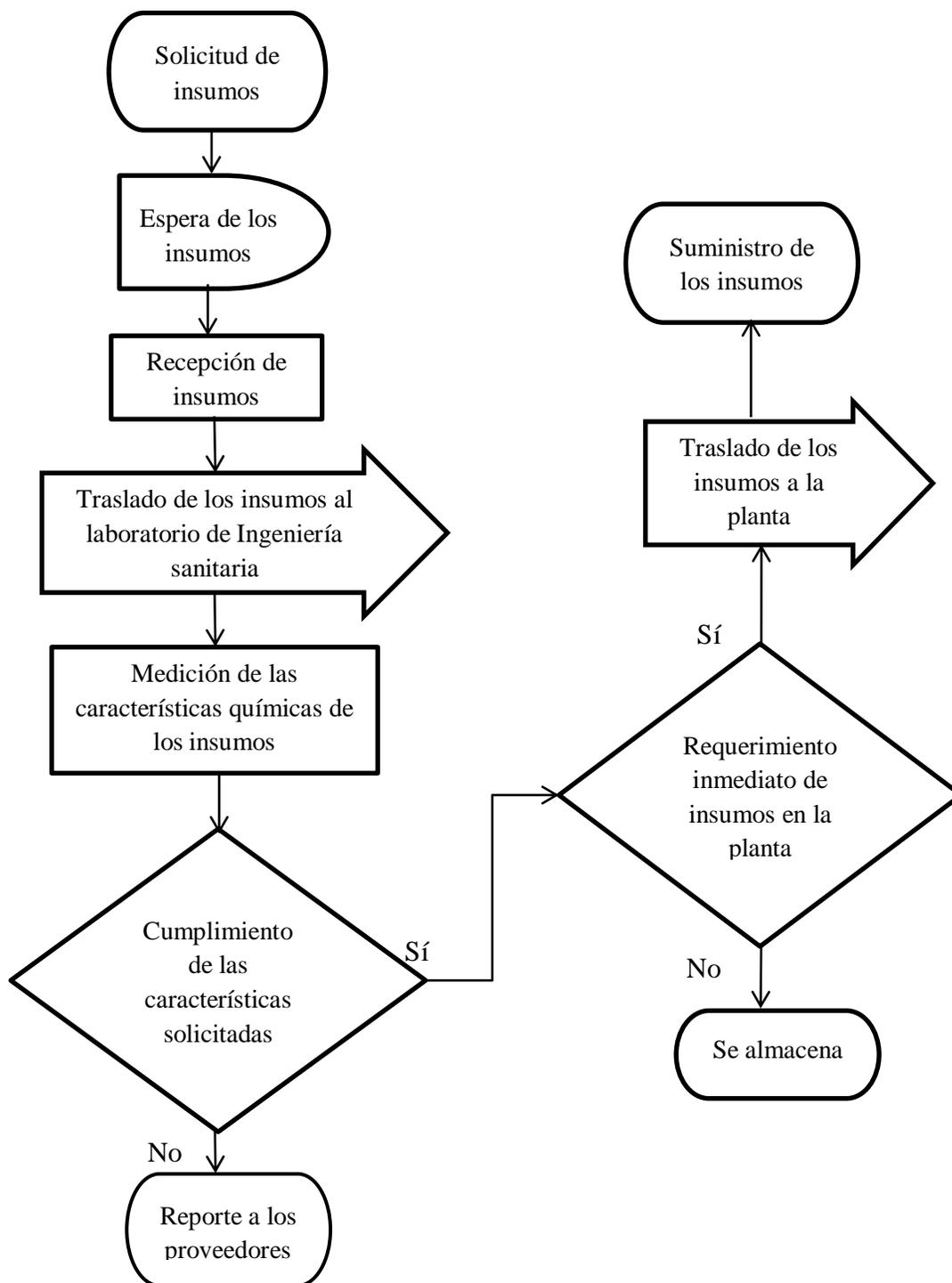
*Figura 22.* Válvulas en T, a la izquierda de la imagen se puede notar las válvulas, mientras que a la derecha la herramienta con la que se acciona la válvula para su apertura y cierre. Fuente:

Propia.



*Figura 23.* Tuberías de cableado de las bombas sumergibles y los aspersores mecánicos. Fuente: Propia.

**Diagramas de flujos de procesos involucrados en la gestión de la PTAS.**



*Figura 24.* Diagrama de flujo de proceso de los insumos. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de los insumos.***

Para la ejecución de los procesos que se realizan en la planta son requeridos de manera obligatoria los insumos, los cuales pueden estar presentes en el almacén correspondiente, de no estarlo se debe realizar el proceso de solicitud, el cual contempla los pasos vistos en la figura 24, a continuación, se describen de manera general:

1. El encargado se contacta con los proveedores y realiza la solicitud de los insumos requeridos para los procesos que se ejecutan en la planta. La universidad realiza la solicitud de cloro para el proceso desinfección del agua cloacal y de ortotolidina para la medición del cloro residual (menor de 3 PPM).
2. Se espera a que lleguen los insumos (hipoclorito de sodio al 12% y ortotolidina) a la institución, una vez llegados se reciben y trasladan al laboratorio de ingeniería sanitaria, ubicado en la escuela de ingeniería civil.
3. Seguidamente, se realiza una supervisión de las características químicas y físicas del producto, para corroborar que cumple según lo solicitado, de no cumplir se reporta inmediatamente a los proveedores, mientras que de cumplir se decide si es necesario trasladar para su uso inmediato o si se almacena hasta necesitarse.

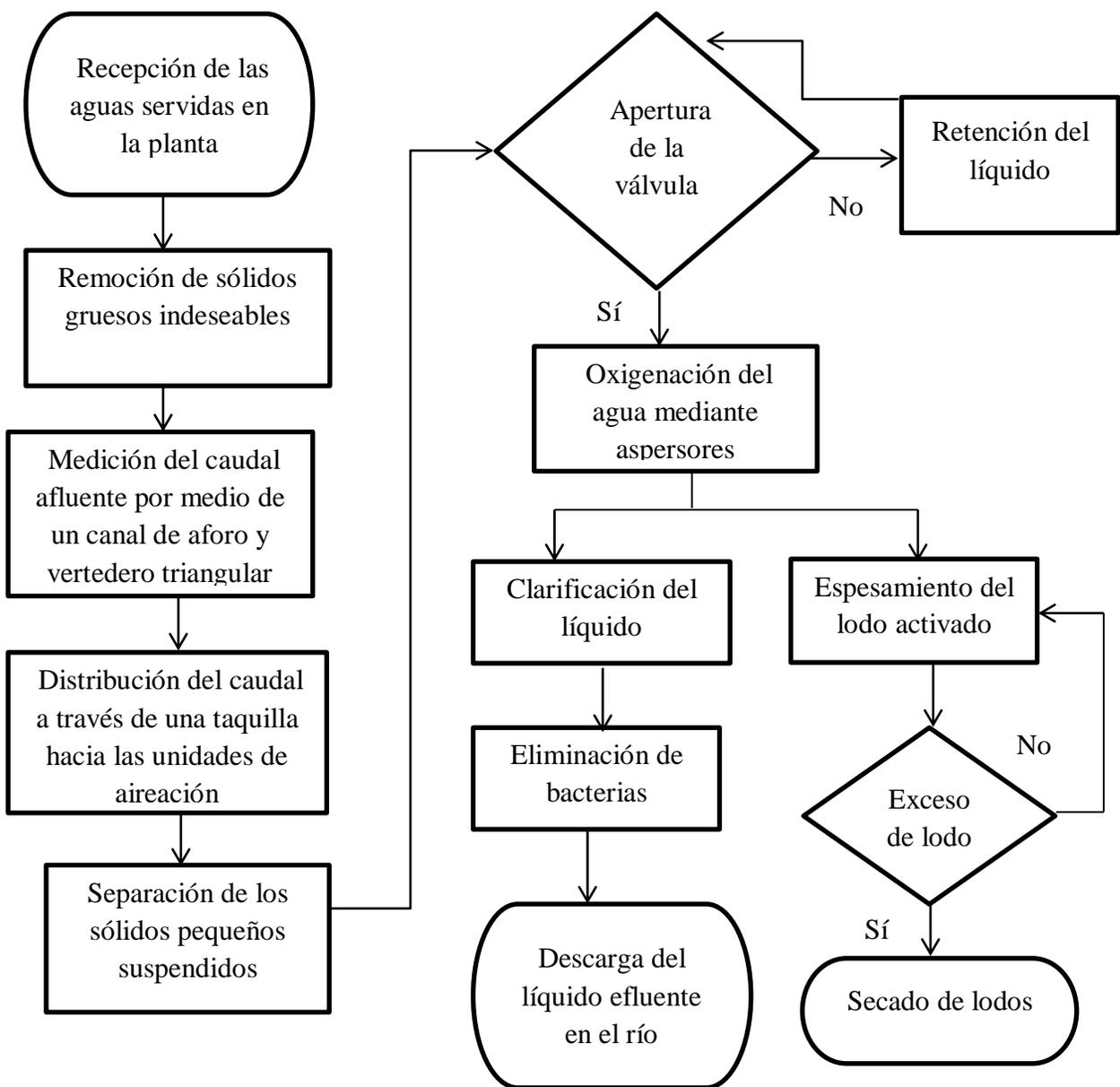


Figura 25. Diagrama de flujo de proceso de las operaciones ejecutadas por la PTAS. Fuente: Elaboración Propia.

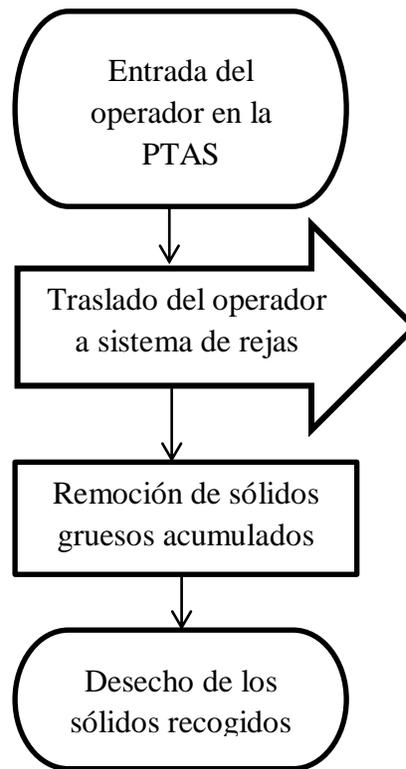
### ***Descripción del diagrama de flujo de proceso de las operaciones ejecutadas por la PTAS.***

El proceso de tratamiento de aguas servidas que se ejecuta en la universidad se realiza haciendo uso de un tipo de planta de lodos activados o también conocida como de “oxidación total”, consiste principalmente en una unidad de reacción o aireador (aspersores) que recibe lodo recirculado del sedimentador y el cual proviene del mismo aireador o reactor biológico. A continuación, se detallan de los pasos visualizados en la figura 25 que constituyen el proceso de tratamiento de aguas servidas que se realiza en la universidad:

1. Se recibe en la planta las aguas servidas de la universidad y del colegio Loyola, las cuales son conducidas a través del sistema de tuberías.
2. Posteriormente las aguas pasan por un desbastador (sistema de rejas) donde se remueven todos los sólidos gruesos indeseables que están presentes.
3. Seguido de esto, el líquido pasa a través del canal de aforo, donde se encuentra un vertedero triangular que afora el caudal estableciendo las condiciones del mismo y el muestreo para la medición de cargas orgánicas del afluente.
4. El caudal es descargado en una taquilla de distribución que se encuentra dividida por una pared con salida por ambos laterales, donde se ralentiza el flujo para la sedimentación sobre todas las arenas o partículas discretas halladas.
5. Después, se tiene una válvula que comunica con el tanque de lodos activados o piscina de oxidación, el operador decide si abrirla o cerrarla. Si se cierra el líquido es retenido, de ser abierta sigue su camino al tanque de lodos activos, donde ocurre la oxidación biológica de las materias orgánicas presentes en el agua, mediante aspersores, formando el lodo activado compuesto de las aguas negras, microorganismos y aire, que al

interactuar provocan una reacción de estabilización donde los microorganismos digieren la materia orgánica.

6. Seguidamente se procede a la clarificación del líquido cloacal y el espesamiento del lodo activado. El denominado licor mezclado, se recircula hacia el reactor biológico mediante bombas sumergibles, con el fin de mantener la masa bacteriana activa. De existir exceso de lodo se deberá ser descargado en forma intermitente en el lecho de secado.
7. Mientras, el líquido clarificado pasa a la cámara de contacto de cloro, donde ocurre el proceso de desinfección, mediante la aplicación de cloro para la eliminación de bacterias patógenas, llevando el índice coliforme a valores menores de 1000 NMP/100ml cuando las muestras son examinadas por el método de los tubos múltiples de fermentación.
8. Por último, ocurre la descarga del efluente de la cámara de contacto de cloro en el cauce de la quebrada "El cementerio del indio", para acabar en el río Caroní.

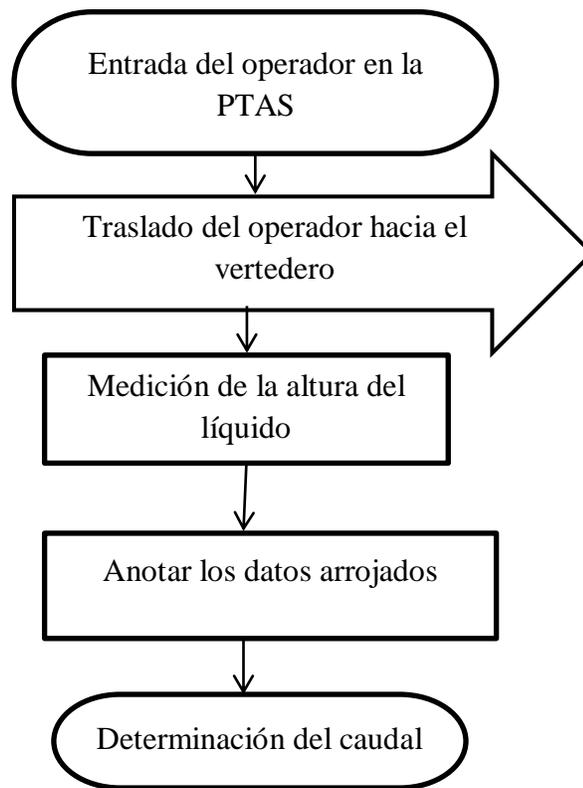


*Figura 26.* Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por el operador en el sistema de rejillas de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por el operador en el sistema de rejillas de la planta.***

El sistema de rejillas o desbastador existe con la finalidad de atrapar los sólidos gruesos presentes en el caudal de agua que afluye a la planta, que pudiese afectar el proceso, su función hace necesario el mantenimiento diario de esta unidad. Las operaciones de mantenimiento que se ejecutan en las rejillas puede ser vistas secuencialmente en la figura 26, a continuación, se describen:

1. El trabajador debe estar en planta, de no estarlo debe ingresar, posteriormente se dirige al sistema de rejillas, donde realiza la remoción y extracción de sólidos acumulados.
2. Los sólidos capturados se insertan en una bolsa plástica y se disponen para ser desechados en su lugar correspondiente, de esta manera finaliza el proceso.



*Figura 27.* Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el vertedero triangular de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el vertedero triangular de la planta.***

Esta unidad se utiliza para medir el gasto de flujo en litros por segundo, en la figura 27 se muestran los pasos que ejecuta el operador, a continuación, se describen.

1. El operador debe estar en planta, de no estar tiene que dirigirse a esta.
2. Una vez presente se traslada al vertedero, en donde, haciendo uso de una regleta mide la altura del agua en centímetros, anotando los resultados, para posteriormente determinar los caudales arrojados, mediante el uso de una tabla posicionada dentro de la caseta de control, que convierte la altura del agua en caudal.

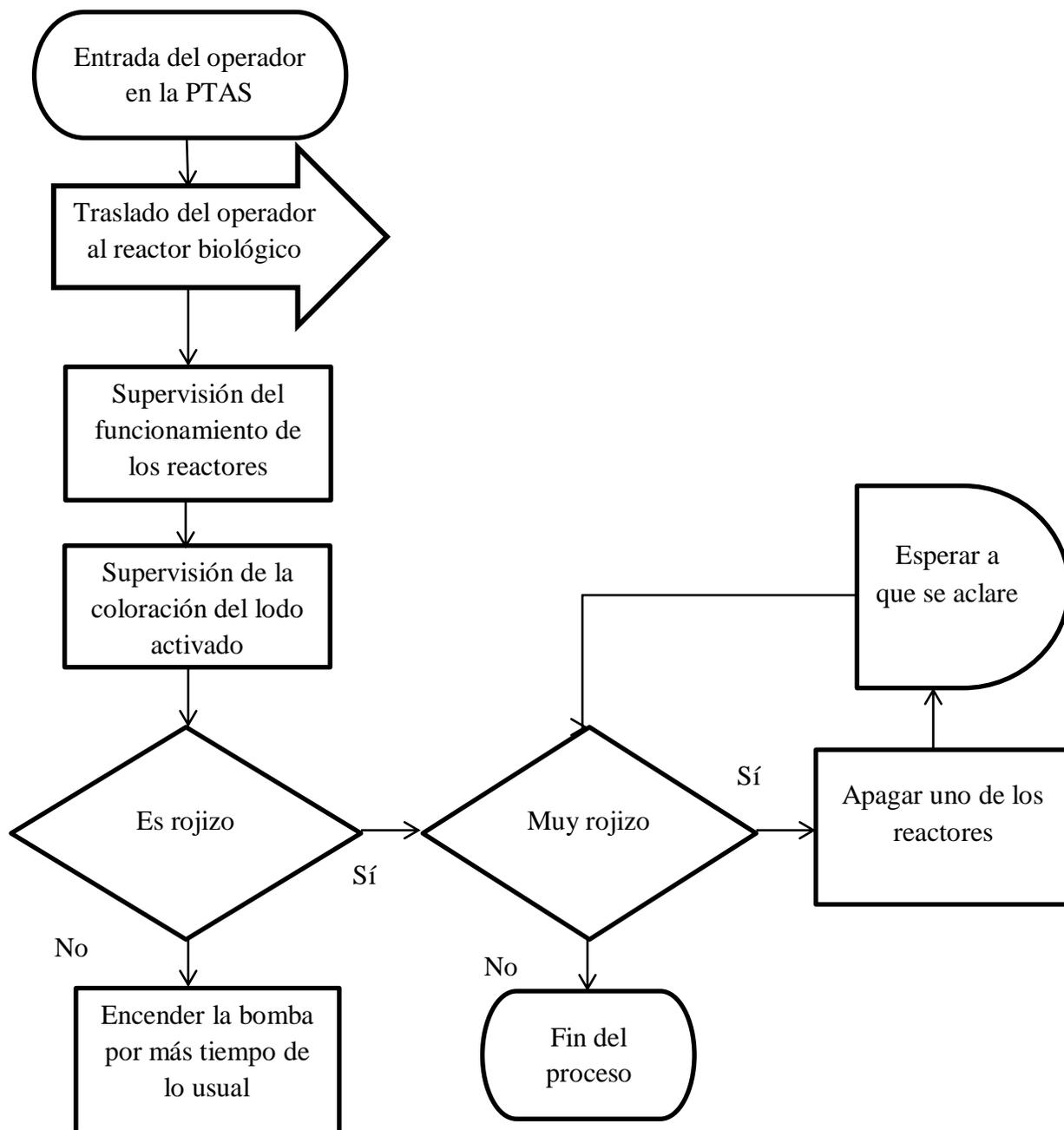


Figura 28. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el reactor biológico-tanque de aireación de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en el reactor biológico-tanque de aireación de la planta.***

Las actividades realizadas en el tanque de aeración son para formar el lodo activado; por lo que es importante que los aireadores presentes funcionen las 24 horas del día, los 7 días de la semana, del total de días que trabaja la planta. La secuencia de operaciones que se ejecutan en esta unidad se muestra en la figura 28, a continuación, se hace una descripción general del proceso:

1. El operador debe estar en planta, de no estarlo debe ingresar y trasladarse al área donde se ubica el reactor biológico.
2. Se procede a supervisar el funcionamiento de los reactores, de presentarse alguna anomalía se reporta, de estar todo en orden se procede a supervisar la coloración que adquiere el lodo activado.
3. Si la coloración del lodo activado es marrón- rojiza indica que la operación en el tanque es óptima, por lo que finaliza las operaciones en esta unidad.
4. Si la coloración del lodo activado es muy rojiza indica que hay exceso de aire, por lo que se debe apagar uno de los reactores y esperar hasta que aclare.
5. Si la coloración del lodo activado es negra indica que los microorganismos están completamente “muertos”, por lo que se debe aumentar la recirculación de los lodos temporalmente, lo que se logra manteniendo las bombas encendidas por más tiempo de lo usual, hasta que se adquiera la coloración marrón-rojiza.

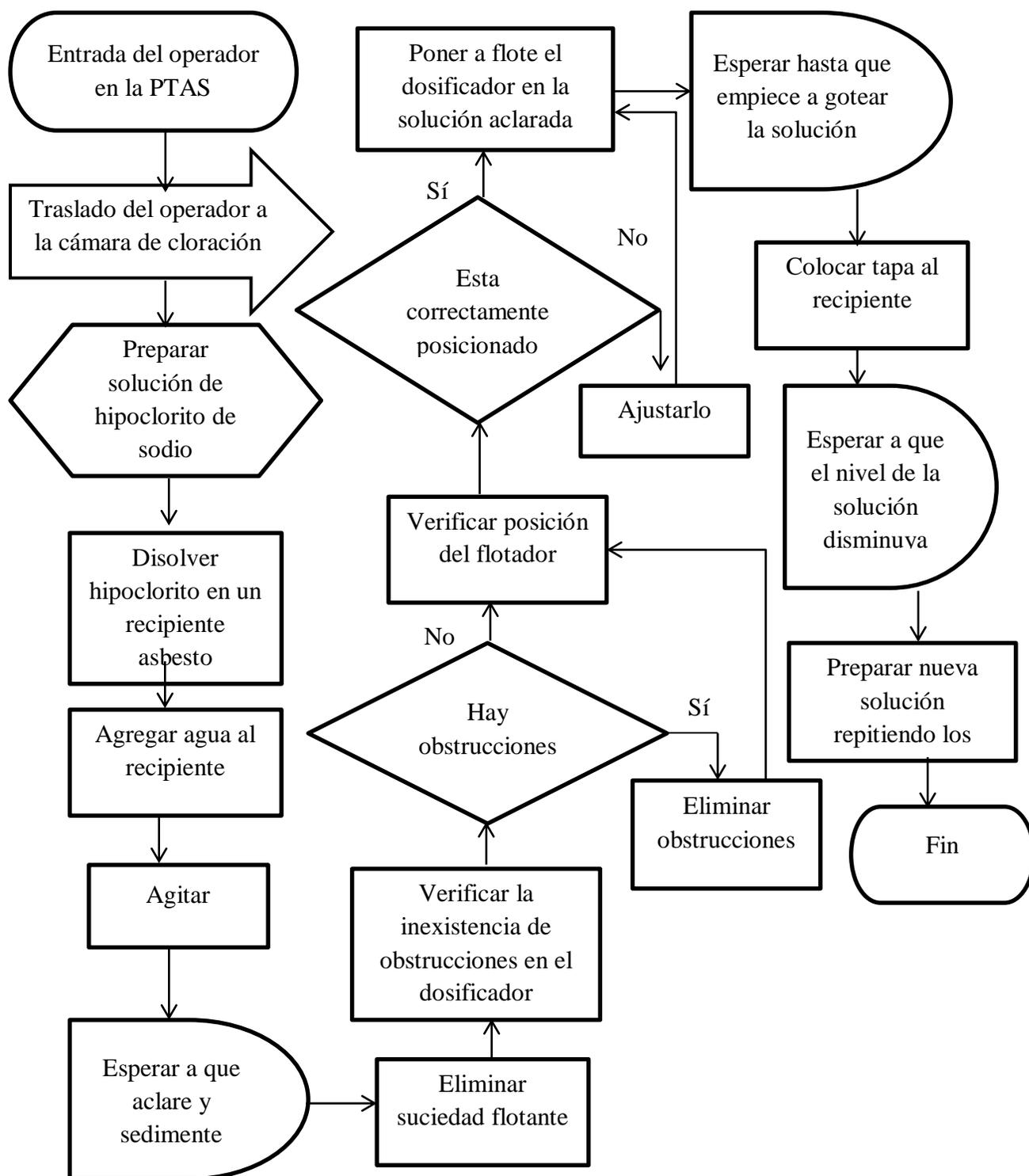


Figura 29. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en la cámara de cloración de la PTAS de la UCAB Guayana. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas por los operadores en la cámara de cloración de la PTAS de la UCAB Guayana.***

Las actividades que se llevan a cabo dentro de la cámara de cloración se realizan con la finalidad de desinfectar el líquido tratado, con el objetivo de disminuir la cantidad de bacterias y materia orgánica que será insertada en el río Caroní. Es importante tener cuidado de que la cantidad presente de aplicarse solución de cloro en el tanque de asbesto sea la suficiente, en la figura 29 se indican la serie de pasos que debe realiza el operador en dicha unidad, a continuación, se describen:

1. De no estar en el área de la PTAS, entonces el operador debe ingresar, y seguidamente trasladarse a la cámara de cloración.
2. Una vez presente en la cámara de cloración, el operador procede a preparar en el tanque asbesto de 500 litros de capacidad la solución de hipoclorito de sodio 12%, la cual consiste en disolver 8 kg de HTH en 400 litros de agua.
3. Para ello, primeramente, disuelve la cantidad indicada de hipoclorito de sodio al 12% en el tanque con poca cantidad de agua (entre 15 a 20 cm), y bate bien hasta que queda completamente disuelto.
4. Luego añade el agua necesaria para cumplir con la solución final y se agita durante un tiempo mínimo de 5 minutos, de esta manera se asegura la disolución del hipoclorito, posteriormente se espera 30 minutos a que el líquido se aclare y sedimente, mientras tanto, con un colador de malla estrecha se elimina la nata y suciedad flotante.

5. Para continuar, se revisa el dosificador, verificando que sus orificios no estén obstruidos o tapados; de estarlo se elimina cualquier residuo mediante la utilización de palillos y soplando por el tubo plástico.
6. Seguidamente, se verifica que el flotador está en la posición correcta para el caudal asignado, y sujeto con las arandelas de goma.
7. Ya aclarada la solución, se pone a flote el dosificador y se espera hasta que empiece a gotear la solución, el operador se asegura del su correcto funcionamiento, si funciona bien le pone la tapa, sino entonces lo reporta y toma las acciones necesarias.
8. Cuando el nivel de la solución contenida en el recipiente haya bajado hasta una distancia de unos 10 a 15 cm del fondo del recipiente, se debe preparar una nueva solución, repitiendo las operaciones anteriores, sin esperar a que el recipiente se vacíe completamente.

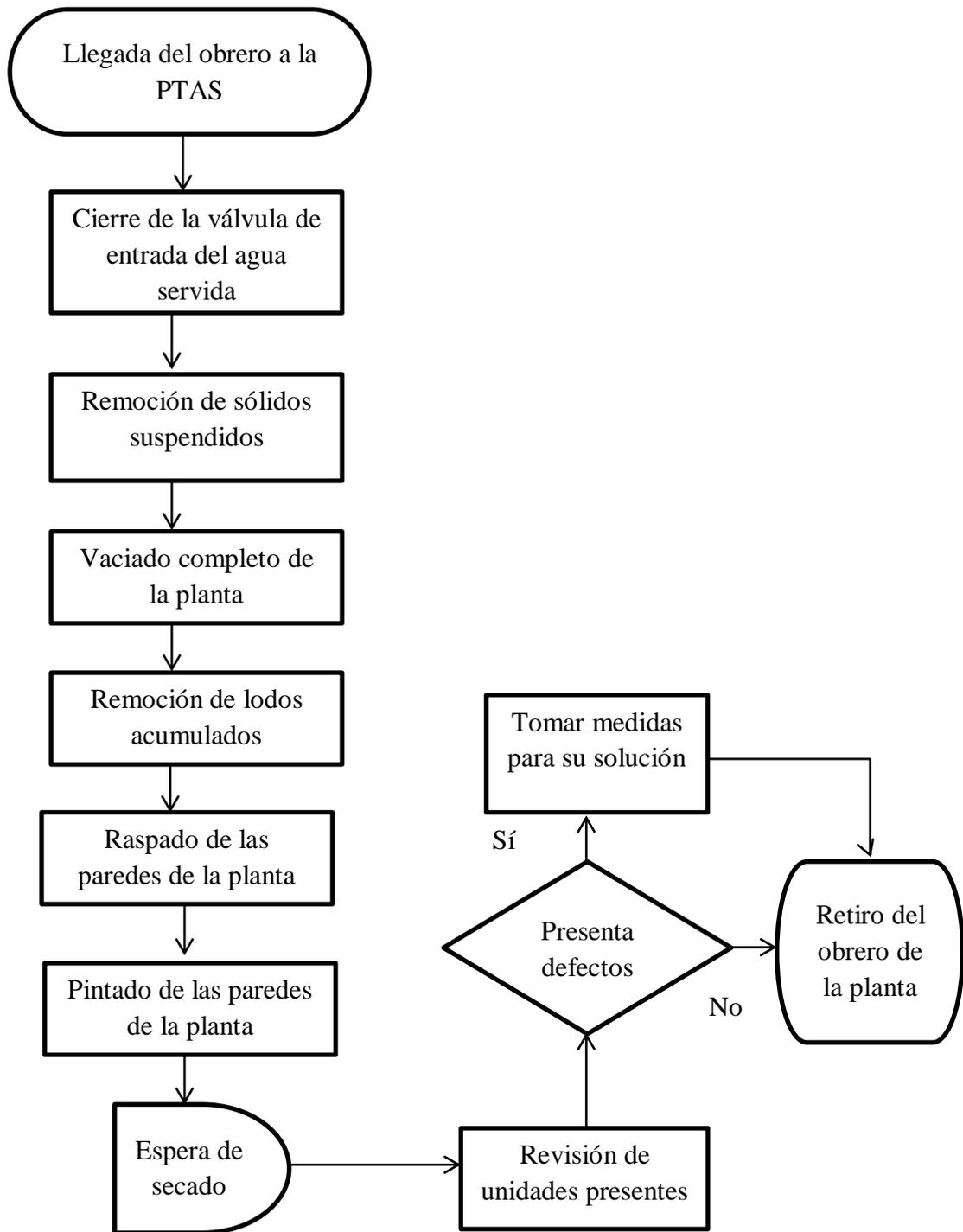


Figura 30. Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento anual a la PTAS de la UCAB

Guayana. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de mantenimiento anual a la PTAS de la UCAB Guayana.***

El mantenimiento anual en la planta es una medida preventiva esencial para evitar que ocurran accidentes o imprevistos que puedan afectar el proceso de tratamiento y de esta manera cumplir con los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, coste y el aumento máximo de la vida útil de los equipos. En la PTAS se lleva a cabo un mantenimiento rutinario, sin embargo, existen algunas actividades que no se pueden realizar todos los días, ya que ameritan tiempo para que surja esta necesidad, por esta razón se hacen mantenimientos anuales, específicamente en el mes de agosto, cuando hay vacaciones para los estudiantes y trabajadores.

En la figura 30 se pueden visualizar los pasos correspondientes al mantenimiento anual de la planta, seguidamente se describen de manera general:

1. El obrero ingresa a la PTAS y procede a cerrar la válvula que permite el paso del caudal de aguas negras. Una vez realizado esto se remueven los sólidos suspendidos o flotantes.
2. Posteriormente, se inicia el proceso de descarga del efluente de la planta en la quebrada “El indio”.
3. Ya vacío el tanque, el obrero comienza a raspar las paredes, con el objetivo de limpiar las tolvas de lodo. Los residuos acumulados se dirigen su lugar correspondiente.
4. Al estar limpio el tanque, los trabajadores empiezan a pintar sus paredes, se espera el tiempo de secado y finaliza este proceso.

5. Por último, se realiza una revisión y limpieza de las unidades involucradas, de no presentar defectos el trabajador se retira de la planta, de encontrar alguna falla debe reportarlo y tomar las medidas pertinentes.



*Figura 31.* Descarga del efluente de la planta en la Quebrada “El indio” durante su mantenimiento en agosto de 2013 y escorrentía de agua proveniente de la Urbanización los saltos. Fuente: Antonio Seijas.



*Figura 32.* Evidencia de limpieza de las tolvas de lodos decantadas durante el mantenimiento de la planta en agosto de 2013. Fuente: Antonio Seijas



*Figura 33.* Lugar donde se posicionan los Lodos extraídos de la planta, imagen tomada durante el mantenimiento anual en agosto de 2013. Fuente: Antonio Seijas.



*Figura 34.* Vaciado de la planta durante el mantenimiento anual en agosto de 2013. Fuente: Antonio Seijas.



*Figura 35.* Paredes de la planta pintadas durante el mantenimiento anual en agosto de 2013. Fuente: Antonio Seijas

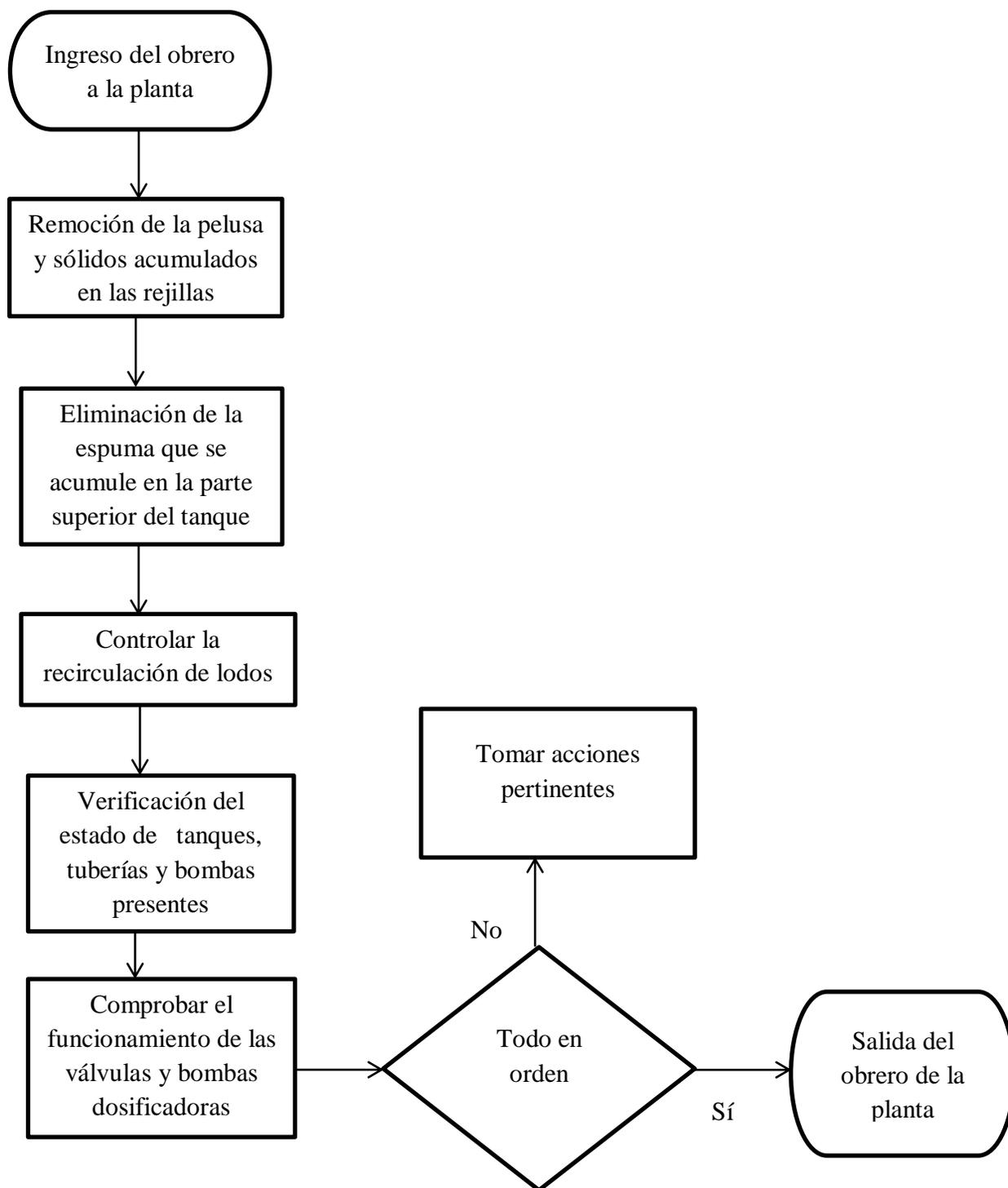
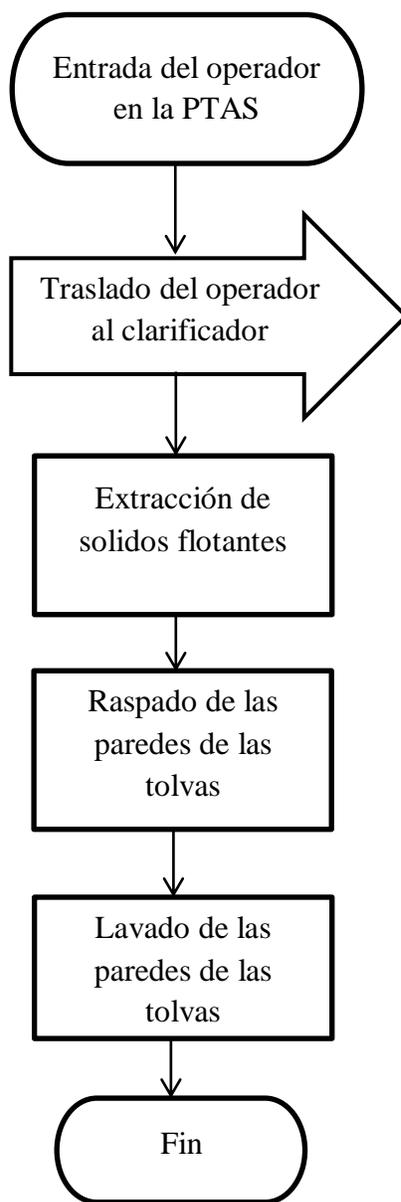


Figura 36. Diagrama de flujo de procesos del mantenimiento rutinario que se ejecuta en la PTAS. Fuente: Elaboración propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso del mantenimiento rutinario que se ejecuta en la PTAS de la UCAB Guayana.***

El proceso de mantenimiento rutinario a la PTAS de la universidad se lleva a cabo “constantemente”, debido a que su funcionamiento es de 24 horas al día durante casi todo el año, lo que genera desgaste en los equipos, elementos y materiales involucrados, además de que se acumulan los residuos resultantes de la ejecución del proceso de tratamiento y de no tomar las acciones pertinentes estos pueden afectar directamente el funcionamiento de la planta y por ende el producto final. Por lo que para evitar estos inconvenientes se amerita toma de acciones preventivas sobre los equipos y el sistema en general. La serie de pasos que se implementan para el mantenimiento diario de la planta son:

1. Para empezar el obrero ingresa al área donde se ejecuta el proceso de tratamiento, seguido de esto se dirige al área de la planta donde se ubica el desbastador, el cual se encarga de acumular las pelusas o sólidos no biodegradables presentes en el agua.
2. Posteriormente, se retiran los desechos acumulados para evitar obstrucciones y el impedimento del paso del caudal, luego los desechos recogidos son dirigidos a su lugar correspondiente.
3. En cuanto al tanque de oxidación, si se genera espuma en la parte superior entonces el trabajador procede a retirarla.
4. Seguidamente, revisa el estado y funcionamiento de los tanques, tuberías y bombas presentes en el sistema, de estar todo en orden el obrero se retira de la planta, pero si existe alguna falla debe proceder a tomar las acciones pertinentes que dependerán de la situación que se presente.

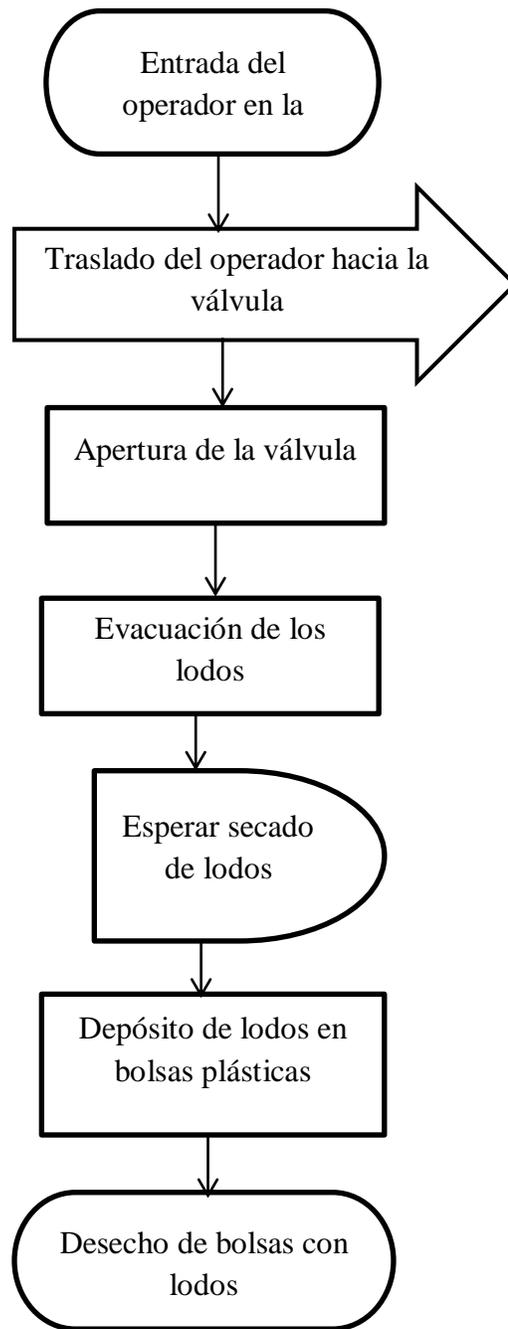


*Figura 37.* Diagrama de flujo de proceso de operaciones de mantenimiento ejecutadas por los operadores en el clarificador (sedimentador secundario) de la PTAS de la UCAB Guayana.  
Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones de mantenimiento ejecutadas por los operadores en el clarificador (sedimentador secundario) de la PTAS de la UCAB Guayana.***

En el clarificador ocurren dos procesos: clarificación del líquido y espesamiento del lodo activado, ambos claves para la obtención del producto final. Las operaciones de mantenimiento que se ejecutan en esta unidad se realizan con el fin de eliminar la acumulación de sólidos en la tolva y evitar la disminución de su volumen útil. A continuación, se describen los pasos que realiza el operador:

1. De no estar presente en planta, entonces ingresa e inmediatamente se traslada al área donde se encuentra el clarificador; si esta entonces se traslada directamente al clarificador.
2. Estando en el clarificador el operador debe proceder a extraer los sólidos flotantes, y posteriormente raspa las paredes de las tolvas.
3. Para finalizar, se lavan las paredes de las tolvas y se espera su secado.

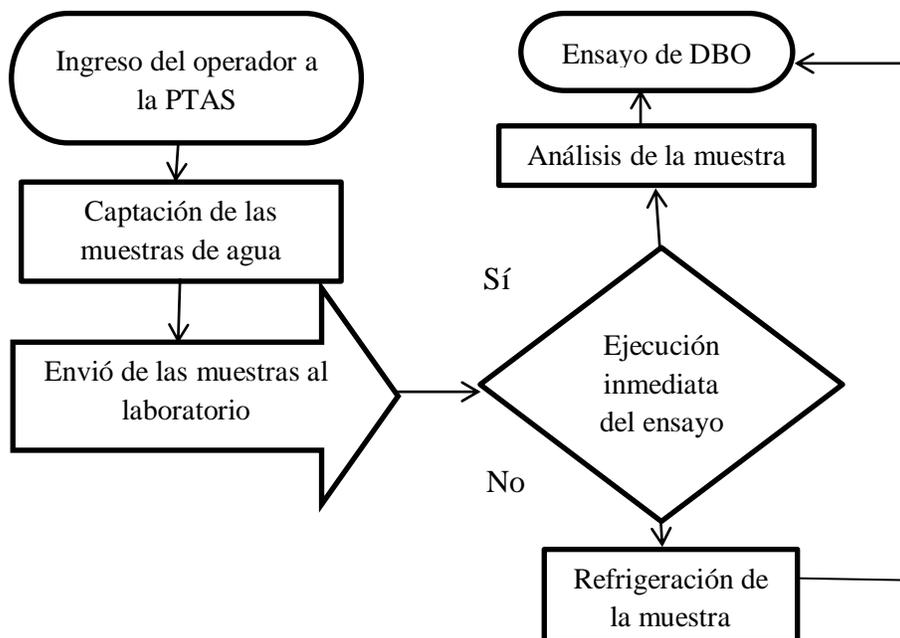


*Figura 38.* Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en el lecho de secado de lodos. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en el lecho de secados de lodos.***

El lecho de secados se encuentra presente con el fin de que los lodos acumulados posteriores al tratamiento de las aguas servidas sean depositados en este. La operación de la extracción de lodos se realiza con un sistema de bombeo desde el fondo del clarificador.

1. Una vez el operador se entre en la planta, se dirige a la válvula ubicada entre el tanque de oxidación de lodos, donde deberá abrirla para realizar que se ejecute la evacuación de los lodos en el lecho de lodos.
2. Posterior a esto, se espera el secado de lodos, se recogen e insertan en bolsas plásticas para luego desecharlos en su lugar correspondiente.

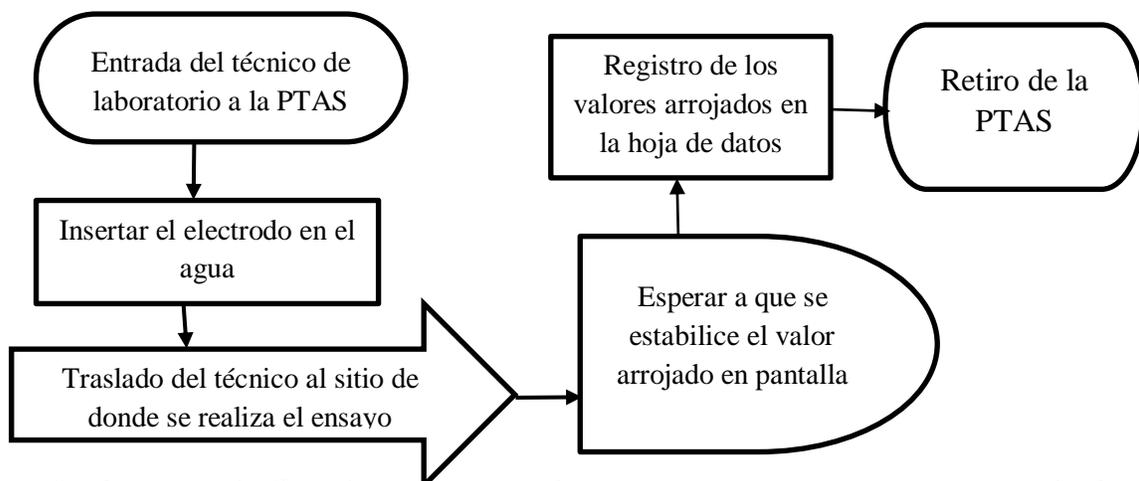


*Figura 39.* Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en los vertederos captación de muestras para determinar la demanda bioquímica de oxígeno. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en los vertederos de captación de muestras para determinar la demanda bioquímica de oxígeno.***

Estando en la planta de tratamiento de agua servidas el operador deberá adquirir muestras del caudal al momento de la entrada como en salida del mismo, con el fin de realizarle el ensayo de DBO en el laboratorio de ingeniería sanitaria ubicado en la escuela de ingeniería civil, para así determinar la eficiencia del proceso de tratamiento. Los pasos para la recolección de las muestras de DBO5 se encuentran en la figura 39, a continuación, se describen:

1. El operador se debe encontrar en el área de la PTAS, de no estarlo ingresa.
2. Posteriormente realiza la captación de las muestras de agua.
3. Se envían las muestras al laboratorio y se decide si el ensayo de DBO5 se hará inmediatamente, de ser así se analizan las muestras y se inicia el ensayo. Si el ensayo se desea hacer más tarde, entonces las muestras deberán ser refrigeradas.



*Figura 40.* Diagrama de flujo de proceso para los ensayos in situ que se ejecutan en la PTAS.

Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso para los ensayos in situ que se ejecutan en la PTAS de la UCAB Guayana.***

Para realizar los ensayos in situ, el técnico de laboratorio tiene que obligatoriamente dirigirse a la planta de tratamientos de aguas servidas, este tipo de ensayos se realiza para hacer la medición de turbidez, conductividad, pH y oxígeno disuelto del agua en las distintas fases del tratamiento; además, es importante resaltar que al momento de realizar la toma de muestra todos los equipos de la planta deben estar apagado por cuestiones de seguridad. A continuación, se describe los pasos a seguir mostrados en la figura 40:

1. Una vez en planta se debe trasladar a los puntos del tratamiento de la planta donde desea realizar el ensayo.
2. Debe insertar el electrodo del equipo previamente calibrado en el punto de tratamiento donde desea obtener los valores. El equipo puede variar dependiendo del ensayo que se realice, puede ser: tubímetro (para la turbidez), phmetro (para el ph), conductímetro (para la conductividad) y oxímetro (para el oxígeno disuelto).
3. Posteriormente, se tiene que esperar hasta que el equipo estabilice la lectura arrojada; después de esto se toma nota del valor que muestra el equipo registrándolo en la hoja de datos correspondiente, se retira el electrodo y se procede a salir de la planta.

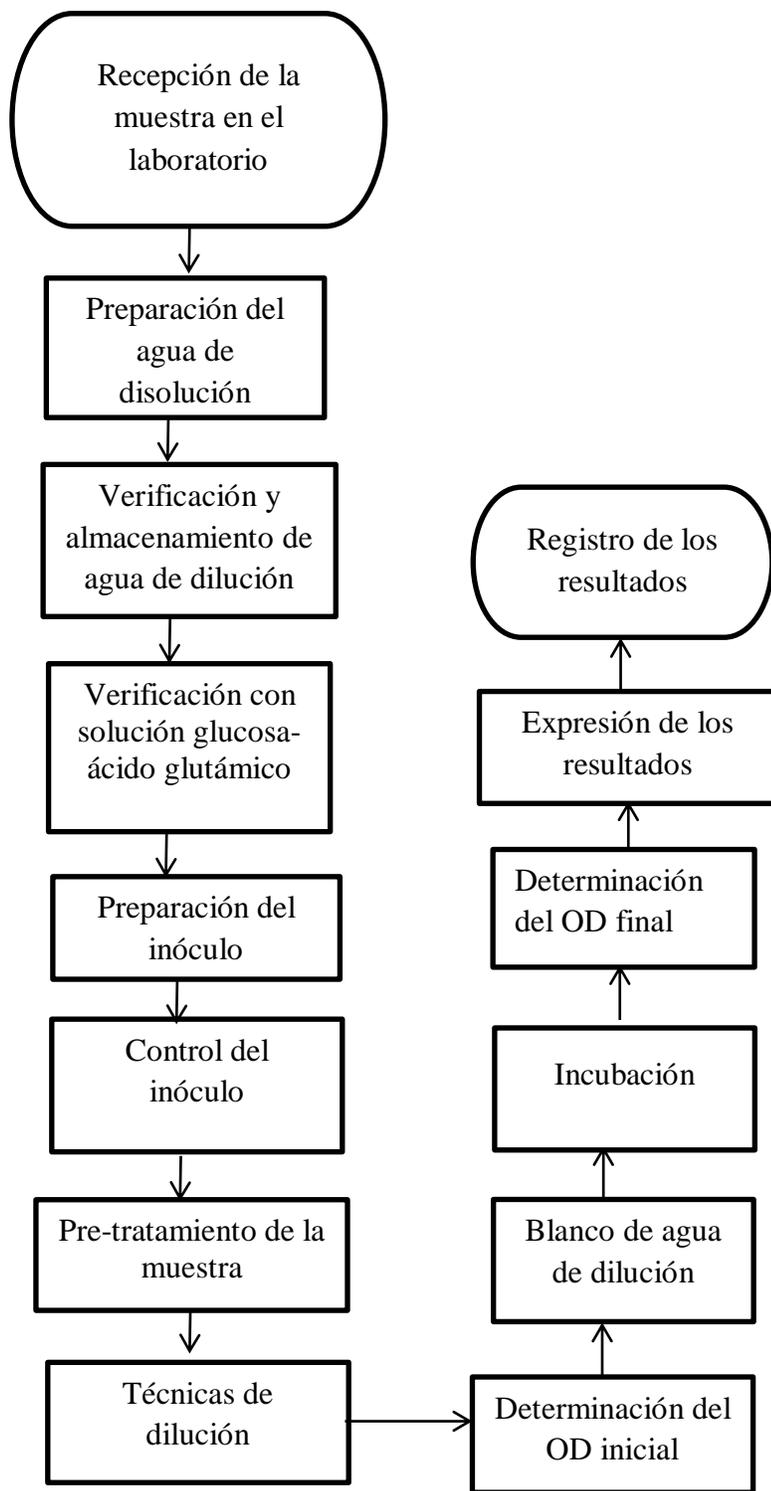


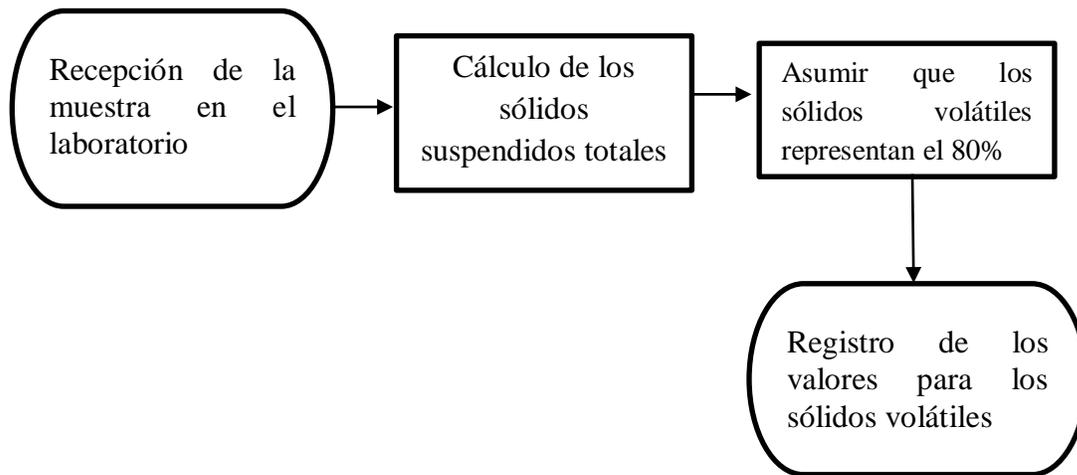
Figura 41. Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de DBO5 ejecutado para la PTAS de la UCAB Guayana. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso para el ensayo de DBO5 ejecutado para PTAS de la UCAB Guayana.***

El técnico de laboratorio recibe la muestra de DBO5 recolectada por el operador de planta, una vez en el laboratorio debe realizar los pasos indicados en la práctica # 13 del manual de prácticas del laboratorio de ingeniería sanitaria "Determinación de la demanda Bioquímica de oxígeno", que de manera general consisten en:

1. Preparar el agua de disolución, verificar y conservar tal como se describe en la guía de laboratorio de ingeniería Sanitaria, con el fin de garantizar su calidad.
2. Posteriormente, se procede a verificar con solución glucosa- ácido glutámico. Como la determinación de DBO es un bioensayo, los resultados pueden estar influenciados en gran medida por la presencia de sustancias tóxicas o por el uso de inóculos de baja calidad (la toma se hace en la entrada a la planta después del vertedero), por esta razón se hace necesario verificar periódicamente la calidad del agua de dilución, la efectividad del inóculo y la técnica analítica realizando la determinación de DBO con una mezcla de 150 mg/l de glucosa y 150 mg/l de ácido glutámico como solución de patrón de verificación.
3. Seguidamente, se realiza la inoculación y su control; dicho procedimiento se ejecuta en caso de que las muestras provenientes de aguas que no contengan una población microbiana en cantidades suficientes para degradar la materia orgánica presente.
4. Pre-tratamiento de la muestra. En la determinación del DBO interfieren la presencia de compuestos tóxicos y/o el pH desfavorable para el crecimiento de microorganismos, lo que causan interferencias; para evitar que esto suceda se realiza el pre-tratamiento de la muestra, donde se hace uso de distintos compuestos químicos según amerite el caso.

5. De igual manera se aplican las técnicas de dilución. Las diluciones que producen resultados más confiables, son aquellas cuyo OD residual sea de al menos 1 mg/l y el consumo de OD al menos 2 mg/l después de 5 días de incubación, por lo que se preparan las diluciones para obtener un valor de OD dentro de ese rango.
6. Si la muestra contiene materiales que reaccionan rápidamente con el OD, determinar este inmediatamente después de haber llenado la botella de DBO con la muestra diluida. Si el consumo de OD inicial es insignificante el periodo entre la preparación de la dilución y la medida del OD inicial no es crítico, pero no debe exceder de 30 min.
7. Conjuntamente con cada uno de los lotes de muestra, incubar una botella llena con agua de dilución sin inocular como un control aproximado de la calidad del agua de dilución no inoculada y de la limpieza de las botellas de DBO. Determinar el OD inicial y final. El consumo de OD no puede ser mayor a 0,2 mg/l y preferiblemente no más de 0,1 mg/l.
8. Incubar a  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  las botellas de DBO con las diluciones preparadas, control del inóculo, blanco de agua de dilución y verificación con solución de glucosa –ácido glutámico. Sellar todas las botellas con sello hidráulico. Después de 5 días de incubación determinar el OD en cada uno tal y como se indica en la Norma Venezolana 2871.
9. Por último, se expresan los resultados obtenidos del ensayo. Por cada botella de DBO que tenga un mínimo de reducción de 2,0 mg/l de OD y al menos de 1,0 mg/l de OD residual; se calcula el contenido de DBO, expresado en mg/l dependiendo del agua de la dilución (si se inocula o no) y de los valores de OD, haciendo uso de las formulas expresadas en la guía de laboratorio de ingenierías sanitarias de la universidad, practica #13 DBO5.



*Figura 42.* Diagrama de flujo de proceso para el cálculo de los sólidos suspendidos volátiles (SSV). Fuente: Elaboración propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso para el cálculo de los sólidos suspendidos volátiles (SSV).***

Actualmente no se encuentra disponible en la universidad un horno capacidad de temperaturas de hasta 550 °C, es por esto que no se lleva a cabo el proceso de calcular los sólidos suspendidos volátiles como se indica en la práctica #16 "sólidos" del laboratorio de ingeniería sanitaria de la universidad, en cambio lo que se realiza es lo que se indica en la figura 42, que consiste en:

1. Recibir la muestra en el laboratorio y calcular los sólidos suspendidos totales tal como lo indica la práctica #16 del laboratorio de ingeniería sanitaria.
2. Una vez obtenidos los resultados, se asume que el 80% de los sólidos suspendidos totales representan los sólidos suspendidos volátiles y ese será el valor correspondiente a registrar.

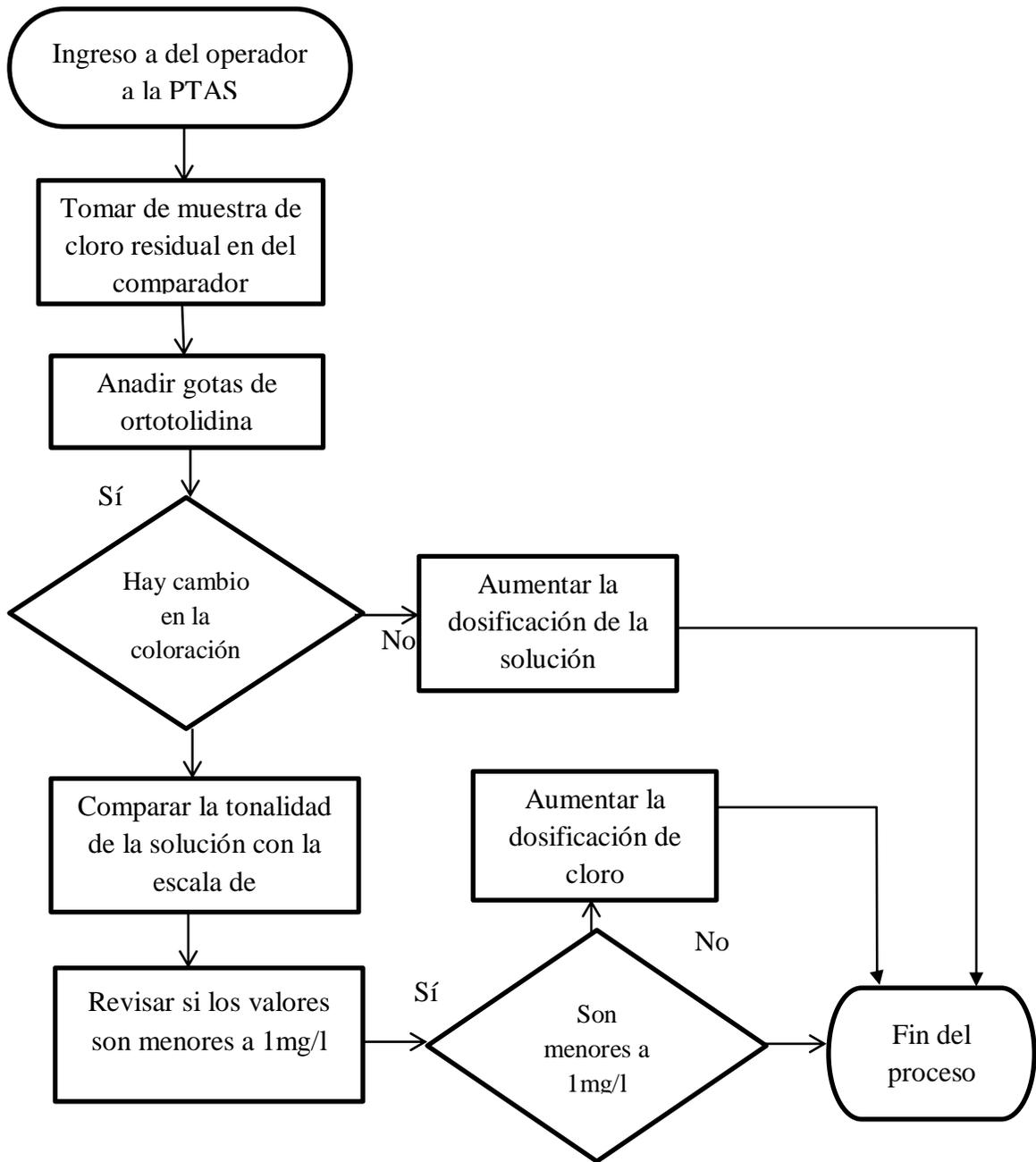
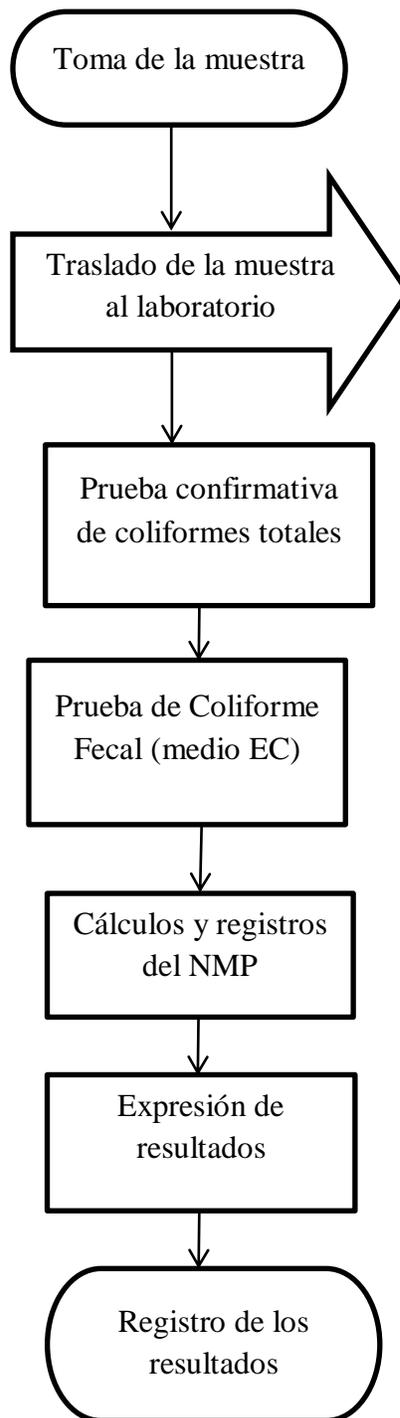


Figura 43. Diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en la medición del cloro residual. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso de operaciones ejecutadas en la medición del cloro residual.***

La medición residual del cloro es una acción que se realiza diariamente con el objetivo de conocer la concentración existente a la salida de la planta, teniendo en cuenta que no debe ser menor de 1 mg/l. En la figura 43 se pueden ver los pasos que sigue el operador para llevar a cabo el procedimiento, a continuación, se describen:

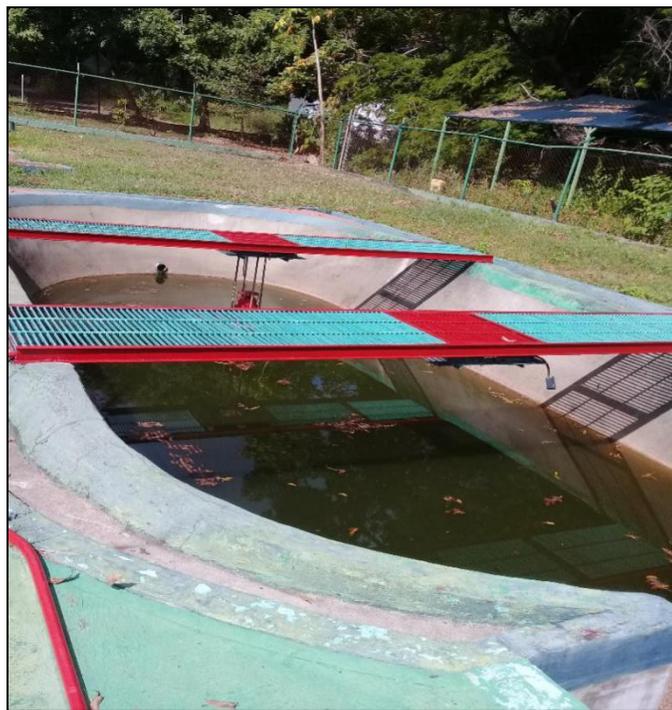
1. El operador ingresar a la PTAS, de estarlo se obvia este paso y se procede a tomar la muestra de cloro residual en la cubeta del comparador de cloro.
2. Inmediatamente se añaden 2 o 3 gotas de ortotolidina, y se espera a que cambie la coloración de la solución a un tono verdoso, de no ocurrir cambio indica que la escala de concentración es cero, por lo que habrá que verificar el clorador y aumentar la dosificación de la solución.
3. Una vez ocurrido el cambio, se procede a comparar la tonalidad de la solución con la escala de tonalidades de verde que indica el comparador.
4. Los procedimientos se repiten por cinco (5) días consecutivos, si se muestra que los valores son menores de 1mg/l, se aumenta la dosificación de cloro variando la posición del flotante o abertura del clorador de Goteo, para así obtener el residual de cloro; mientras que si son mayores finaliza el proceso.



*Figura 44.* Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de coliformes presentes en el agua residual de la PTAS. Fuente: Elaboración Propia.

***Descripción del diagrama de flujo de proceso para el ensayo de coliformes presentes en el agua residual de la PTAS de la UCAB-Extensión Guayana.***

1. Para realizar el ensayo de coliformes fecales, primeramente, el operador toma la muestra en planta, para posteriormente dirigirla al laboratorio de ingeniería sanitarias.
2. Una vez la muestra este en el laboratorio el técnico procede a realizar la prueba confirmativa de coliformes totales, tal como lo indica la práctica #3 del laboratorio de ingeniería sanitaria "Determinación de coliformes en aguas".
3. Posteriormente, realiza la prueba de coliforme fecal (medio EC), la cual indica si hay presencia de organismos coliformes de origen fecal.
4. Se realiza la prueba del número más probable y se obtienen los resultados y registran. El NMP para combinaciones que no aparecen en la tabla, o para otras combinaciones de tubos o diluciones puede calcularse mediante la sencilla fórmula de Thomas.



*Figura 45.* Tanque de aireación desactivado, lleno de residuos vegetales. Fuente: Propia.

En la figura 45, se pueden observar residuos de hojas pertenecientes a la vegetación existente en los alrededores de la PTAS dentro del tanque de aireación.

### **Elaborar un diagnóstico de la planta de tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana**

Para el desarrollo de dicho objetivo se realiza una matriz DOFA de la PTAS y su posterior análisis, de igual manera se hace uso de diagramas Pareto para los datos históricos tomados y valores arrojados en la toma de muestra, para su análisis, se identifican los riesgos presentes en planta y se realiza su valorización. Finalmente se realiza un diagnóstico general de la planta basado en los resultados obtenidos.

### Análisis de matriz DOFA.

Tabla 13.

*Matriz DOFA de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana.* Fuente: Elaboración Propia.

Fortalezas	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas.</li> <li>2. Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar.</li> <li>3. Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta.</li> <li>4. Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental.</li> <li>5. Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales.</li> <li>6. Se encuentra situada en una zona apartada de los edificios estudiantiles, al aire libre y rodeada de vegetación, lo que permite realizar las operaciones sin ningún tipo de restricción.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equipamiento de seguridad incompleto, existen carencias de algunos implementos de seguridad que son necesarios para realizar las operaciones.</li> <li>2. Existencia de situaciones inseguras en zonas de planta que son frecuentadas por los operadores para realizar los procedimientos correspondientes.</li> <li>3. Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores.</li> <li>4. Falta de un manual que indique como deben realizar las tomas de muestra los operadores.</li> <li>5. Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS.</li> <li>6. Falencias en los instrumentos usados para los registros de datos que arroja la planta.</li> </ol>
Oportunidades	Amenazas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS.</li> <li>2. Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos.</li> <li>3. El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el ambiente.</li> <li>4. Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras.</li> <li>5. Es una de las únicas dos PTAS operativas en la ciudad.</li> <li>6. Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambio en la legislación ambiental vigente.</li> <li>2. Escases de insumos requeridos para las operaciones que se llevan a cabo en la PTAS.</li> <li>3. La vegetación de árboles existentes alrededor de la planta provoca un aumento excesivo de residuos sobre esta, lo que obstaculiza las tuberías y genera mayor desperdicio.</li> <li>4. Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta.</li> <li>5. Presencia de equipos obsoletos producto de actualizaciones tecnológicas.</li> </ol>

**Matriz de confrontación.**

La matriz de confrontación permite vincular las amenazas y oportunidades con las debilidades y fortalezas, según las relaciones que haya entre ellas. Para valorar cada una de las relaciones existentes se hace uso de la siguiente escala:

- ✓ Relación alta: **10**
- ✓ Relación media: **5**
- ✓ Relación baja: **1**
- ✓ Sin relación: **0**

Tabla 14.

*Matriz de confrontación de la matriz DOFA de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana. Fuente: Elaboración propia.*

MATRIZ DE CONFRONTACIÓN			FACTORES EXTERNOS												Σ	Total
			OPORTUNIDADES						AMENAZAS							
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	Σ	A1	A2	A3	A4	A5		
FACTORES INTERNOS	FORTALEZAS	F1	10	5	0	0	0	10	25	0	0	0	10	0	10	35
		F2	10	10	5	10	0	5	40	0	0	0	10	0	10	50
		F3	0	10	0	0	0	0	10	0	5	0	0	0	5	15
		F4	10	10	10	5	10	0	45	0	0	10	0	0	10	55
		F5	10	5	0	0	0	10	25	0	0	0	10	0	10	35
		F6	0	5	10	10	0	0	25	0	0	5	0	0	5	30
		Σ	40	45	25	25	10	25	170	0	5	15	30	0	50	220
		DEBILIDADES	D1	0	10	0	0	0	10	0	1	0	0	0	1	11
	D2		0	5	0	5	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
	D3		5	10	0	0	0	0	15	0	0	0	0	1	1	16
	D4		10	5	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15
	D5		10	0	0	0	0	10	20	0	0	0	5	0	5	25
	D6		5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
		Σ	30	30	0	5	0	10	75	0	1	0	5	1	7	82
	TOTAL	70	75	25	30	10	35		0	6	15	35	1	57		

Para establecer el nivel de relación entre cada factor, se plantearon las siguientes preguntas como guía:

- ✓ Se acentuó la fortaleza, ¿puedo aprovechar mejor la oportunidad? ¿En qué medida?
- ✓ Se superó la debilidad, ¿puedo aprovechar mejor la oportunidad? ¿En qué medida?
- ✓ Si acentuó la fortaleza, ¿estoy minimizando la amenaza? ¿En qué medida?
- ✓ Si supero la debilidad, ¿minimizo la amenaza? ¿En qué medida?

Sumados y analizados todos los valores, se obtiene el orden de prioridad en que se debe atacar la superación de debilidades y de aprovechamiento de fortalezas, para minimizar y aprovechar, respectivamente, las amenazas y oportunidades.

Debilidades	<p>Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS.</p> <p>Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores.</p> <p>Falta de un manual que indique como deben realizar las tomas de muestra los operadores.</p> <p>Equipamiento de seguridad incompleto, existen carencias de algunos implementos de seguridad que son necesarios para realizar las operaciones.</p> <p>Existencia de situaciones inseguras en zonas de planta que son frecuentadas por los operadores para realizar los procedimientos correspondientes.</p> <p>Falencias en los instrumentos usados para los registros de datos que arroja la planta.</p>
-------------	--

Fortalezas	<p>Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental.</p> <p>Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar.</p> <p>Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas.</p> <p>Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales.</p> <p>Se encuentra situada en una zona apartada de los edificios estudiantiles, al aire libre y rodeado de vegetación, lo que permite realizar las operaciones sin ningún tipo de restricción.</p> <p>Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta.</p>
------------	--

Nota: Las fortalezas F1 y F5 poseen la misma puntuación en la escala, por lo que deben ser atacadas con la misma relevancia.

Y por supuesto el orden en el que las **oportunidades** y **amenazas** nos van a ser más fáciles de acentuar y neutralizar, respectivamente, si superamos las debilidades y aprovechamos las fortalezas que se cree tener.

<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades</b></p>	<p>Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos.</p> <p>Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS.</p> <p>Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen.</p> <p>Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras.</p> <p>El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el ambiente.</p> <p>Es una de las únicas dos PTAS operativas en la ciudad.</p>
---	---

<p><b>Amenazas</b></p>	<p>Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta.</p> <p>La vegetación de árboles existentes alrededor de la planta provoca un aumento excesivo de residuos sobre esta, lo que obstaculiza las tuberías y genera mayor desperdicio.</p> <p>Escases de insumos requeridos para las operaciones que se llevan a cabo en la PTAS.</p> <p>Presencia de equipos obsoletos producto de actualizaciones tecnológicas.</p> <p>Cambio en la legislación ambiental vigente.</p>
------------------------	---

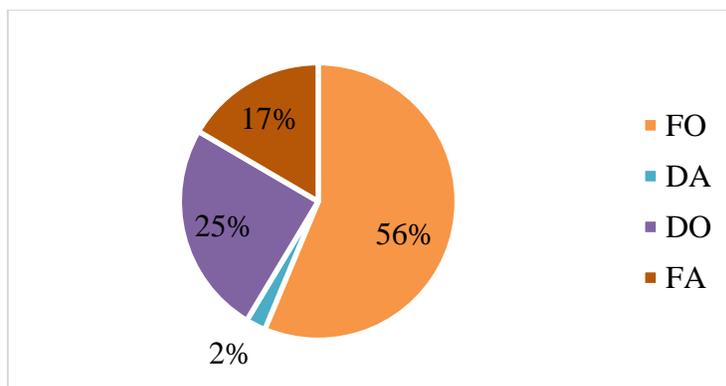
Los resultados obtenidos del peso de las relaciones establecidas en la matriz de confrontación se encuentran expresados en puntuación y porcentaje en la siguiente tabla:

Tabla 15.

*Peso en puntuación y porcentaje de las relaciones establecidas en la matriz de confrontación.*

Fuente: Elaboración Propia.

<b>Fortaleza-Oportunidad (FO)</b>	<b>Debilidad-Amenaza (DA)</b>	<b>Fortaleza-Amenaza (FA)</b>	<b>Debilidad-Oportunidad (DO)</b>
<b>170</b>	<b>7</b>	<b>50</b>	<b>75</b>
<b>56,3%</b>	<b>2,3%</b>	<b>16,6%</b>	<b>24,8%</b>
<b>Puntuación final: 302</b>			



*Figura 46. Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana. Fuente: Elaboración propia.*

**FO:** Relación Fortalezas-Oportunidades.  
**DA:** Relación Debilidades-Amenazas.  
**FA:** Relación Fortalezas-Amenazas.  
**DO:** Relación Debilidades-Oportunidad.

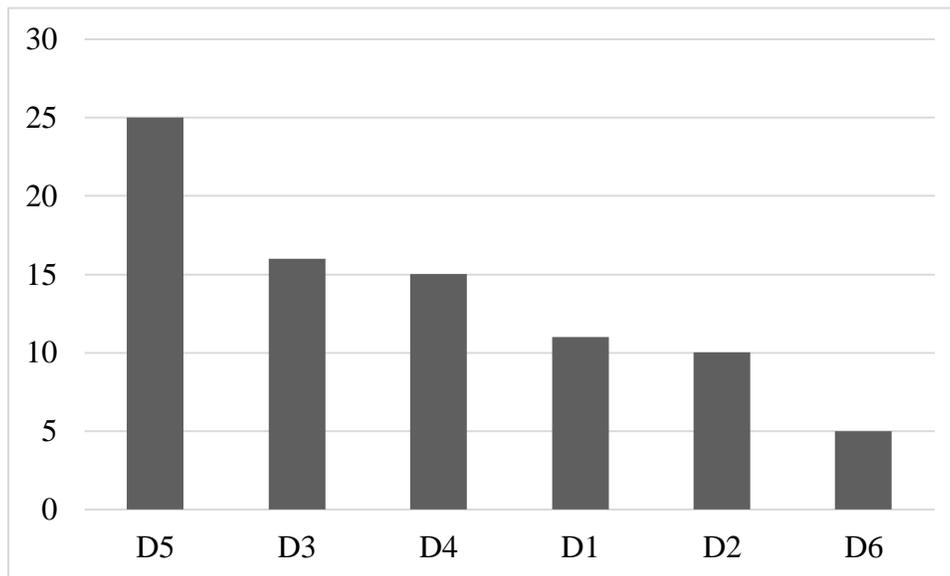
En la figura 46, se puede observar que el balance global es positivo, con un 56,3% a favor del factor de optimización (fortalezas-oportunidades), mientras que el 43,7% restante se subdivide en: 2,3% para debilidades-amenazas, 24,8 % debilidades-oportunidades y 16,6% fortalezas-amenazas. Se supone entonces que el factor de riesgo es muy bajo en conjunto, y por tanto se deberá centrar mayor atención en aprovechar la relación existente entre las fortalezas-oportunidades, para así proponer medidas que contribuyan a mejorar la gestión de la planta a fin de que se logren mejores resultados en un corto plazo, mediano y largo plazo. En el análisis de los otros criterios de la planta, se tiene que la atención debe darse en el siguiente orden de prioridad: debilidades-oportunidades, fortalezas-amenazas y debilidades-amenazas, de tal forma que ninguna quede desatendida, pero que sean atacadas según su peso.

Tabla 16.

*Peso en puntuación y porcentaje de las debilidades planteadas en la matriz DOFA.* Fuente:

Elaboración Propia.

<b>Debilidad 5</b>	<b>Debilidad 3</b>	<b>Debilidad 4</b>	<b>Debilidad 1</b>	<b>Debilidad 2</b>	<b>Debilidad 6</b>
25	16	15	11	10	5
30,5%	19,5%	18,3%	13,4%	12,2%	6,1%



*Figura 47.* Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana Fuente: Elaboración propia.

**D1:** Equipamiento de seguridad incompleto, existen carencias de algunos implementos de seguridad que son necesarios para realizar las operaciones.

**D2:** Existencia de situaciones inseguras en zonas de planta que son frecuentadas por los operadores para realizar los procedimientos correspondientes.

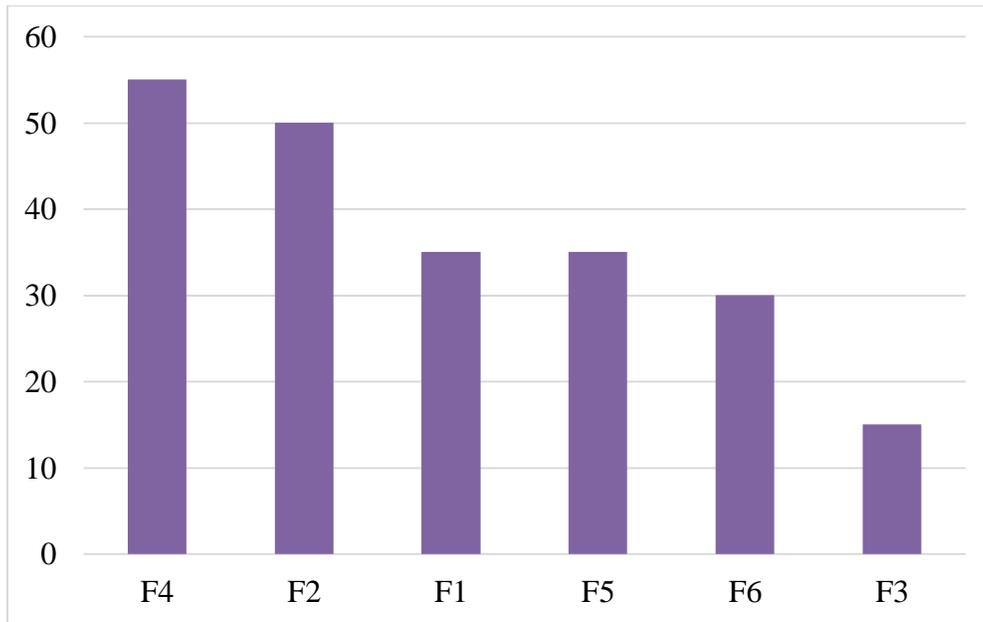
**D3:** Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores.

**D4:** Falta de un manual que indique como deben realizar las tomas de muestra los operadores.

**D5:** Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS.

**D6:** Falencias en los instrumentos usados para los registros de datos que arroja la planta.

En el gráfico 47, se puede observar el grado de importancia con el que se deben atacar las debilidades de la planta, concentrando la atención en las de mayor puntuación y porcentaje, de esta manera a la hora de tomar acciones para superarlas se le dará prioridad en el orden que muestra el gráfico; siendo la primera la debilidad 5 con un peso de 30,5% , D5: falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS (D5), seguido de las debilidades D3, D4, D2, respectivamente, ocupando el último lugar con un peso de 6,1% D6: Falencias en los instrumentos usados para los registros de datos que arroja la planta.



*Figura 48.* Balance estratégico Global de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

*Peso en puntuación y porcentaje de las fortalezas planteadas en la matriz DOFA. Fuente:*

Elaboración Propia.

<b>Fortaleza 4</b>	<b>Fortaleza 2</b>	<b>Fortaleza 1</b>	<b>Fortaleza 5</b>	<b>Fortaleza 6</b>	<b>Fortaleza 3</b>
55	50	35	35	30	15
25,0%	22,7%	15,9%	15,9%	13,6%	6,8%

**F1:** Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas.

**F2:** Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar.

**F3:** Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta.

**F4:** Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental.

**F5:** Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales.

**F6:** Se encuentra situada en una zona apartada de los edificios estudiantiles, al aire libre y rodeado de vegetación, lo que permite realizar las operaciones sin ningún tipo de restricción.

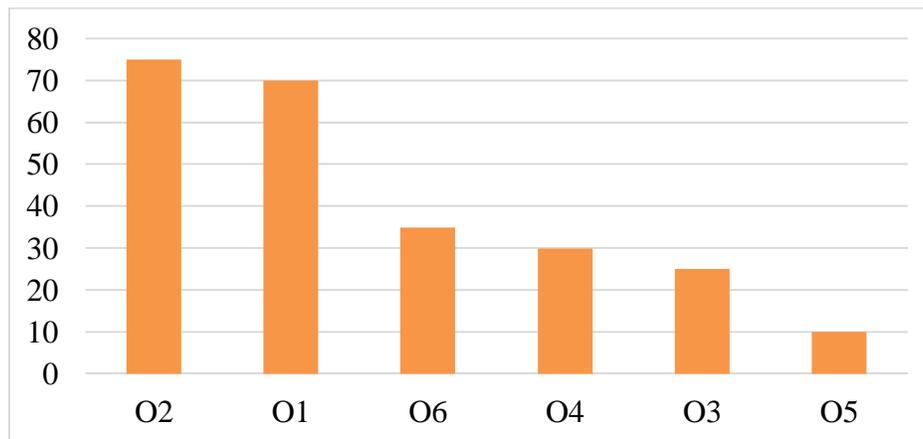
En la figura 48, se puede observar la prioridad con la que se deben acentuar las fortalezas de la planta, concentrando la atención en las de mayor puntuación y porcentaje, de esta manera a la hora de tomar acciones para acentuarlas se hará según el orden que muestra el gráfico; siendo la primera F4: Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental, con peso de 25% seguida de las fortalezas: F2, F1, F5, F6 respectivamente, siendo la última F3 con un peso de 6,8%. F3: Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta.

Tabla 18.

*Peso en puntuación y porcentaje de las oportunidades planteadas en la matriz FODA. Fuente:*

Elaboración Propia.

<b>Oportunidad 2</b>	<b>Oportunidad 1</b>	<b>Oportunidad 6</b>	<b>Oportunidad 4</b>	<b>Oportunidad 3</b>	<b>Oportunidad 5</b>
75	70	35	30	25	10
30,6%	28,6%	14,3%	12,2%	10,2%	4,1%



*Figura 49.* Balance estratégico de las oportunidades de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana Fuente: Elaboración propia.

- O1:** Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS.
- O2:** Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos.
- O3:** El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el ambiente.
- O4:** Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras.
- O5:** Es una de las únicas dos PTAS operativas en la ciudad.
- O6:** Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen.

En la figura 49 se puede observar con base en las oportunidades que poseen mayor puntuación y porcentaje, la prioridad que se debe tener al momento de dar acciones para su aprovechamiento, de tal manera que se facilite el proceso y además se incrementen los resultados

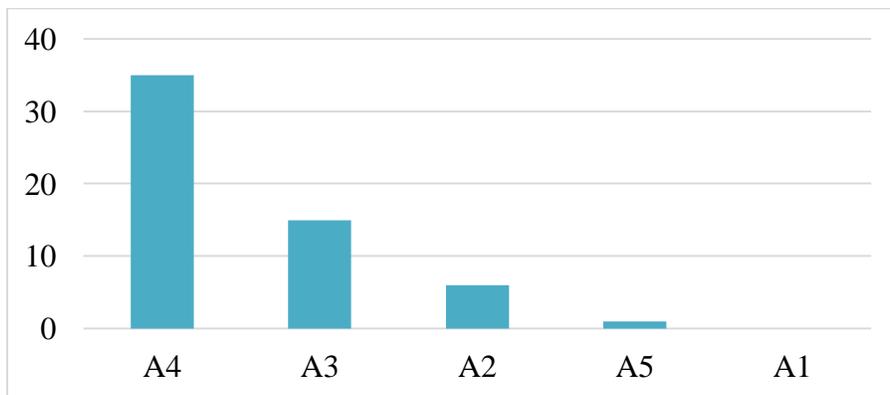
positivos para la planta. Con un porcentaje de 30,6% la oportunidad con mayor importancia es O2: adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos; seguida de las oportunidades O1, O6, O4, O3, respectivamente, siendo la última O5: Es una de las únicas dos PTAS operativas en la ciudad, dicha oportunidad no tiene ninguna relevancia y posee un porcentaje de 4,1%.

Tabla 19.

*Peso en puntuación y porcentaje de las amenazas planteadas en la matriz DOFA. Fuente:*

Elaboración Propia.

<b>Amenaza 4</b>	<b>Amenaza 3</b>	<b>Amenaza 2</b>	<b>Amenaza 5</b>	<b>Amenaza 1</b>
35	15	6	1	0
61,4%	26,3%	10,5%	1,8%	0%



*Figura 50. Balance estratégico de las amenazas de la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana. Fuente: Elaboración propia 2020.*

**A1:** Cambio en la legislación ambiental vigente.

**A2:** Escases de insumos requeridos para las operaciones que se llevan a cabo en la PTAS.

**A3:** La vegetación de árboles existentes alrededor de la planta provoca un aumento excesivo de residuos sobre esta, lo que obstaculiza las tuberías y genera mayor desperdicio.

**A4:** Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta.

**A5:** Presencia de equipos obsoletos producto de actualizaciones tecnológicas.

En la figura 50, se puede observar la prioridad que se debe tener al momento de plantear acciones para disminuir las amenazas de la planta, basado en la puntuación y porcentaje más elevado, lo que indica su peso e importancia, de esta manera a la hora de tomar acciones para reducirlas se facilitara el proceso. Se tiene que con un porcentaje de 61,4% la amenaza que tiene mayor peso es A4: Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta, con un 61,4%; seguida de A3, A2, A5, respectivamente, siendo la última A1, con un peso de 0%; A1: Cambio en la legislación ambiental vigente; esta amenaza no puede ser disminuida, ya que es un factor muy externo a la planta y pertenece a órganos superiores del estado, por lo que cualquier acción para su disminución será nula.

### **Diagramas Pareto de datos históricos recolectados.**

A continuación, se realizan gráficos de diagrama Pareto para datos históricos recolectados de trabajos de grados previos con posterior análisis.

## Unidades de Análisis

Las Unidades de análisis en la presente investigación comprenden aquellas que constituyen la Planta de tratamiento para aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana, la cual se encuentra situada al este de la extensión de terrenos pertenecientes a la universidad y al Colegio Loyola Gumilla. Las unidades de análisis pueden dividirse en cuatro puntos fundamentales:

- ✓ El punto 1 ubicado en la entrada justo después del vertedero triangular
- ✓ El punto 2 en el centro del reactor biológico de planta
- ✓ El punto 3 el Clarificador de la planta, situado justo después del reactor biológico.
- ✓ El punto 4 situado justo antes del proceso de cloración, el cual contiene el efluente clarificado.

Tabla 20.

*Resultados Obtenidos de Estandarización de ensayos de DBO5.* Fuente: Yelilis Foung (trabajo especial de grado).

<b>Fecha</b>	<b>DBO5 del punto 1 Disolución 10/300 (mg/l)</b>	<b>DBO5 del punto 4 Disolución 10/300 (mg/l)</b>	<b>% remoción de la DBO de entrada con respecto a la salida</b>
26/11/2014	129	87	32,56%
3/12/2014	117,9	58,2	50,81%
5/12/2014	116,4	51,4	44,15%
22/1/2015 (planta sin electricidad)	123,3	70,2	43,06%

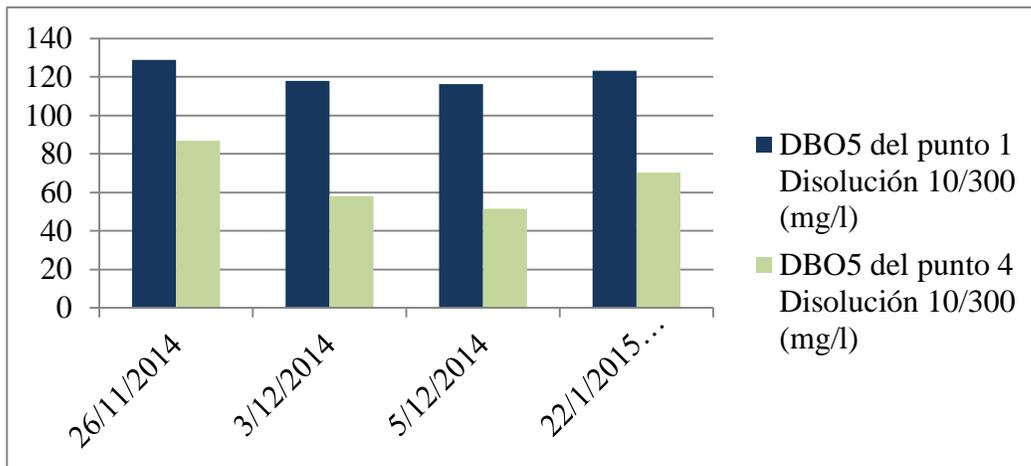


Figura 51. Resultados Obtenidos de Estandarización de ensayos de DBO5. Fuente: Propia

El gráfico 51 contiene información recolectada de los ensayos estandarizados de DBO5 en el punto 1 y 4 de la PTAS. Analizándolo y comparando los datos, se puede ver que el comportamiento es el mismo para todas las fechas; la medida de DBO5 es alta en la entrada y disminuye en promedio un 42,65% a la salida (antes del proceso de cloración), lo que se atribuye al tratamiento biológico del agua. La remoción biológica de DBO5 no alcanza un 50%, y según los datos se tiene que 2 de los valores de las 4 medidas presentes superan lo establecido en el artículo 10 de la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” decreto 883; mientras que otra medida se acerca mucho al límite máximo aceptado por la misma norma. Lo que indica que el proceso biológico del tratamiento debe ser evaluado; muy probablemente los valores arrojados son consecuencia de una alta cantidad de DBO5 recibida o de un DBO5 de difícil biodegradación, además del hecho de la baja presencia de biomasa en el reactor biológico, lo que genera poca cantidad de las bacterias que se encargan de hacer el proceso depurativo.

Tabla 21.

*Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el punto de entrada de la planta (Punto 1).* Fuente: Yelilis Fong (trabajo especial de grado).

<b>Fecha y hora</b>	<b>Ph</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	<b>Conductividad (/cm)</b>
27/4/2011 9:00a. m.	6	2,55	23,3	268,7
27/4/2011 3:10a. m.	6	1,32	53,5	434
13/4/2011 2:30pm	7	1,5	80,2	595
13/04/2011 10:00am	6	1,89	32,8	501
2/11/2011	7	1,98	29,6	548
21/10/2013	7,23	3,15	0,187	400
Valores Promedio	6,54	2,07	36,6	457,78

Tabla 22.

*Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el reactor biológico de la planta (punto 2).* Fuente: Yelilis Fong (trabajo especial de grado).

<b>Fecha y hora</b>	<b>Ph</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	<b>Conductividad (/cm)</b>
27/4/2011 9:00am	7	6,04	15,9	257
27/4/2011 3:10pm	6	3,37	28,4	353
13/4/2011 2:30pm	7	4,83	38,4	507
13/04/2011 10:00am	7	5,77	31,8	413
19/10/2011	6,73	-	7,17	144,4
2/11/2011	7	4,25	28,3	340
Valores promedio	6,78	4,85	25	335,73

Tabla 23.

*Recopilación de data de los valores de pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad para una muestra en el clarificador de la planta. (Punto 3). Fuente: Yelilis Fong (trabajo especial de grado).*

Fecha y hora	Ph	Oxígeno disuelto (mg/l)	Turbidez (UNT)	Conductividad (/cm)
27/4/2011 9:00am	6	4,44	10,2	256
27/4/2011 3:10pm	6	1,41	18,5	317
13/4/2011 2:30pm	7	2,4	27,3	491
13/04/2011 10:00am	6	5,23	20,2	414
19/10/2011	6,69		6,54	149,2
2/11/2011	7	4,33	28,3	398
Valores promedio		3,56	18,5	337,53

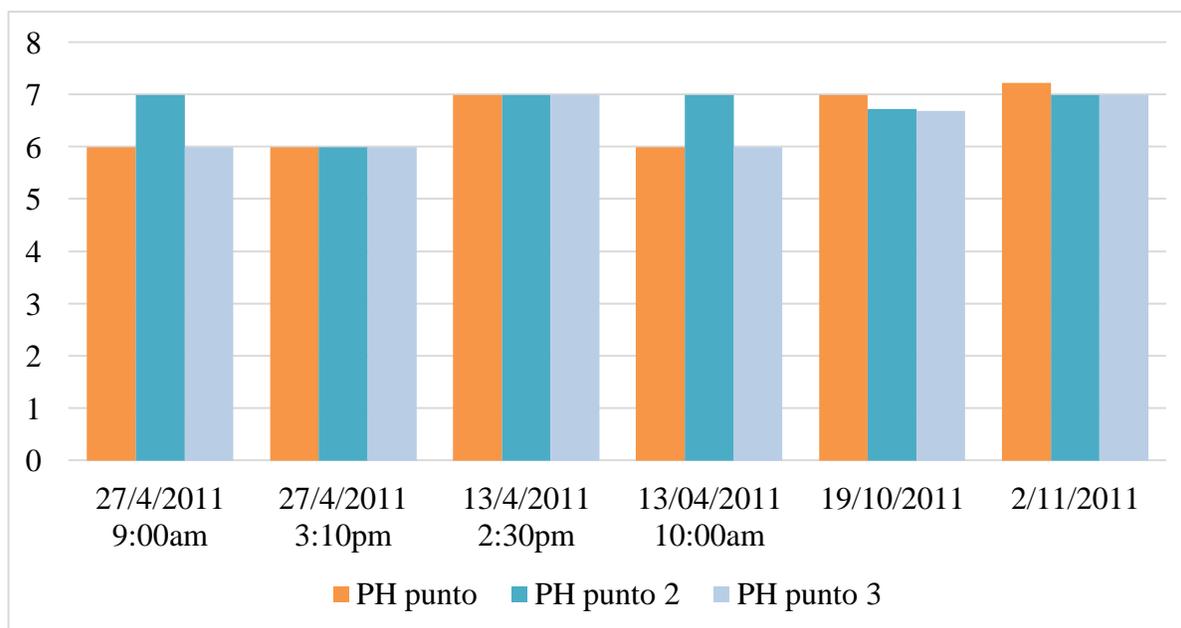


Figura 52. Comportamiento de los valores de pH en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS. Fuente:

Elaboración Propia.

En el grafico anterior se puede observar que el comportamiento de las variables es cambiante, independientemente de la fecha, hora y puntos donde se toma la muestra; esto muy probablemente debido a que lo el contenido del agua entrante varia. Además, se tiene que en cada punto los valores de pH cumplen con lo establecido en el artículo 10 de la” Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”, lo cual es importante, ya que un pH adecuado permite que los organismos biológicos presentes en el agua permanezcan vivos y puedan realizar su actividad.

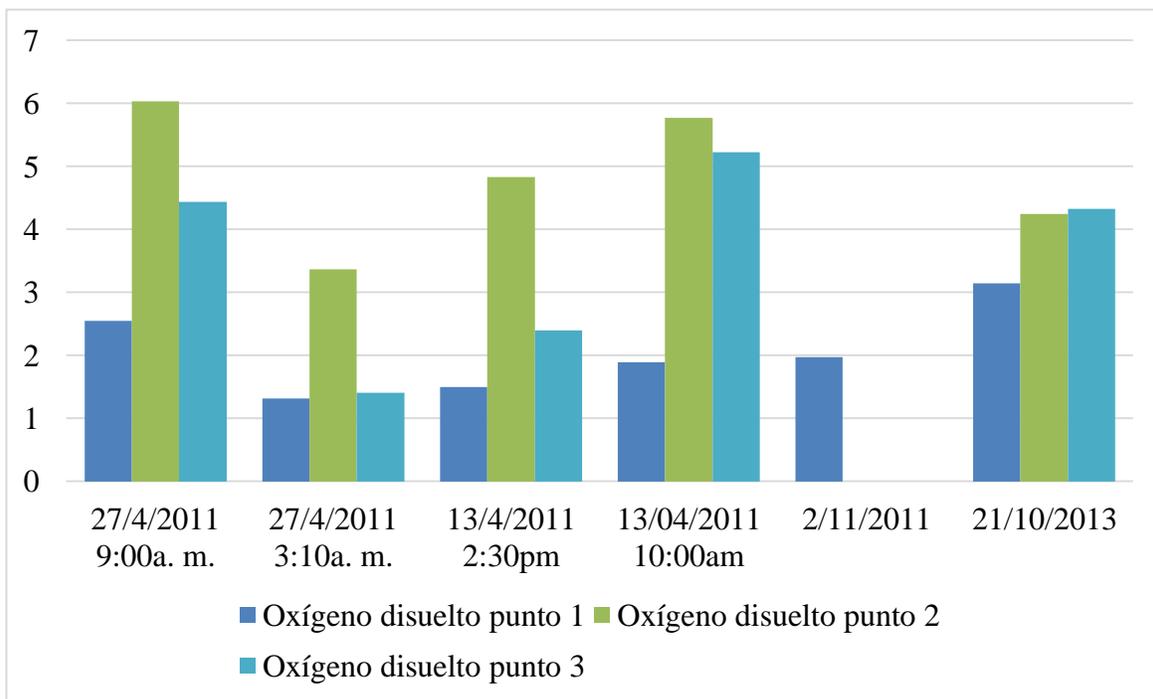


Figura 53. Comportamiento de los valores de oxígeno disuelto en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se aprecia que los valores de oxígeno disuelto tomados en distintas fechas siguen el mismo patrón, siendo mayor en el punto 2, a excepción de los datos tomados el día 21/10/2013 y 2/11/2011, donde el oxígeno disuelto disminuye, puede ser producto de un

aumento en el consumo del oxígeno por parte de las bacterias presentes. El aumento del oxígeno disuelto en el punto 2 se atribuye a la tarea que realizan de los aireadores en el reactor biológico que inserta aire a un ritmo mayor del que se consumen los organismos biológicos.

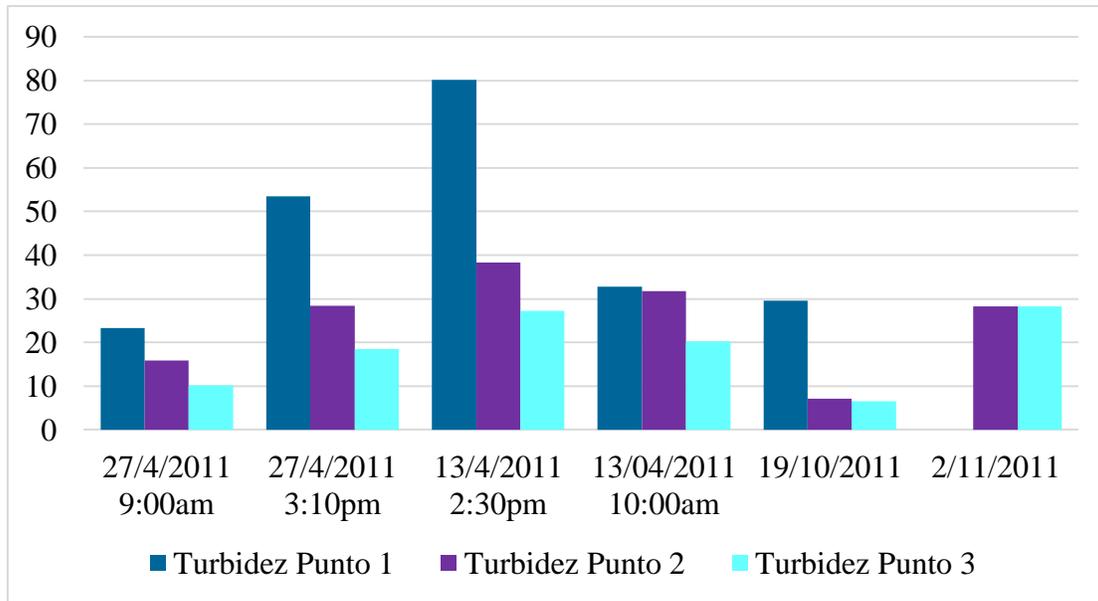
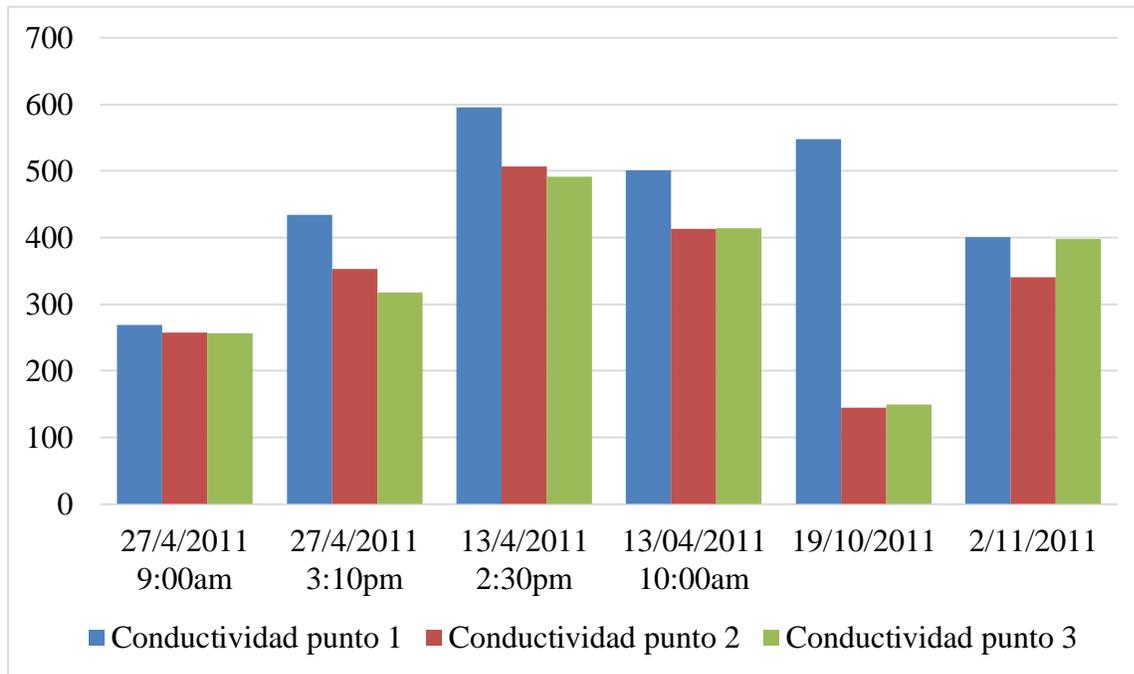


Figura 54. Comportamiento de los valores de la turbidez en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 54 se puede observar que las muestras tomadas de turbidez siguen todo el mismo comportamiento, disminuye conforme avanza en el proceso de tratamiento del agua; exceptuando la medición del día 21/11/2011, donde la turbidez aumenta en los puntos 2 y 3, esto posiblemente como consecuencia de errores en la medición. Los datos arrojados indican que el proceso de tratamiento del agua funciona de manera adecuada, y que en cada punto se realiza remoción de y purificación de las materias suspendidas presentes, lo que provoca que esta se aclare de acuerdo pasa el proceso.



*Figura 55.* Comportamiento de los valores la conductividad en los puntos 1,2 y 3 de la PTAS.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 55, se nota como los valores de la conductividad no siguen un patrón fijo, lo que se puede deberse a cambios de la temperatura en los distintos puntos, ya que estar encuentra directamente asociada a la conductividad, además también puede influir la cantidad de materia suspendida o disuelta en el agua.

Tabla 24.

*Recopilación de data de los valores de sólidos: totales, suspendidos totales, sedimentables y sólidos disueltos para el afluente de la planta (entrada de la planta). Fuente: Yelilis Foung (trabajo especial de grado).*

<b>Fecha y hora</b>	<b>Sólidos totales (mg/l)</b>	<b>Sólidos sedimentables (mg/l)</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	<b>Sólidos disueltos (mg/l)</b>
11/01/2012 (hora de la mañana)	234	0,5	34	26
11/01/2012 (hora de la tarde)	198	0,1	24	4
30/05/2012 (hora de la mañana)	210	-	46	84
30/05/2012 (hora de la tarde)	184	0,1	46	72
18/11/2014	174	-	56	-
Valores promedio	200	6	47	127,5

Tabla 25.

*Recopilación de data de los valores de sólidos: totales, suspendidos totales, sedimentables y disueltos para el efluente de la planta (Salida de la planta). Fuente: Yelilis Foung (trabajo especial de grado).*

<b>Fecha y hora</b>	<b>Sólidos totales (mg/l)</b>	<b>Sólidos sedimentables (mg/l)</b>	<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	<b>Sólidos disueltos (mg/l)</b>
11/01/2012 (hora de la mañana)	60	0,5	34	26
11/01/2012 (hora de la tarde)	28	0,1	24	4
30/05/2012 (hora de la mañana)	130	-	46	84
30/05/2012 (hora de la tarde)	118	0,1	46	72
Valores promedio	84	0,23	37,5	46,5

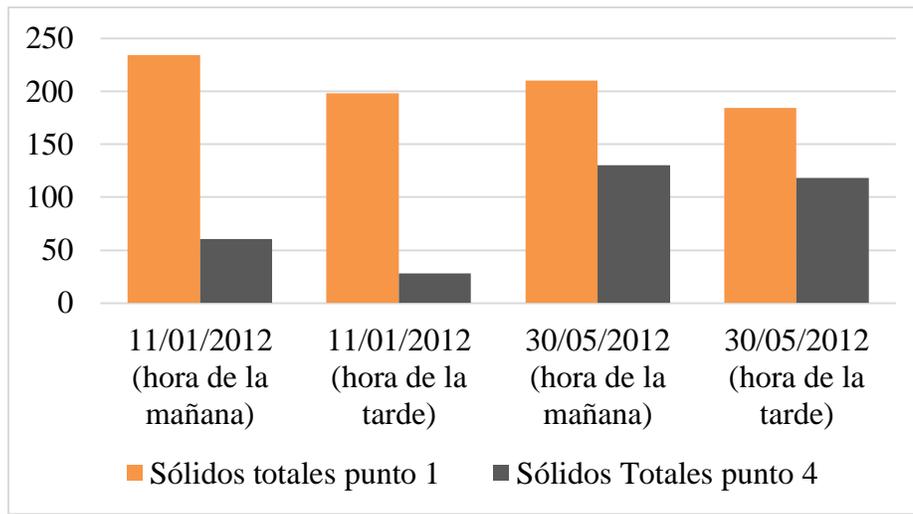


Figura 56. Comparación de los valores de sólidos totales en el afluente (entrada) y efluente la (salida) de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

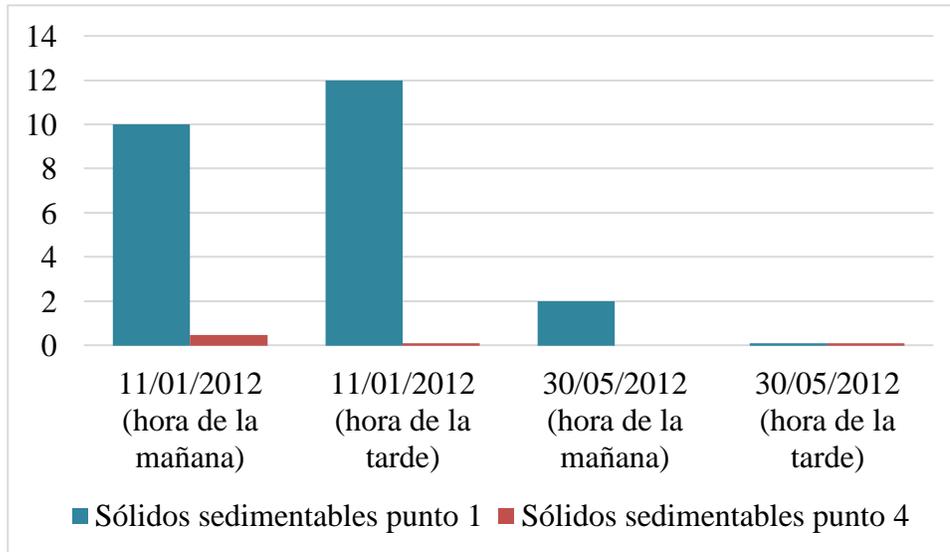


Figura 57. Comparación de los valores de sólidos sedimentables (sólidos volumétricos) en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

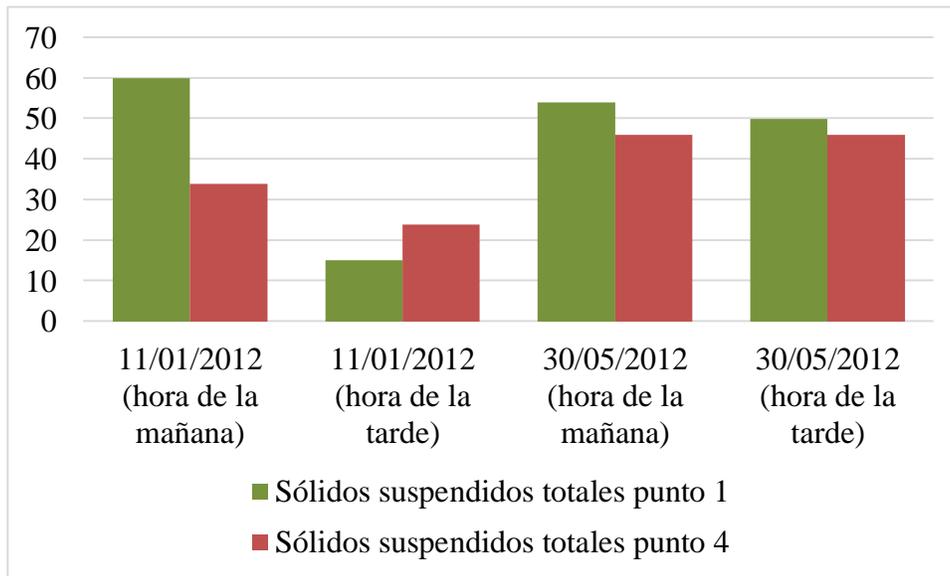


Figura 58. Comparación de los valores de sólidos suspendidos totales en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta. Fuente: Elaboración Propia.

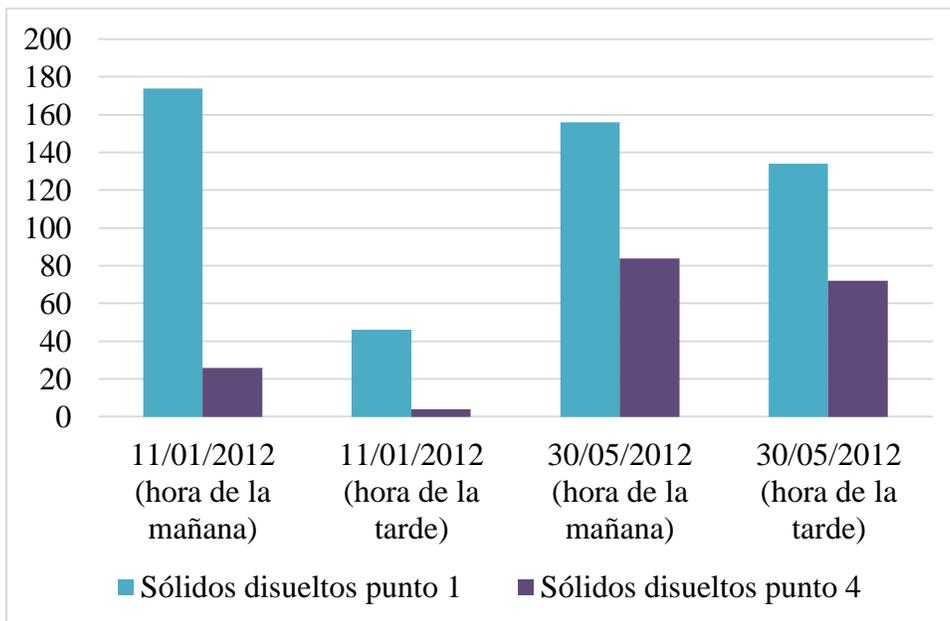


Figura 59. Comparación de los valores de sólidos disueltos en el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta. Fuente: Elaboración Propia

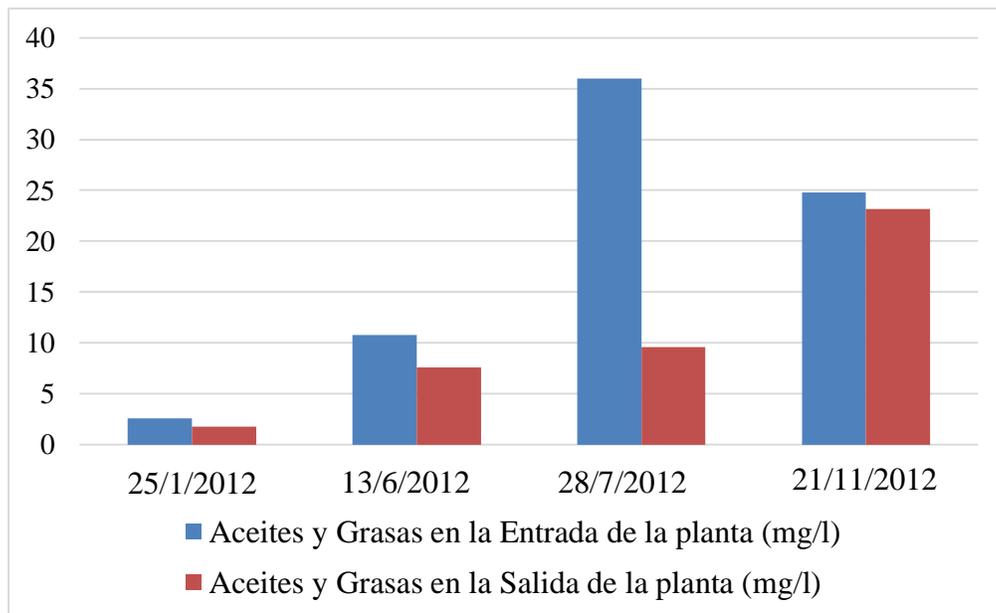
De los gráficos anteriores se tiene que todas las variables siguen el mismo comportamiento en las fechas indicadas; los sólidos presentes son mayores en la entrada de la planta y disminuyen a la salida, a excepción del valor tomado el día 11/01/2012 (hora de la tarde), donde la cantidad de sólidos aumenta a la salida de la planta, esto muy probablemente a causa de una mala medición. Según los datos tomados, la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana cumple con los máximos establecidos para los sólidos en el artículo 10 de la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” decreto 883.

Tabla 26.

*Recopilación de data de los valores de aceites y grasas en la entrada y salida de la planta.*

Fuente: Yelilis Foung (trabajo especial de grado).

<b>Fecha</b>	<b>Aceites y Grasas en la Entrada de la planta (mg/l)</b>	<b>Aceites y Grasas en la Salida de la planta (mg/l)</b>
25/1/2012	2,6	1,8
13/6/2012	10,8	7,6
28/7/2012	36	9,6
21/11/2012	24,8	23,2
Valores Promedio	18,55 mg/l	10,55 mg/l



*Figura 60.* Comparación entre los valores de aceites y grasas en la entrada y salida de la planta.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 60 se observa que en todas las fechas el comportamiento de la data de los valores de aceites y grasas en la entrada y salida de la planta es el mismo, disminuyendo a la salida, esto como producto del tratamiento que se le da al agua, además, los valores promedios arrojados de este parámetro cumplen el máximo permitido en la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”, por lo que se puede decir el proceso se ejecuta de manera correcta.

## Matriz de Riesgos.

Tabla 27.

Matriz de riesgos. Fuente: Elaboración Propia.

<b>Proceso :</b> Tratamiento de aguas servidas		
<b>Zona /lugar:</b> Planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.		
<b>Actividades :</b> Operaciones en la PTAS de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana		
<b>Rutinario:</b> Si		
<b>Peligro/descripción:</b> presencia de organismos biológicos como: bacterias , virus, entre otros hallados en excrementos y fluidos en el agua servida recibida y los lodos	<b>Peligro/descripción:</b> Exposición a radiación solar	<b>Peligro/descripción:</b> Presencia de vapores y gases
<b>Peligro/clasificación:</b> Biológico	<b>Peligro/clasificación:</b> Físico	<b>Peligro/clasificación:</b> Químico
<b>Efectos posibles:</b> enfermedades e infecciones	<b>Efectos posibles:</b> insolación /irritación de la piel/fatiga visual y física	<b>Efectos posibles:</b> irritación de mucosas expuestas
<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno	<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno	<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno
<b>Control existentes/individuo:</b> Uso de tapa bocas/guantes/botas de seguridad	<b>Control existentes/individuo:</b> ninguno	<b>Control existentes/individuo:</b> tapaboca
<b>Nivel de deficiencia:</b> Muy alto (10)	<b>Nivel de deficiencia:</b> Alto (6)	<b>Nivel de deficiencia:</b> Medio (2)
<b>Nivel de exposición:</b> continua (4)	<b>Nivel de exposición:</b> (4) continua	<b>Nivel de exposición:</b> continua (4)
<b>Nivel de probabilidad :</b> (30) muy alto	<b>Nivel de probabilidad :</b> (24) muy alto	<b>Nivel de probabilidad :</b> (6) medio
<b>Nivel de consecuencia:</b> grave(25)	<b>Nivel de consecuencia:</b> (10) leve	<b>Nivel de consecuencia:</b> (10) leve
<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (750)	<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (240)	<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (60)
<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> I	<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> II	<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> III
<b>Aceptabilidad:</b> Sí	<b>Aceptabilidad:</b> Sí	<b>Aceptabilidad:</b> No
<b>Nro expuestos:</b> 6	<b>Nro expuestos:</b> 6	<b>Nro expuestos:</b> 6
<b>Peores consecuencias:</b> infecciones y enfermedades	<b>Peores consecuencias:</b> Insolación solar	<b>Peores consecuencias:</b> infecciones en las vías respiratorias
<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí	<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí	<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí

Tabla 27.

*Matriz de riesgos (continuación).* Fuente: Elaboración Propia.

<b>Proceso :</b> Tratamiento de aguas servidas		
<b>Zona /lugar:</b> Planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.		
<b>Actividades :</b> Operaciones en la PTAS de Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana		
<b>Rutinario:</b> Sí		
<b>Peligro/descripción:</b> presencia de cloro y ortotolidina	<b>Peligro/descripción:</b> movimientos frecuentes de esfuerzo	<b>Peligro/descripción:</b> Tableros eléctricos expuestos sin protección
<b>Peligro/clasificación:</b> Químico	<b>Peligro/clasificación:</b> Biomecánico	<b>Peligro/clasificación:</b> Condiciones de seguridad
<b>Efectos posibles:</b> irritación de las mucosas expuestas	<b>Efectos posibles:</b> lesiones, dolores musculares y en las coyunturas	<b>Efectos posibles:</b> lesiones/quemaduras
<b>Control existentes/fuente:</b> guantes	<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno	<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno
<b>Control existentes/individuo:</b> Uso de tapa bocas/guantes	<b>Control existentes/individuo:</b> Ninguno	<b>Control existentes/individuo:</b> Uso de botas de seguridad
<b>Nivel de deficiencia:</b> Medio (2)	<b>Nivel de deficiencia:</b> Alto (6)	<b>Nivel de deficiencia:</b> Muy Alta (10)
<b>Nivel de exposición:</b> Ocasional (2)	<b>Nivel de exposición:</b> Ocasional (2)	<b>Nivel de exposición:</b> Ocasional (2)
<b>Nivel de probabilidad :</b> (2) bajo	<b>Nivel de probabilidad :</b> (10) alto	<b>Nivel de probabilidad :</b> (15) alto
<b>Nivel de consecuencia:</b> leve(10)	<b>Nivel de consecuencia:</b> (25) grave	<b>Nivel de consecuencia:</b> (25) grave
<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (20)	<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (20)	<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (30)
<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> IV	<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> II	<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> II
<b>Aceptabilidad:</b> No	<b>Aceptabilidad:</b> Sí	<b>Aceptabilidad:</b> No
<b>Nro expuestos:</b> 6	<b>Nro expuestos:</b> 6	<b>Nro expuestos:</b> 6
<b>Peores consecuencias:</b> intoxicación y en caso de ingerir, inhalar o absorber accidentalmente ortotolidina causa: irritación en piel, ojos y tracto respiratorio. Afecta la sangre, riñones, hígado y sistema cardiovascular.	<b>Peores consecuencias:</b> lesiones	<b>Peores consecuencias:</b> quemaduras
<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí	<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí	<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí

Tabla 27.

*Matriz de riesgos (continuación).* Fuente: Elaboración Propia.

<b>Proceso :</b> Tratamiento de aguas servidas	
<b>Zona /lugar:</b> Planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana.	
<b>Actividades :</b> Operaciones en la PTAS de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana	
<b>Rutinario:</b> Sí	
<b>Peligro/descripción:</b> Falta de barandas en el tanque de aireación	<b>Peligro/descripción:</b> Falta de rejillas de piso en la cámara de cloración
<b>Peligro/clasificación:</b> Condiciones inseguras	<b>Peligro/clasificación:</b> Condiciones Inseguras
<b>Efectos posibles:</b> Golpes, contacto con desechos orgánicos que pudiesen generar infecciones o enfermedades	<b>Efectos posibles:</b> Golpes, lesiones y/o fracturas
<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno	<b>Control existentes/fuente:</b> Ninguno
<b>Control existentes/individuo:</b> Ninguno	<b>Control existentes/individuo:</b> Ninguno
<b>Nivel de deficiencia:</b> Medio (2)	<b>Nivel de deficiencia:</b> Alto (6)
<b>Nivel de exposición:</b> Ocasional (2)	<b>Nivel de exposición:</b> (4) continua
<b>Nivel de probabilidad :</b> (2) bajo	<b>Nivel de probabilidad :</b> (24)muy alto
<b>Nivel de consecuencia:</b> leve (10)	<b>Nivel de consecuencia:</b> (60) muy grave
<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (20)	<b>Nivel de riesgo:</b> np*nc= (1440)
<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> I	<b>Interpretación/nivel de riesgo:</b> I
<b>Aceptabilidad:</b> Sí	<b>Aceptabilidad:</b> Sí
<b>Nro expuestos:</b> 6	<b>Nro expuestos:</b> 6
<b>Peores consecuencias:</b> infecciones o enfermedades	<b>Peores consecuencias:</b> Fractura
<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí	<b>Existencia requisitos legal:</b> Sí

La determinación de los niveles de deficiencia, exposición, probabilidad, consecuencias y riesgos, así como el significado del nivel de riesgo, aceptabilidad del riesgo y su determinación se respondieron con base a la información del **apéndice A**.

## **Diagnóstico.**

### ***Matriz DOFA.***

La planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana posee un balance estratégico global positivo, con un porcentaje de 56,3% a favor del factor de optimización, lo que indica que, a pesar de existir debilidades y amenazas en su gestión, si se tiene un correcto aprovechamiento en las oportunidades y fortalezas se pueden plantear estrategias y propuestas de mejora que brinden las soluciones adecuadas. Además, es importante resaltar que se debe tener un mayor enfoque en las características internas y externas con mayor peso, ya que en estas se pueden extraer los mayores beneficios para la gestión de la planta.

### ***Matriz de riesgos.***

Los riesgos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la PTAS de la universidad no implican daños mortales, sin embargo, dependiendo de su tipo estos pueden evitarse; si se plantea el peor de los escenarios las consecuencias de los peligros son muy graves y en el mejor escenario son leves; es importante resaltar que si los trabajadores tuvieran a la mano los equipos de seguridad adecuados los riesgos pudiesen ser mitigados o incluso evitados, ya que a pesar de existir equipamiento, este es escaso y no es el indicado para todas las actividades que se realizan en planta.

### ***Datos históricos de los ensayos de la planta.***

Según el análisis de los datos históricos de los ensayos realizados al agua de la PTAS, se tiene todos a excepción del DBO5 (antes del proceso de cloración cumplen) con lo establecido en el artículo 10 de la “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”. Los valores excedentes se atribuyen al proceso biológico, indicando que existen falencias en la gestión o en partes del proceso de tratamiento, que deben ser identificadas y mejoradas para dar solución y brindar la mayor calidad posible en el líquido.

### **Determinar las oportunidades de mejora en la Gestión de la planta de tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello**

En el desarrollo de dicho objetivo se hace uso de la herramienta estadística de calidad conocida como diagrama causa-efecto, donde se reflejarán tres (3) de los problemas más significativos presentes en planta, desglosándolos para visualizar de mejor manera las causas y sub-causas de estos. Posteriormente, se hace un análisis escogiendo la sub-causa más probable según el factor donde se localiza y se añade una lista con la identificación de las oportunidades de mejora visualizadas en el desarrollo de los dos (2) objetivos anteriores.

**Diagrama causa- efecto.**

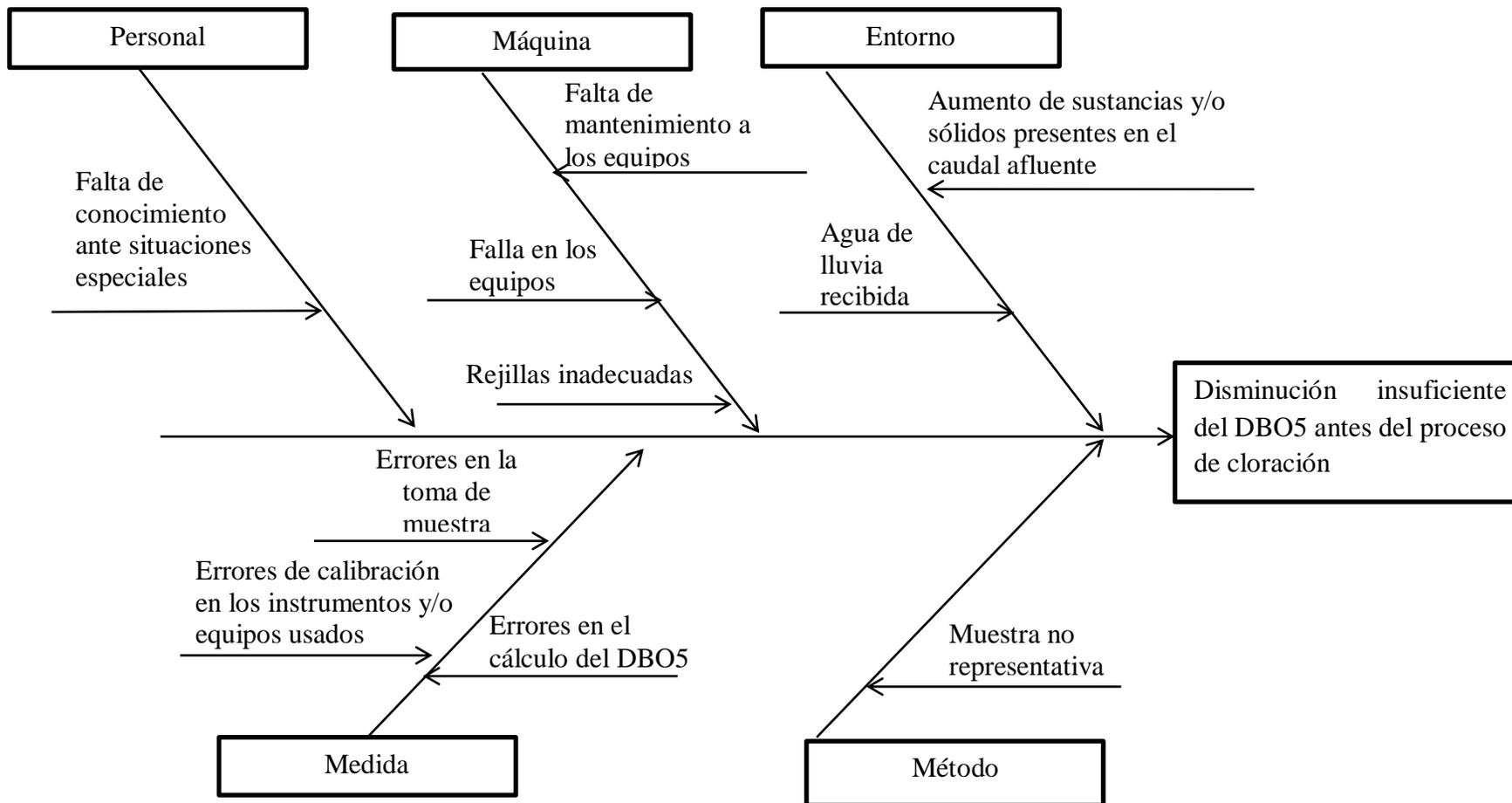


Figura 61. Diagrama causa-efecto: Disminución insuficiente del DBO5. Fuente: Elaboración Propia.

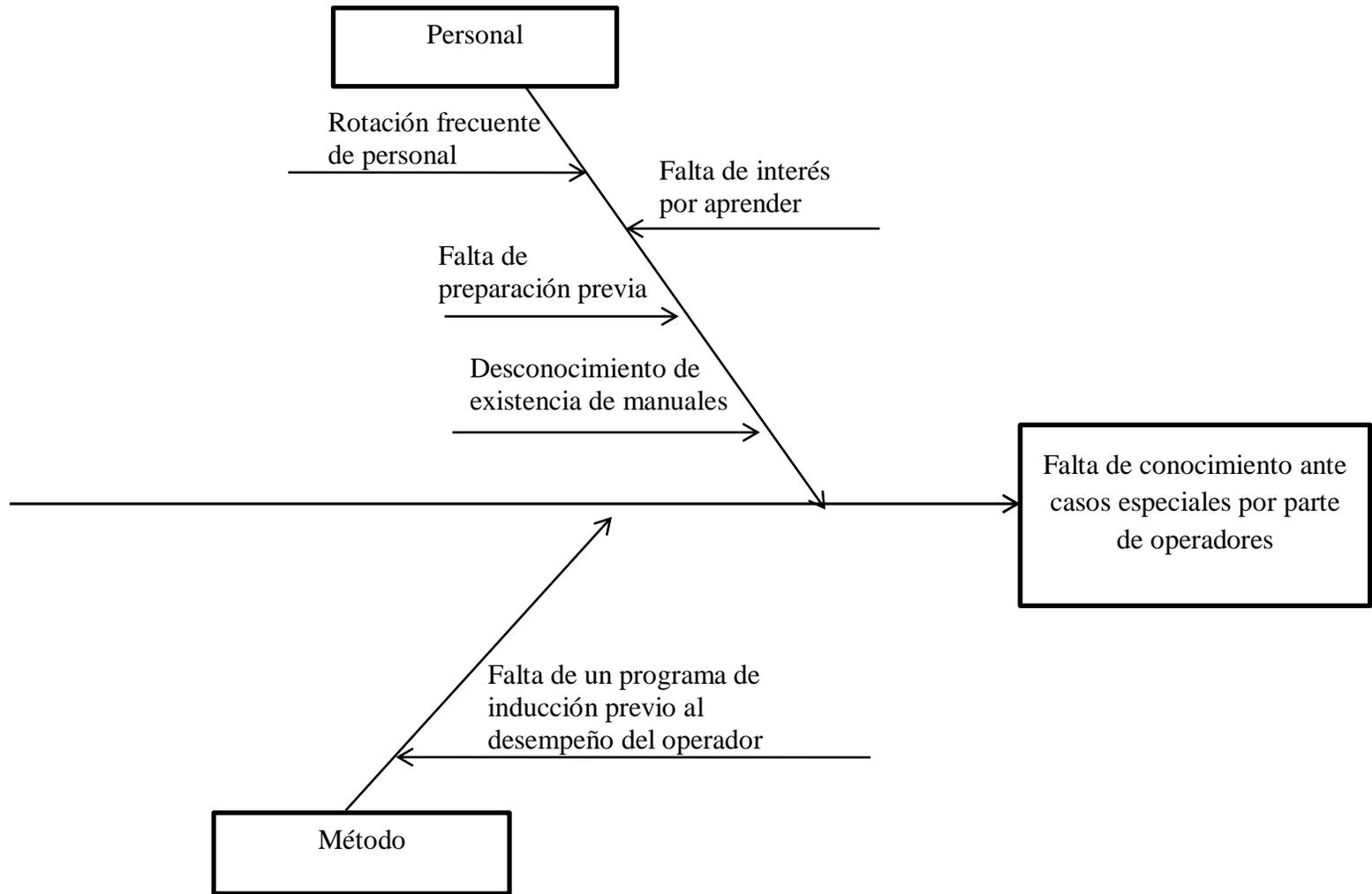


Figura 62. Diagrama causa-efecto: Falta de conocimiento ante casos especiales por parte de operadores. Fuente: Elaboración Propia.

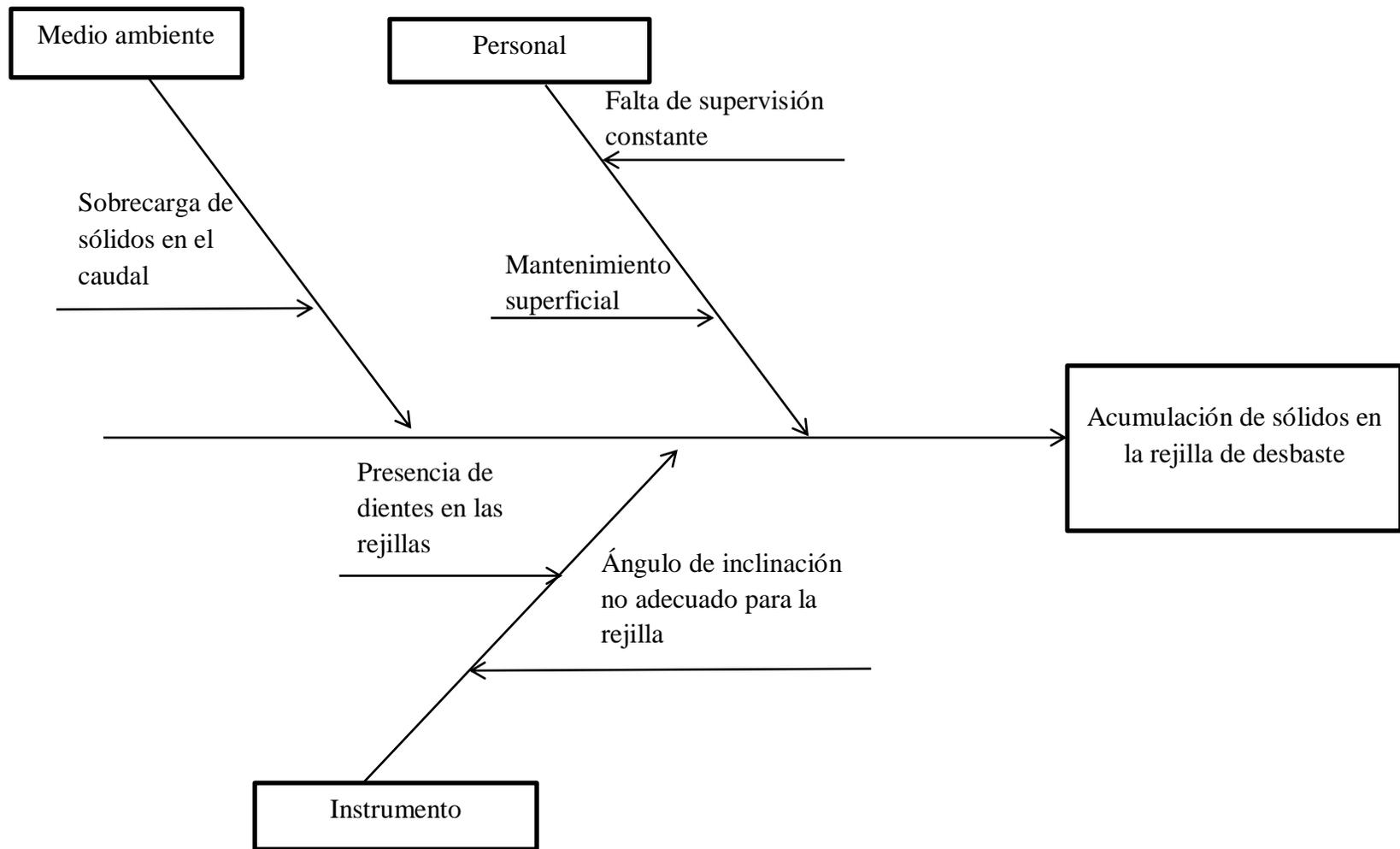


Figura 63. Diagrama causa-efecto: Acumulación de sólidos en la rejilla de desbaste. Fuente: Elaboración Propia.

### ***Análisis del diagrama causa-efecto: Disminución insuficiente del DBO5.***

Del análisis realizado se tiene que las razones principales que pueden ocasionar la disminución insuficiente del DBO5 en la PTAS de universidad, se encuentran dentro de los factores entorno, medida y método.

- Factores del Entorno: La sub-causa dentro de este factor es el aumento de sustancias y/o solidos presentes en el caudal afluente a la planta; dependiendo del uso doméstico dado en el día, el DBO5 de las aguas puede incrementar, producto de sustancias solidas o liquidas presentes, lo que provoca que sea mayor el esfuerzo del tratamiento requerido para disminuirlo, por esto si se toma la muestra en esta fase los valores no se ajustan a los estándares establecidos. Además de una baja presencia de biomasa en el reactor biológico, por ende, menor cantidad de las bacterias que se encargan de disminuir el DBO5 de entrada.
- Factores de medida: Errores en la toma de muestra y errores en el cálculo del DBO5. Muchas veces al tomar la muestra para realizar el ensayo de DBO5 no se siguen los pasos establecidos, o se cometen errores que repercuten posteriormente cuando se obtienen los resultados del ensayo, pudiendo ser muy altos. Lo mismo ocurre en el cálculo, si para realizarlo no se sigue el procedimiento indicado en las guías, entonces muy probablemente los resultados obtenidos sean erróneos.
- Factores de método: Muestra no representativa. Cuando se va a realizar la toma de muestras de DBO5 se corre el riesgo de que la misma no sea representativa, ya sea por el lugar donde se tomó o por la forma en la que fue tomada, lo que influye directamente al momento de obtener los resultados del ensayo, ya que si se trabaja con muestras no representativas los valores arrojados tampoco lo serán.

***Análisis diagrama causa-efecto: Falta de conocimiento ante casos especiales por parte de operadores.***

Del análisis efectuado que se tiene que las razones principales que pueden originar la falta de conocimiento ante casos especiales por parte de operadores se encuentran ubicadas en los factores personales y del método.

- Factores personales: se tiene que son la falta de conocimiento previo y rotación frecuente del personal, algunos de los trabajadores que ingresan a operar en planta no poseen los conocimientos adecuados, lo que provoca que al momento de presentarse una situación especial no saben cómo accionar. Además, que si se cambia de manera frecuente este personal ocurrirá lo mismo con los nuevos trabajadores.
- Factor de método: En ocasiones sucede que ingresan trabajadores a la PTAS e inmediatamente se les pone a laboral sin ningún curso de inducción. Sin embargo, después de tiempo de trabajo reciben cursos con información general sobre la planta y sus operaciones, pero en el lapso de tiempo donde ejecutan sus acciones sin previo conocimiento pueden cometer errores por falta de experiencia, que afecten el proceso.

***Análisis diagrama causa-efecto: Acumulación de sólidos en la rejilla de desbaste.***

Del diagrama causa-efecto se tiene que las principales razones que pueden originar la acumulación de sólidos en la rejilla de desbaste se encuentran ubicadas en el factor instrumento, siendo principalmente que esta tiene dientes; lo que provoca que parte de los sólidos presentes en el caudal afluente se queden atrapados justo en la salida de la rejilla, acumulándose y se tapándola rápidamente, sin dejar paso para el caudal, provocando que el mantenimiento rutinario de la rejilla no sea una vez a la semana como se tiene previsto, sino de manera interdiaria.

### **Oportunidades de mejora.**

De manera general, la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana presenta un buen rendimiento en sus operaciones; sin embargo, algunos valores en la muestra de DBO5 y el análisis profundo de la situación y gestión actual, evidencian ciertas falencias que pueden ser corregidas. Las principales deficiencias que presenta la PTAR son:

- Equipamiento de seguridad: en ciertos momentos del día, producto de diversos factores climáticos y la generación de ciertos químicos en el proceso biológico de la planta, tal como el amoníaco, se emiten fuertes olores provenientes de los reactores, que incomodan a la población que labora en la planta. Los operarios carecen de material de protección para este tipo de peligro, así como tampoco para caídas en el tanque de aireación.
- Zonas inseguras: existen condiciones inseguras en planta que representan un mayor riesgo para los operadores o visitantes. Estas son:
  - ✓ Carencia de rejillas superficiales por donde se desplaza el operador en la cámara de cloración.
  - ✓ Carencia de barandas en la rejilla superficial del reactor biológico, donde se desplaza el trabajador para hacer algún cambio en los aireadores.
  - ✓ Falta de tapa en el talero eléctrico que se encuentra dentro de la caseta de control.
- Manejo de grasas: si bien la planta presenta una notable remoción de grasas en su tratamiento, esas mismas grasas dificultan el proceso biológico de los reactores, por lo cual es necesario tratar grasas y aceites durante el tratamiento primario para mejorar la operación de aireación en los reactores.

- Rejilla de desbaste: esta estructura es una medida de emergencia que permite a la planta no sobrepasar su carga máxima de operación y evitar posibles desechos que puedan dañar el equipamiento presente en las etapas posteriores; sin embargo, la operación actual de la planta está sobrepasando su carga de residuos, por lo cual el vertedero opera frecuentemente, eso implica que el agua recogida por el vertedero sea vertida directamente al río sin ningún tipo de tratamiento, con el impacto ambiental que eso conlleva.
- Falta de conocimiento de algunos operadores ante casos especiales: algunos de los trabajadores de la planta no tienen conocimiento de cómo accionar ante situaciones especiales que se presenten.
- Etiquetado de las válvulas: las válvulas de la planta no se encuentran identificadas, por lo que su manejo se hace difícil a la hora de accionarlas según su función como lo indican los manuales.
- Disminución de los desechos vegetales en el reactor biológico de la planta: los residuos generados por los vegetales se acumulan dentro del reactor biológico y partes de la planta, lo que aumenta la cantidad de trabajo en cuanto a mantenimiento y puede ocasionar interrupciones en el proceso de tratamiento.
- Falta de protocolo para la toma de muestras: no existe un protocolo para la toma de muestras, lo que en ocasiones puede introducir error en los valores determinados posteriormente.

- Falta de libro de registros: no existe un libro organizado de registros donde se inserten no solo los valores tomados en planta, sino también las observaciones, acontecimientos importantes y soluciones dadas de manera imprevista a la problemática planteadas.
- Uso del lecho de secados: el uso que se le da al lecho de secados es casi nulo.
- Mantenimiento al lecho de secados: producto del poco uso del lecho de secados, su mantenimiento no se realiza de manera frecuente.
- Sustitución de la rejilla ubicada en la taquilla de circulación: las dimensiones de los orificios de la rejilla ubicada en la taquilla de circulación no son las más adecuadas, por cuanto permite la entrada de hojas vegetales y otros sólidos, provenientes del vertedero y taquilla de circulación, lo que puede traer consecuencias graves para el proceso.
- Ausencia de un operario de permanente durante las horas de trabajo: no hay una persona que se encuentre presente en planta, controlando las operaciones y supervisando lo que sucede en el transcurso de las 8 horas que esta trabaja.
- Ausencia de dosificador: no hay un dosificador en el tanque de cloración, lo que obliga a realizar la operación manualmente cuando disminuya la cantidad del reactivo presente.
- Mejoras en el procedimiento de mantenimiento de la rejilla de desbaste: para realizar el mantenimiento a la rejilla de desbaste el operador debe obligatoriamente ingresar a la taquilla, lo que lo obliga a bajar y subir una distancia aproximada de 2 m, lo que implica el uso de una escalera que el operador debe trasladar de manera frecuente al lugar, aumentando su desgaste.
- Mejorar condiciones dentro de la caseta de control: la caseta de control presenta falta de organización e iluminación nula.

## **Elaborar una propuesta de mejora la gestión de la planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana**

### **Estrategias propuestas del análisis DOFA**

A la vista del análisis realizado en el objetivo 2 de la matriz DOFA, se desprende que las estrategias a adoptar se proponen por áreas, siendo: área de desgaste (fortaleza-amenaza), área de éxito (fortaleza-oportunidad), área de vulnerabilidad (debilidad-amenaza) y área de ilusión (fortaleza-oportunidad).

El área de desgaste expone que la planta y su gestión presentan muchos puntos fuertes, pero no se tiene muy claro cómo aprovecharlos, ya que el entorno genera importantes amenazas. Para esto se plantean estrategias defensivas con el objetivo de lograr mantenerse operativa de manera eficiente (tabla 28).

El área de éxito es donde la planta cuenta con numerosos puntos fuertes y además el entorno presenta grandes oportunidades. Para aprovechar esta área se plantean estrategias ofensivas donde se aprovechan las oportunidades en función de las fortalezas (tabla 29).

El área de vulnerabilidad presenta las amenazas de entorno donde la planta no puede hacer nada porque es un escenario donde no se toman en cuenta los puntos fuertes sino los débiles. El fracaso es probable. Para dar solución a esta área se presentan estrategias de supervivencia para que la planta pueda seguir funcionando cumpliendo su objetivo principal (tabla 30).

El área de ilusión consiste en las numerosas e importantes oportunidades que tiene la planta con respecto a su entorno, pero para poder aprovecharlas antes debe eliminar sus puntos débiles. Se impone una estrategia de reorientación dentro de una línea estratégica que genere fortalezas (tabla 31).

Tabla 28.

*Estrategias propuestas para el área de desgaste.* Fuente: Elaboración Propia.

<b>FORTALEZAS-AMENAZAS (área de desgaste)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>AMENAZA</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA DEFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas.	Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta	Dictar a los trabajadores el contenido del manual de acciones a tomar en situaciones especiales <b>Ver apéndice D.</b>
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta	
Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales	Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta	

Tabla 28 (continuación).

<b>FORTALEZAS-AMENAZAS (área de desgaste)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>AMENAZA</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA DEFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental.	La vegetación de árboles existentes alrededor de la planta provoca un aumento excesivo de residuos sobre esta, lo que obstaculiza las tuberías y genera mayor desperdicio	Realizar de manera periódica jornadas de desmalezamiento o mantenimiento a las áreas verdes alrededor de la planta. Los ruidos generados por estas actividades no afectaran a los estudiantes, ya que la ubicación de la planta es convenientemente alejada de los edificios estudiantiles.
Se encuentra situada en una zona apartada de los edificios estudiantiles, al aire libre y rodeado de vegetación, lo que permite realizar las operaciones sin ningún tipo de restricción.	La vegetación de árboles existentes alrededor de la planta provoca un aumento excesivo de residuos sobre esta, lo que obstaculiza las tuberías y genera mayor desperdicio	
Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta.	Escases de insumos requeridos para las operaciones que se llevan a cabo en la PTAS	Realizar un inventario de las maquinas e insumos disponibles, para saber con cuanto tiempo de anticipación se debe realizar la compra y evitar los escases por tiempos prolongados.  Hacer uso adecuado de los recursos disponibles.

Tabla 29.

*Estrategias propuestas para el área de éxito.* Fuente: Elaboración Propia.

<b>FORTALEZAS-OPORTUNIDADES (área de éxito)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA OFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Cursos de capacitación para los trabajadores de la planta, que abarquen técnicas de manejo de válvulas, breques, acciones para casos especiales y debilidades presentes.
Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Curso de instrucción acerca de las características de los equipos presentes en planta y sobre como seleccionar equipos nuevos que puedan servir de sustitutos.
Presencia de personal trabajador con amplios conocimientos en el tema de tratamientos de aguas servidas	Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen	Hacer uso de los conocimientos del personal especializado para la elaboración de manuales de toma de muestras de los ensayos a realizar.
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Charlas informativas a los operadores, donde se les entreguen documentos que contengan características físicas y mecánicas de la planta y descripción de los procedimientos a realizar.
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Hacer uso de la información de las características físicas, mecánicas y procedimientos que se ejecuten en planta para seleccionar y adquirir nuevos equipos y tecnologías.
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el medio ambiente.	Diseñar protocolos que permitan hacer uso de los desechos de los lodos de la planta como abono para vegetación cercana. <b>Ver apéndice B.</b>

Tabla 29 (continuación).

<b>FORTALEZAS-OPORTUNIDADES (área de éxito)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA OFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras	Proponer modificaciones a la planta que permitan optimizar el proceso, basado en la documentación existente.
Su diseño fue previamente planificado, por lo que existen documentos que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar	Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen	Hacer uso de la documentación existente que contienen las características físicas y mecánicas de la planta y los procedimientos a realizar para la elaboración de manuales de toma de muestras.
Algunas máquinas e insumos poseen su reemplazo correspondiente en el almacén, para en caso de presentar fallas realizar un cambio inmediato y evitar que se paralice por tiempo prolongado la operación de la planta	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Hacer un estudio de posibles opciones de compra de nuevos equipos y tecnologías sobre la base de lo que se posee en el almacén y de los procesos de planta.
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Taller de legislaciones ambientales a los operarios para que se apeguen a las normativas.
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Basándose en las legislaciones ambientales, adquirir equipos, tecnologías y/o recursos que mejores los procesos apeguándose a las normativas ambientales vigentes.

Tabla 29 (continuación).

<b>FORTALEZAS-OPORTUNIDADES (área de éxito)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA OFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental	El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el ambiente	Diseñar protocolos que permitan hacer uso de los desechos de los lodos de la planta como abono para vegetación cercana. <b>Ver apéndice B.</b>
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental	Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras	Proponer modificaciones a la planta que permitan optimizar el proceso, teniendo en cuenta la vegetación existente alrededor e intentando minimizar el impacto que pudiese ser causado en esta.
Su gestión se apega a las legislaciones ambientales, buscando la disminución máxima del impacto ambiental	Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen	Elaborar manuales para procedimientos de la planta que no posean, de manera tal lo establecido se apegue a las legislaciones ambientales vigentes. <b>Ver apéndice C.</b>
Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Hacer un estudio de posibles opciones de compra de nuevos equipos y tecnologías sobre la base de los procesos de planta.
Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales	El entorno de la planta, permite que los desechos de lodos puedan ser usados como abono para la vegetación existente en el vivero, lo que contribuye con el ambiente	Diseñar protocolos que permitan hacer uso de los desechos de los lodos de la planta como abono para vegetación cercana. <b>Ver apéndice B.</b>

Tabla 29 (continuación).

<b>FORTALEZAS-OPORTUNIDADES (área de éxito)</b>		
<b>FORTALEZA</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA OFENSIVA A PONER EN MARCHA</b>
Se cuenta con un manual estructurado para el manejo de PTAS, que contiene información útil de esta, incluyendo: el manejo de las operaciones rutinarias y las acciones a tomar en caso de que se presenten situaciones especiales	Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras	Proponer modificaciones a la planta que permitan optimizar el proceso, basado en la documentación existente.

Tabla 30.

*Estrategias propuestas para el área de vulnerable.* Fuente: Elaboración Propia.

<b>DEBILIDADES-AMENAZAS (área vulnerable)</b>		
<b>DEBILIDAD</b>	<b>AMENAZA</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE SUPERVIVENCIA A PONER EN MARCHA</b>
Equipamiento de seguridad incompleto, existen carencias de algunos implementos de seguridad que son necesarios para realizar las operaciones	Escases de insumos requeridos para las operaciones que se llevan a cabo en la PTAS	Buscar posibles sustitutos en el mercado de los equipos requeridos.
Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores	Presencia de equipos obsoletos producto de actualizaciones tecnológicas	Detectar los posibles equipos obsoletos en la planta y buscar su reemplazo según lo disponible en el mercado.
Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS	Entrada de químicos no deseados en el efluente de la planta.	Buscar una persona capacitada para afrontar dichas situaciones que entrene a los trabajadores para que tengan conocimiento de cómo accionar ante las situaciones especiales.

Tabla 31.

*Estrategias propuestas para el área de ilusión.* Fuente: Elaboración Propia.

<b>DEBILIDADES-OPORTUNIDADES (área de ilusión )</b>		
<b>DEBILIDAD</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE REORIENTACIÓN A PONER EN MARCHA</b>
Equipamiento de seguridad incompleto, existen carencias de algunos implementos de seguridad que son necesarios para realizar las operaciones	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos.	Comprar el equipamiento de seguridad necesario.
Existencia de situaciones inseguras en zonas de planta que son frecuentadas por los operadores para realizar los procedimientos correspondientes.	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos.	Solventar las situaciones de inseguridad adquiriendo equipos que mitiguen el riesgo.
Existencia de situaciones inseguras en zonas de planta que son frecuentadas por los operadores para realizar los procedimientos correspondientes.	Espacio amplio que posibilita remodelaciones físicas futuras.	Realizar modificaciones físicas a la planta que permitan disminuir el riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores.
Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores.	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Evaluación por parte de los expertos para detectar y sustituir los instrumentos que no son los adecuados para ejecutar las tareas asignadas.

Tabla 31 (continuación).

<b>DEBILIDADES-OPORTUNIDADES (área de ilusión )</b>		
<b>DEBILIDAD</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE REORIENTACIÓN A PONER EN MARCHA</b>
Algunas partes e instrumentos que comprende la planta no son los más adecuados para llevar a cabo las tareas asignadas, lo que en ocasiones repercute en procesos posteriores	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Compra de nuevos instrumentos adecuados para cada función.
Falta de un manual que indique como deben realizar las tomas de muestra los operadores	Adquisición de nuevos equipos, tecnologías y/o recursos, que faciliten o mejoren procesos	Elaborar un manual para la toma de muestras y con base en lo establecido adquirir tecnologías y/o recursos, que faciliten mejoren dicho proceso. <b>Ver apéndice C</b>
Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Dictar cursos y talleres de formación a los operadores de la planta para aumentar su conocimiento técnico y procedimental ante casos especiales que se presenten en la PTAS.
Falta de conocimiento por parte de algunos operadores para accionar ante casos especiales que se presenten en la PTAS.	Elaboración de manuales para procedimientos que no poseen	Elaborar manuales para accionar ante casos especiales y posteriormente dictar talleres teóricos y prácticos sobre su contenido.
Falencias en los instrumentos usados para los registros de datos que arroja la planta	Aumento en el conocimiento técnico y procedimental de los operadores de la PTAS	Asesoramiento al personal trabajador en la parte administrativa de la planta, para la elaboración de archivos y registros de datos de muestras.

Contenido programático de los talleres, charlas y cursos sugeridos:

**Curso de capacitación y actualización técnica para los operarios:**

Este curso se debe dictar con el objetivo de: capacitar a los trabajadores de la planta que tenga deficiencias en el conocimiento y manejo de esta, con el fin de optimizar su rendimiento en un ambiente seguro.

- ✓ TEMA I. Seguridad e higiene en el trabajo.
- ✓ TEMA II. Equipos usados y especificaciones, posibles sustitutos.
- ✓ TEMA III. Procesos y tareas ejecutadas en una PTAS.
- ✓ TEMA IV. Manejo de válvulas, controles y breques dentro de la planta.
- ✓ TEMA V. Acciones a tomar en situaciones especiales.

**Curso introductorio:**

Este curso se debe dictar con el objetivo de: brindar las herramientas necesarias a los nuevos trabajadores que ingresan en la planta, con el fin de que su desenvolviendo sea óptimo.

- ✓ TEMA I. Etapas de un proceso de tratamiento de aguas servidas.
- ✓ TEMA II. Partes de la PTAS.
- ✓ TEMA III. Seguridad e higiene en trabajo.
- ✓ TEMA V. Estructura organizacional.

### **Charlas Informativas:**

Dichas charlas se deben dictar con el objetivo de informar de manera general el pre-diseño, diseño y función de la planta, a manera de conocer su capacidad.

- ✓ TEMA I. Documentación histórica de la planta.
- ✓ TEMA II. Características físicas y mecánica de la planta.
- ✓ TEMA III. Procesos ejecutados en planta.

### **Taller de gestión ambiental:**

Este taller se debe dictar con el objetivo de: brindar el conocimiento a los trabajadores de las legislaciones ambientales y de calidad por las cuales se rige la política ambiental de la universidad.

- ✓ TEMA I. Principios fundamentales de la ISO 9001.
- ✓ TEMA II. Principios fundamentales de la ISO 14001.
- ✓ TEMA III. Normas oficiales para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883.
- ✓ TEMA IV. Manejo de desechos de la planta como abono.
- ✓ TEMA V. Uso de las aguas tratadas como fuente para regar la vegetación.

### **Taller de manejo administrativo:**

Este taller se debe dictar con el objetivo de: instruir al personal trabajador de la PTAS a gestionar de manera adecuada los datos e información recopilada en esta, a fin de sacar su mayor provecho al momento de su análisis.

- ✓ TEMA I. Diseño y elaboración de herramientas e instrumentos que faciliten la recolección de datos y toma de muestra.
- ✓ TEMA II. Uso adecuado de herramientas e instrumentos para la recolección de datos y toma de muestra.
- ✓ TEMA III. Registro y archivos.
- ✓ TEMA IV. Análisis de los datos para la toma de decisiones.

### **Propuestas de mejora.**

- Adquisición de nuevos equipos de seguridad: Suministrar los siguientes equipos a los trabajadores que operan en planta:
  - ✓ Semimáscara con filtros intercambiables o semimáscara con filtros fijos, estas evitan el paso de vapores y gases, al igual que el olor.
  - ✓ Botas largas de plástico, para evitar contacto del agua servida con la piel del operador.
  - ✓ Lentes de seguridad, con el objetivo de impedir el paso de gotas de agua servida a los ojos del trabajador, lo que pudiese causar una infección visual.
  - ✓ Traje biológico nivel 2, esta braga de bioseguridad protege al trabajador de manera tal que su cuerpo no tenga contacto con el agua servida y por ende tampoco con los agentes biológicos que esta contiene.
- ✓ Instalación de rejillas superficiales faltantes en la cámara de cloración, para evitar accidentes como caídas.

- Instalación de barandas alrededor de la rejilla ubicada en la superficie del tanque de aireación, para evitar posible caída del operador al reactor.
- Adquisición de una nueva rejilla de desbaste hecha de acero inoxidable y con varillas cilíndricas, para evitar que queden residuos atrapados en estas. Las dimensiones deben ser iguales a la actual. Además, con una puerta de rejas asegurable en su parte superior.
- Etiquetar las válvulas presentes en planta con los nombres indicados en los manuales, tal como lo muestra el **apéndice D**, haciendo uso de un material resistente al agua.
- Elaborar una cartelera que contenga el nombre de cada válvula y la utilidad que tiene (estos se pueden visualizar en el **apéndice D**). Debe ser de un material impermeable y ubicado en la parte frontal de la caseta de control, de esta forma será de fácil visibilidad para los trabajadores.
- Instalación de una pasarela en el oeste geográfico de la planta, que permita dictar clases y motivar a la comunidad visitante a adquirir conocimiento ambiental en el área de tratamientos de aguas servidas de manera responsable. Además, el techo de la estructura debe tener un ángulo de inclinación que desvíe parte de los desechos vegetales que caen la planta al lado contrario, tal como se observa en el **apéndice E**.
- Hacer uso del lecho de secados como filtro después del proceso de desinfección (cloración), para posteriormente direccionar el caudal hacia el río Caroní, disminuyendo el impacto ambiental.
- Realizar un mantenimiento al lecho de secados una vez por semana, removiendo todos los residuos acumulados en este.

- Sustituir la rejilla actual ubicada en la taquilla de circulación por una rejilla en forma de prisma triangular, con una cara lateral dando a la tubería de conexión con el reactor biológico, donde los orificios presentes midan un aproximado de 3 cm; esta rejilla evitaría el paso de sólidos al reactor biológico, así como el desplazamiento de la misma por factores como un aumento del caudal recibido en la taquilla de circulación.
- Asignación de un operario permanente durante las 8 horas que funciona la planta, de esta manera se estaría supervisando y controlando en todo momento las actividades y eventos que sucedan.
- Adquirir un dosificador automático para evitar realizar esta tarea manualmente y mientras llega el dosificador, tener un control de llenado en el tanque del cloro, de tal forma que se mantenga siempre lo suficientemente lleno para que la dosificación se haga automáticamente.
- Insertar una escalera de acero inoxidable en la pared de la taquilla de desbaste, posicionada 0,50 m sobre el piso, de tal manera que se faciliten las acciones ejecutadas por el operador para realizar el mantenimiento. Las dimensiones de la escalera deben ser 1,50 m de largo x 0,40 m de ancho.
- Organizar la caseta de control y realizar limpiezas todas las semanas. Además, insertar iluminación faltante.
- La ortotolidina es cancerígena en su proceso de fabricación y muy poco precisa provocando que su uso se encuentre suspendido en gran parte del mercado, por ello se propone sustituir el procedimiento basado en este químico para la medición del cloro residual, por el ensayo estándar descrito en la práctica #14 "Cloro Residual" del

laboratorio de Sanitarias, escuela de ingeniería Civil de la UCAB-Extensión Guayana, que se realizara inmediatamente en la PTAS, específicamente en la caseta de control, por lo que será necesario preparar un kit de laboratorio para que el operario pueda realizar el ensayo in situ, ya que el cloro residual disminuye en el transcurso del tiempo, aumentando la probabilidad de error en los resultados al trasladarse la muestra desde la planta hasta el laboratorio, el kit debe contener lo establecido en la tabla 32. El proceso se muestra en la figura 64.

Tabla 32.

*Insumos, materiales y equipos requeridos en el kit para la medición del cloro residual in situ.*

Fuente: Elaboración propia.

Reactivos	Materiales y equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Solución de KI al 10% p/v</li> <li>✓ Ácido acético concentrado (glacial)</li> <li>✓ Solución estándar de tiosulfato de sodio 0,1 N ó 0,01 N</li> <li>✓ Solución patrón de dicromato de potasio 0,1 N</li> <li>✓ Solución indicadora de almidón</li> <li>✓ Solución de yodo 0,1 N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 5 Goteros</li> <li>✓ Balón de disolución 500 ml</li> <li>✓ Jeringa</li> <li>✓ 1 Baqueta o varilla de agitación</li> </ul>

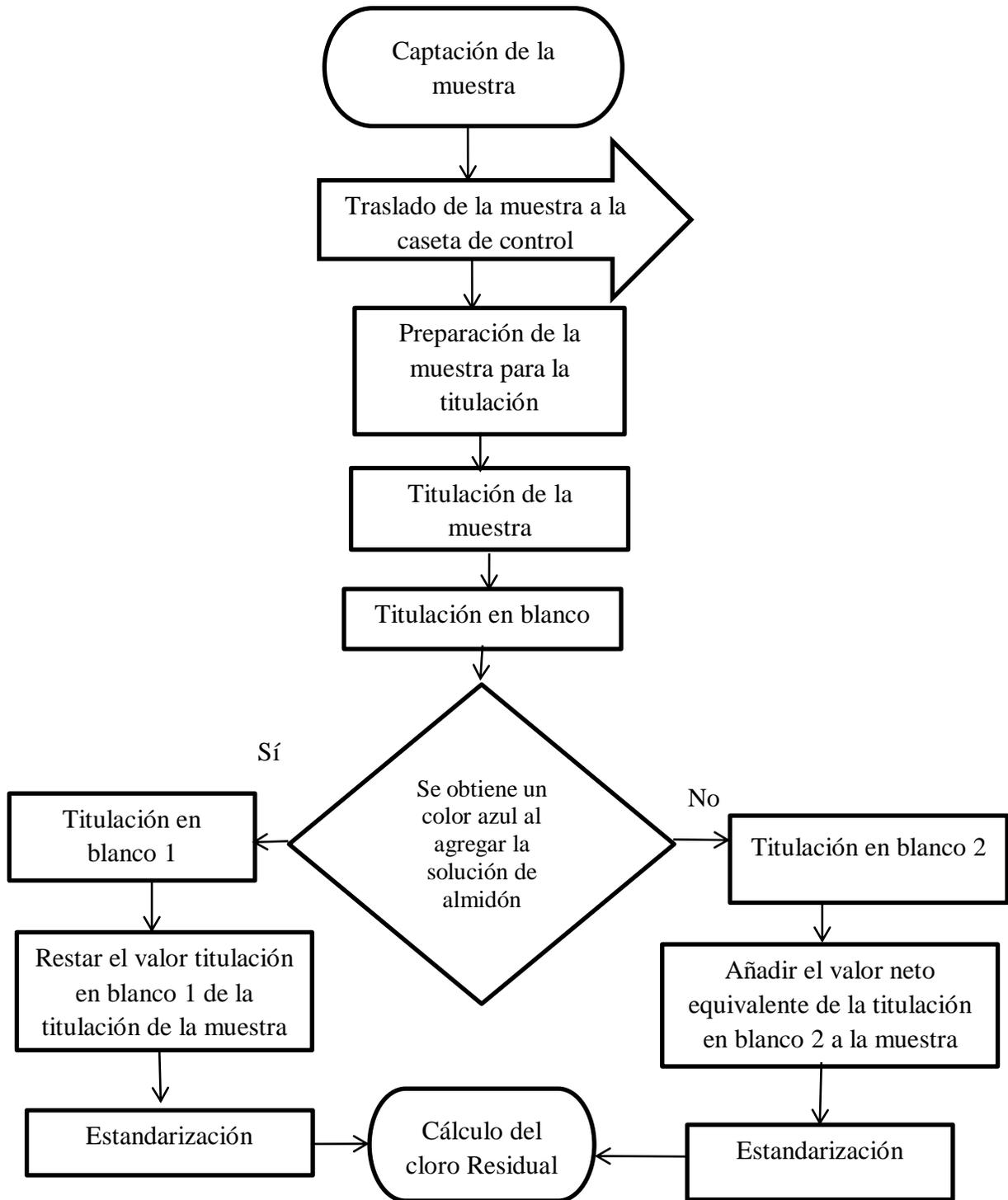


Figura 64. Diagrama de flujo de proceso para el ensayo de cloro residual ejecutado en la PTAS.

Fuente: Elaboración Propia.

Para la realización del ensayo del cloro residual, se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. El operador de la PTAS realiza la captación de las muestras en las zonas correspondientes.
2. Posteriormente, el operador, realiza el traslado de las muestras a la caseta de control, donde el técnico las recibe y empieza a llevar a cabo el ensayo.
3. El operador prepara la muestra para realiza la titulación. Colocando 5 ml de ácido acético glacial en un erlenmeyer de capacidad apropiada, de acuerdo al volumen de muestra. Añade 10 ml de solución de KI al 10% y agita bien con una varilla de vidrio. Agrega la muestra en el erlenmeyer y mezcla de nuevo con la varilla.
4. Seguidamente, se titula la muestra; dicha valoración debe hacerse alejado de la luz solar directa. Adicionar lentamente y con agitación la solución de  $Na_2S_2O_3$  0.01 N desde una bureta hasta la casi total desaparición del color amarillo del yodo liberado. Agregar 1 ml de solución de almidón y continuar la valoración hasta la desaparición del color azul.
5. Titulación en blanco: Realizar una titulación en blanco, utilizando un volumen de agua destilada igual al de la muestra, al que se le agregan 5ml de ácido acético glacial, 10 ml de solución de KI al 10% y 1ml de solución de almidón. La titulación en blanco que se efectúa depende de si se obtiene o no un color azul al agregar la solución de almidón.
6. Titulación en blanco 1: Si se obtiene un color azul, titular con solución de  $Na_2S_2O_3$  0.01 N y regístrese el resultado B es Negativo.
7. Titulación en blanco 2: cuando no se observa color azul, valorar con solución de yodo 0,0282 N hasta la aparición de un color azul. Titular luego por retroceso con  $Na_2S_2O_3$  0.01 N y regístrese la diferencia B es positivo

8. Antes de calcular el cloro residual, restar el valor titulación en blanco 1 de la titulación de la muestra; o, si es necesario, añadir el valor neto equivalente de la titulación en blanco 2.
9. En ambos casos, independientemente del tipo de titulación realizada debe estandarizarse el Tiosulfato de sodio 0,1 N de acuerdo al procedimiento descrito en la práctica #14 de laboratorio de ingeniería sanitaria "cloro residual".
10. Por último, se procede a calcular el cloro residual, haciendo uso de las fórmulas que indica la práctica #14 de laboratorio de ingeniería sanitaria "cloro residual".
  - Construcción de una trampa de grasas para generar un caudal efluente más limpio.

Existen muchos tipos de estructuras y así mismo, criterios de diseño propuestos por diversas entidades y organizaciones. Para el diseño de la estructura propuesta se utilizaron los criterios establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), los cuales se muestran en la tabla 32.

Tabla 33.

*Criterios de diseño para trampas de grasas.* Fuente: Especificaciones técnicas para el diseño de trampas de grasas. Fuente: CEPIS.

<b>Parámetro</b>	<b>Rango o valor</b>
Tiempo de retención hidráulica	2.5 a 3.0 min
Relación longitud / ancho	2/1 a 3/2
Profundidad	> 0.8m

Siguiendo los parámetros establecidos por la CEPIS y los datos extrapolados de la operación actual de la planta, se obtuvieron las dimensiones expuestas en la tabla 33.

El diseño de la trampa de grasas se realizó con base en lo establecido por la CEPIS y las características de la PTAS de la universidad, que se encuentran expuestas en la tabla 7. Su diseño se puede observar en el **apéndice F**.

- Cuando se encuentren valores altos de DBO5 en el proceso biológico, manipular las válvulas para la recirculación de los lodos, tal como se muestra en el **apéndice D**, esta acción aumenta la biomasa en el reactor, por consecuencia se depura mejor el proceso.
- Adquirir nuevos insumos que garanticen la calidad del proceso y aumenten su eficiencia, tales como los que se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 34.

*Insumos para la optimización del tratamiento de las aguas servidas.* Fuente: Elaboración Propia

Insumo	Formulación	Uso	Función	Cantidad en inventario
Metanol	$CH_3OH$	Diario	Garantizar una biomasa en los estándares para una planta de lodos activados; el metanol por su composición química es un compuesto orgánico y por ende propicia un ambiente adecuado para la formación de lodos y la vida bacteriana.	Grandes
Ácido clorhídrico	HCl	Emergencia	Neutralizar compuestos desde el punto de vista físico-químico que pudiesen afectar la biomasa presente en el tanque de aireación	Pequeñas
Hidróxido de calcio	$Ca(OH)_2$			

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

**Describir la situación actual que tiene la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.**

Es una planta de tratamientos de tipo lodos activados, que se encuentra constituida principalmente por: una By-pass de desvío, una taquilla de desbaste, vertedero triangular (canal de aforo), taquilla de circulación, tanque de aireación (reactor biológico), clarificador (sedimentador secundario), cámara de cloración, lecho de secados y caseta de control; todas estas partes son necesarias para el proceso de tratamiento de las aguas servidas recibidas de la Universidad Católica Andrés Bello y del colegio Loyola Gumilla.

La descripción de la gestión actual que tiene la planta de tratamientos de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana se hizo detalladamente, por lo que se realizaron visitas físicas a la planta, visualizando el proceso, entrevistando a los operadores y tomando nota de dicha información; además de los análisis de documentos históricos del proyecto de diseño la PTAS, donde se puede observar que algunos de los procesos descritos no se llevan a cabo como estos indican; tal es el caso del uso de hipoclorito de sodio al 12% para el proceso de desinfección, en lugar de hipoclorito de calcio como se contempla en el anteproyecto. De igual manera sucede con algunos ensayos planteados en las prácticas de laboratorio de ingeniería sanitaria que se ejecutan con respecto a valores de interés en planta, que por carencia de reactivos o equipos no se cumplen a cabalidad como estas describen, por ejemplo: la determinación de sólidos suspendidos volátiles, no hay horno con capacidad de 550°C, por lo

que como proceso sustituto se determina asumiendo valores con respecto a resultados de otros ensayos que si se pueden ejecutar. Posteriormente se analizó y registro dicha información en el capítulo IV del presente trabajo de investigación.

### **Elaborar un diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.**

La planta presenta falencias a nivel de gestión operacional por falta de manuales y de seguridad, sin embargo, según el análisis DOFA, el porcentaje de factor optimización es mayor, lo que indica que, aunque pueda haber deficiencias con acciones pertinentes se puede sacar un mayor provecho de los activos competitivos y circunstancias, que podrían mejorar la gestión de la planta y dar respuesta a las problemáticas expuestas. Además, gracias a la relación existente entre los elementos de los factores internos y externos la planta se pueden generar un mayor número de estrategias que se adecuen a los escenarios posibles. Además, basado en datos históricos recolectados de ensayos que fueron realizados en planta, se puede constatar que esta cumple con los parámetros establecidos en “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” gaceta oficial del decreto extraordinario 883, a excepción de valores de DBO5 antes del proceso de cloración, esto se atribuye al proceso biológico, ya que a pesar de ser una planta de tratamiento tipo lodos activados, no actúa como tal, producto de que la biomasa (lodos) es baja, recordando que los microorganismos y bacterias presentes en este son las encargadas de realizar el proceso depurativo. La cantidad de biomasa a la entrada no puede cambiarse, sin embargo, se puede hacer uso de insumos que la complementen, mejorando el proceso biológico.

Existen carencias en cuanto al manejo de la seguridad del trabajador que deben ser atendidas; en cuanto a los riesgos presentes se tiene que la mayoría son aceptables, por lo que no implica ningún impedimento para realizar operaciones.

Para realizar el diagnóstico se hizo un análisis de las variables tanto internas como externas de la planta, haciendo uso de la matriz DOFA; posteriormente, se analizaron datos históricos de ensayos, haciendo uso de diagramas Pareto; Para finalizar se hizo uso de la matriz de riesgos para su identificación y valoración.

**Determinar las oportunidades de mejora en el proceso de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello.**

Basado en la descripción y diagnóstico de la planta se determinaron oportunidades de mejora para su gestión a nivel de: estrategias, mantenimiento, infraestructura, seguridad y equipamiento.

Además, se hizo uso del diagrama causa-efecto para los problemas con mayor relevancia en la gestión de la planta, y de esta manera se determinaron las sub-causas que los originan, ubicándose principalmente en los factores de: riesgo, entorno y personal. En los factores de riesgo se le dio mayor peso a la falta de equipamiento de seguridad, en el factor entorno la sub-causa más relevante fue la baja presencia de lodos en el reactor biológico, y en el factor personal el desconocimiento que este tiene para accionar ante situaciones especiales que se presenten. con base estos se determinaron las oportunidades de mejora para posteriormente ser atacadas y se propusieron las soluciones pertinentes.

**Elaborar una propuesta de mejora la gestión de la planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello-Extensión Guayana.**

Con base en las oportunidades de mejoras identificadas en el objetivo 3, se propusieron una serie de soluciones que contribuyesen con la mejora de la gestión de la PTAS de la universidad Católica Andrés Bello, las cuales pueden ser implementadas paulatinamente de forma individual o en paralelo. Dichas soluciones abarcan desde: modificaciones a nivel de infraestructura y procedimiento, planificación de estrategias, adquisición de nuevo equipamiento e insumos y optimización de la administración.

Entre las soluciones dadas se le debe dar mayor importancia primero a la dosificación de metanol, ya que este es una carga orgánica fácilmente biodegradable lo que hace que se transforme en biomasa, que a larga genera el lodo, el que se puede recircular cuando se requiera en función de una alta carga; además que esto propicia su función como planta de lodos activados. Segundo, a la implementación de la pasarela para minimizar residuos vegetales y propiciar responsablemente el conocimiento ambiental en la comunidad con respecto al tratamiento de aguas negras. Tercero, la creación de manuales para brindar conocimiento al personal trabajador, ya que de no hacerlo no habrá mejoramiento en el producto final a pesar de implementar las demás mejoras expuestas en el presente trabajo de investigación.

## Recomendaciones

- Diseñar una estrategia de rehusó para las aguas servidas tratadas en procedimientos dentro del campus universitario, tales como: riego de pastos y jardinería, sistema contra incendios, y llenado de la laguna del Cisne del Anauco (para que mantenga su nivel todo el año).
- Realizar mantenimientos periódicos a la vegetación existente alrededor de la planta, de manera tal que se evite su crecimiento.
- Actualizar constantemente el contenido de los talleres, cursos y manuales de operaciones dictados en la planta, alimentándolos con información de los procesos y equipos en casos de averías o eventualidades.
- Realizar periódicamente inventarios de equipos, instrumentos, herramientas y materiales alojados en la planta, a fin de tener un mayor control sobre el stock.
- Efectuar cada cierto tiempo un análisis interno y externo de PTAS, con la finalidad de actualizar las estrategias en función de las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades detectadas.
- De adquirir el insumo metanol (para garantizar una mejor formación de biomasa en la planta), se recomienda adquirir también un equipo móvil para el traslado del tambor del producto, tal como se muestra en el **anexo 6**.
- Reemplazar el uso hipoclorito de sodio 12% en el proceso de desinfección por hipoclorito de calcio 70%, de tipo granular; su calidad es alta, es más soluble en agua, menos ácido, no afecta la piel y es más estable frente a la radiación solar.

- Sistema de dosificación de desinfectante por gravedad en la cloaca, donde se unen las aguas servidas del colegio Loyola Gumilla con las de la universidad Católica Andrés Bello, teniendo en cuenta que la concentración del cloro no debe exceder 0,3 mg/l y dando mayor recorrido para que el cloro se diluya bien en el agua, evitando que grandes concentraciones de este comprometan la biomasa en el reactor biológico disminuyendo su eficiencia. Esta es una acción que garantizaría un procedimiento seguro referido al virus COVID-19, ya que según estudios se conoce que es sensible al cloro en agua.
- Actualizar la matriz de riesgos cada vez que se añada una nueva tarea o actividad a la planta, y como mínimo una vez por año y como parte de la gestión de seguridad de la planta, para asegurar que no han surgido cambios en el nivel de protección de los trabajadores.
- Realizar una batería de ensayos, como mínimo de una barrida semanal de todas estas, por lo menos durante dos meses consecutivos, siempre que se esté dando uso físico estudiantil a las instalaciones de la universidad.
- Ejecutar las propuestas estratégicas y físicas planteadas en el presente trabajo de investigación.

## Referencias Bibliográficas

1. Agromática (Consultado el: 10/01/2020). Compost, comprobaciones de calidad. Recuperado de: <https://www.agromatica.es/compost-comprobaciones-calidad-test/>
2. Alonso J., Sánchez P., (2017). Propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa Fertilizantes Colombianos S.A (trabajo especial de grado), Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia.
3. Arocha, S. Anteproyecto de la planta de tratamiento de Aguas Servidas. Estudios y Proyectos, Episar, C.A [Consulta: 2020, septiembre, 10]
4. Campos E, Flotats X, Illa J, Magrí a, Palatsi J, Solé Mauri (2004). Guía de los Tratamientos de las Deyecciones Ganaderas. Consulta: 10/01/2020. Recuperado de: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia\\_dejeccions.pdf&ved=2ahUKEwiRj6bOqZLuAhUS2VvKHdYDAXYQFjAAegQIARAB&usq=AOvVaw0PsdsABqj5W1dPdQFMZb3E](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf&ved=2ahUKEwiRj6bOqZLuAhUS2VvKHdYDAXYQFjAAegQIARAB&usq=AOvVaw0PsdsABqj5W1dPdQFMZb3E)
5. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2003. Especificaciones técnicas para el diseño de trampas de grasas. Lima: s.n., 2003.
6. Cid A., (2015). Mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales en Verín (trabajo especial de grado), Bogotá Colombia.
7. D'Angelo, A., Iguarán A., (2019). Estimación del DBO gráficamente en plantas de tratamiento de aguas servidas. (Trabajo especial de grado). Universidad Católica Andrés Bello, Puerto Ordaz, Venezuela.

8. Fondonorma. Norma Venezolana Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones 2634:2002. Caracas, Venezuela.
9. Fondonorma. Norma Venezolana Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno 3008:2007. Caracas, Venezuela.
10. Fondonorma. Norma Venezolana Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de Sólidos 2461:2005 (1ra. Revisión). Caracas, Venezuela.
11. Fonseca C., (2018). Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable de la escuela de logística del ejército nacional en la Universidad distrital Francisco José de Caldas (trabajo especial de grado), Bogotá Colombia.
12. Foung Y., (2015). Propuesta de optimización para la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Católica Andrés Bello Guayana (trabajo especial de grado), Universidad Católica Andrés Bello, Puerto Ordaz, Venezuela.
13. Guía técnica colombiana, GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Apartado 14237:2011, Bogotá D.C: icotec International. [Consulta: 2020, septiembre, 16]
14. Gutierrez, J. (2014). El agua del chorro: más turbia y más contaminada. Recuperado de <http://elestimulo.com/climax/contaminada-el-agua-que-se-toma/>
15. Millán L., Polania C., (2018). Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa "somos k S.A." (trabajo especial de grado), Fundación Universidad de América, Bogotá Colombia.

16. Nihon Kasetsu (2015). DBO y DQO para caracterizar aguas residuales. Recuperado de:  
<http://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
17. Romero, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá D.C: Illera, Luis, 2008. 135 p. Metcalf y Eddy, inc. Ingeniera sanitaria. Tratamiento, evaluación y reutilización de aguas residuales.2 ed. Barcelona1994. 26 p.
18. Normas Venezolanas para el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua (1995), Gaceta Oficial 5021, Decreto extraordinario 883. Caracas, Venezuela.
19. Torres I., (2016). Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la Planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la Calera (Cundinamarca), (trabajo especial de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
20. Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°14- Determinación del Cloro Residual.
21. Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°3- Determinación de Colifomes en Aguas.
22. Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°13- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
23. Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°16- Sólidos.

## Apéndice A

### Determinación del nivel de deficiencia

Para determinar el nivel de deficiencia se hace uso de la siguiente tabla:

<b>Nivel de Deficiencia</b>	<b>Valor de ND</b>	<b>Significado</b>
<b>Muy Alto (MA)</b>	<b>10</b>	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
<b>Alto (A)</b>	<b>6</b>	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
<b>Medio (M)</b>	<b>2</b>	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativas o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
<b>Bajo (B)</b>	<b>No se asigna Valor</b>	No se ha detectado consecuencia alguna, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención.

### Determinación del nivel de exposición

El nivel de consecuencia de ocurra un riesgo se determina e interpreta haciendo uso de la siguiente tabla:

<b>Nivel de exposición</b>	<b>Valor de NE</b>	<b>Significado</b>
<b>Continua (EC)</b>	<b>4</b>	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
<b>Frecuente (EF)</b>	<b>3</b>	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
<b>Ocasional (EO)</b>	<b>2</b>	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
<b>Esporádica (EE)</b>	<b>1</b>	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

### Determinación del nivel de probabilidad

Para determinar el NP se combinan los resultados del nivel de deficiencia y del nivel de exposición, tal como lo indica la siguiente tabla:

<b>Niveles de probabilidad</b>		<b>Nivel de exposición (NE)</b>			
		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Nivel de deficiencia (ND)</b>	<b>10</b>	<b>MA - 40</b>	<b>MA -30</b>	<b>A -20</b>	<b>A - 10</b>
	<b>6</b>	<b>MA - 24</b>	<b>A -18</b>	<b>A -12</b>	<b>M -6</b>
	<b>2</b>	<b>M -8</b>	<b>M - 6</b>	<b>B - 4</b>	<b>B - 2</b>

## Significado de los diferentes niveles de probabilidad

Los resultados del nivel de probabilidad se interpretan de acuerdo con el significado que aparece en la siguiente tabla.

<b>Nivel de Probabilidad</b>	<b>Valor de NP</b>	<b>Significado</b>
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

### Determinación del nivel de consecuencias

El nivel de consecuencia de ocurra un riesgo se determina e interpreta haciendo uso de la siguiente tabla:

Nivel de consecuencias	NC	Significado
		Daños personales
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte (s)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT).
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

### Determinación del nivel de riesgo

El nivel del riesgo se determina haciendo uso de la siguiente tabla:

Nivel de riesgo NR = NP x NC		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	<b>I</b> 4000-2400	<b>I</b> 2000-1200	<b>I</b> 800-600	<b>II</b> 400-200
	60	<b>I</b> 2400-1440	<b>I</b> 1200-600	<b>II</b> 480-360	<b>II</b> 200 <b>III</b> 120
	25	<b>I</b> 1000-600	<b>II</b> 500-250	<b>II</b> 200-150	<b>III</b> 100-50
	10	<b>II</b> 400-240	<b>II</b> 200 <b>III</b> 100	<b>III</b> 80-60	<b>III</b> 40 <b>IV</b> 20

### Significado del nivel de riesgo

El significado del nivel de riesgo se interpreta haciendo uso de la siguiente tabla (tomado de la GTC45):

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual de 360.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

### Aceptabilidad del riesgo

La aceptabilidad del riesgo se interpreta haciendo uso de la siguiente tabla (tomado de la GTC45):

Nivel de riesgo	Significado
I	No Aceptable
II	No Aceptable o Aceptable con control específico
III	Aceptable
IV	Aceptable

## Apéndice B



### Extensión Guayana

## PROTOCOLO PARA EL USO DE LODOS RESIDUALES COMO ABONO PARA LA VEGETACIÓN DE LA UNIVERSIDAD

Este protocolo tiene el objetivo de indicar a los trabajadores de la planta el proceso a seguir para aprovechar los lodos residuales generados en el reactor biológico como una fuente de abono para la vegetación presente en el campus universitario.

### Procedimiento para reutilizar el lodo residual en forma de abono:

1. Después de realizar el mantenimiento a la PTAS y retirar el lodo presente en el reactor biológico, este se debe trasladar a la parte posterior de la planta donde se posicionan los lodos, haciendo uso de una carretilla o algún otro vehículo.
2. Una vez se posicionen los lodos se inicia con el proceso de compostaje.
3. El operador debe supervisar de manera diaria el proceso y mover con palas el lodo dos veces por semana, para airear la mezcla y que la materia orgánica biodegradable se consuma. En la supervisión se debe hacer énfasis en las siguientes características:
  - ✓ Olor. Deben disminuir los olores nauseabundos y putrefactos. Sabemos que el proceso de compostaje es de calidad cuando en él se desprende un olor a bosque y tierra húmeda.
  - ✓ Color. Debe ser marrón oscuro, homogéneo, es decir, no se deben notar fácilmente residuos incorporados en un inicio.
  - ✓ Textura. Al tomar un puñado con la mano no debe desmoronarse ni tampoco escurrir agua.

De cumplir estas características se puede afirmar que ha terminado el proceso de compostaje y se tiene un abono de calidad.

4. Se procede a dividir el abono en dos partes, el que será usado prontamente y el que será almacenado para posterior uso.
5. Depositar el abono en bolsas plásticas y almacenar en la caseta de control.
6. Dirigir el abono sobrante haciendo uso de carretillas o algún otro vehículo al lugar donde se desee sembrar.
7. Una vez en el lugar, escavar y añadir el abono.

Nota: Es importante resaltar que el operador debe contar con los equipos de seguridad necesarios para el manejo de los lodos, específicamente: traje biológico nivel 2, botas de plástico largas y mascarilla.

#### Referencias bibliográficas:

- ✓ Campos E, Flotats X, Illa J, Magrí a, Palatsi J, Solé Mauri (2004). Guía de los Tratamientos de las Deyecciones Ganaderas. Consulta: 10/01/2020. Recuperado de: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia\\_dejeccions.pdf&ved=2ahUKEwiRj6bOqZLuAhUS2VkKHdYDAXYQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw0PsdsABqj5W1dPdQFMZb3E](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf&ved=2ahUKEwiRj6bOqZLuAhUS2VkKHdYDAXYQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw0PsdsABqj5W1dPdQFMZb3E)
- ✓ Agromática (Consultado el:10/01/2020). Compost, comprobaciones de calidad. Recuperado de: <https://www.agromatica.es/compost-comprobaciones-calidad-test/>

## Apéndice C



### Extensión Guayana

#### **MANUAL DE TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS SERVIDAS DE LA UNIVERSIDAD CÁTOLICA ANDRÉS BELLO- EXTENSIÓN GUAYANA.**

Este manual ha sido basado en información recolectada de las practicas: N°3 "Determinación de coliformes en aguas"; N°13 "Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno"; N°14 Determinación del cloro residual, N°16 "Sólidos", del Laboratorio de Ingeniería Sanitarias de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana y complementado con información recolectada en campo y propuesta por la autora.

Requerimiento: Antes de tomar cualquier muestra, es necesario que el operador disponga de su equipo de seguridad, específicamente de: guantes, lentes y mascarilla.

#### **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE TOMA DE MUESTRAS PARA LOS COLIFORMES:**

1. Es importante que el operador tenga a la mano un kit dado por el laboratorio donde se contengan frascos previamente esterilizados.
2. El operador en planta debe dirigirse a la salida del vertedero de entrada para tomar la muestra del afluente y al vertedero de cloración en la salida de la fosa para la del efluente, donde deberá ingresar una varilla alargada con un recipiente para la recolección de muestras en su extremo.
3. Posterior a ello, se retira la varilla y se debe distribuir el agua recolectada en la cantidad de muestras requeridas, todo en frascos de material de vidrio previamente esterilizados.

El análisis bacteriológico de la muestra debe practicarse inmediatamente después de su recolección, de no ser así debe refrigerarse a 4 ° C. El operador debe asegurarse de transportar la muestra al laboratorio para ser analizada antes de un lapso de 6 horas.

Nota: Se debe resaltar que la toma de muestras de coliformes debe realizar cada 48 horas.

### **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA DEL CLORO RESIDUAL:**

1. El operador en planta debe dirigirse a la salida del vertedero de la fosa de cloración, donde para tomar la muestra deberá ingresar una varilla alargada con un recipiente para la recolección de muestras en su extremo.
2. Posterior a ello, se retira la varilla y se debe distribuir el agua recolectada en la cantidad de muestras requeridas, todo en envases de material de vidrio libre de cloro, hacer y mantenerse alejado de la luz directa y evitar su agitación.
3. Los ensayos deberán realizarse inmediatamente después de la captación de la muestra debido a que el cloro residual disminuye en el transcurso del tiempo.
4. Volumen de muestra: seleccionar un volumen de muestra que no requiera más de 20 ml de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N. De acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1 Volúmenes de muestra para el análisis de Cloro

Concentraciones de ( Cloro mg/litro )		Muestra a tomar ( ml )	
$\leq 0,1$		$\geq 1000$	
♦ 0,1	a 1,0	500	a 1000
		♦	
♦ 1,0	a 5	250	a 500
		♦	
♦ 5	a 10	100	a 250

En el caso de soluciones desinfectantes de tipo comercial, emplear 1 ml diluido a 1000 ml con agua destilada.

5. Tipo de muestra:

5.1 Agua de chorro o de otra fuente clorada (planta de tratamiento de aguas residuales).

5.2. Solución desinfectante de cloro comercial.

6. Almacenamiento y traslado de la muestra al laboratorio de ingeniería Sanitaria, ubicado en la escuela de ingeniería civil.

## **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE TOMA, PRE-TRATAMIENTO, MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA DE DBO5:**

### ✓ **Procedimiento experimental de la toma de muestra:**

1. Es importante que el operador tenga a la mano un kit dado por el laboratorio donde se contengan frascos previamente esterilizados.
2. El operador en planta debe dirigirse a la salida del vertedero de entrada para tomar la muestra del afluente y al vertedero de cloración en la salida de la fosa para la del efluente, además de tomar una muestra entre el sedimentador secundario y la cámara de cloración para conocer el DBO5 antes de contener cloro residual; una vez ubicado deberá ingresar una varilla alargada con un recipiente para la recolección de muestras en su extremo.
3. Posterior a ello, se retira la varilla y se debe distribuir el agua recolectada en la cantidad de muestras requeridas, todo en frascos de material de vidrio previamente esterilizados y luego se dirigen al laboratorio de ingeniería sanitaria, donde se entregan al técnico de laboratorio.

### ✓ **Pre-tratamiento de la muestra.**

En la determinación de la DBO interfieren la presencia de compuestos tóxicos y/o el pH desfavorable al crecimiento de microorganismos, que causan interferencias.

1. Para muestras que contienen alcalinidad cáustica de pH >8,5 ó acidez < 6,0; neutralizar las muestras a pH entre 6,5 y 7,5 con una solución de Ácido Sulfúrico (  $H_2SO_4$  ) ó Hidróxido de Sodio ( NaOH ) 1 N de tal manera que la cantidad de reactivo agregado no diluya la muestra en más del 0,5 % . El pH del agua de dilución no debe ser afectada por la dilución de la muestra.

**Extensión Guayana**

2. Para muestras que contienen cloro residual se recomienda tomar la muestra antes del proceso de clorinación, si la muestra proviene de una corriente clorada pero no tiene cloro residual, inocular el agua de dilución, si hay presencia de cloro residual eliminarlo y después inocular el agua de dilución. En algunos casos el cloro desaparece en el plazo de 1 a 2 horas después de su exposición a la luz. Si en este tiempo el cloro residual no se disipa destruirlo añadiendo una solución de Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), determinar el volumen de Sulfito requerido tomar una porción de la muestra entre 100 a 1000 ml ya neutralizada y agregar 10 ml **de ácido acético ( 1:1 ) ó ácido sulfúrico ( 1:50 )**, 10 ml de solución de Ioduro de Potasio ( 10 g/100 ml ) y titular con una solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  utilizando almidón como indicador . Agregar a la muestra neutralizada el volumen de Sulfito determinado, luego mezclar y después de 10 a 20 minutos verificar el contenido de cloro residual.
3. Las muestras que contienen otro tipo de sustancias tóxicas, ciertos residuos industriales, que requieran de un estudio y tratamiento previo no son considerados en este método.
4. Muestras sobresaturadas con OD en aguas frías ó en aguas donde se produce la fotosíntesis es posible encontrar muestras que contienen más de 9 mg/l de OD a 20 ° C. Para evitar la pérdida de Oxígeno durante la incubación, redúzcase el OD hasta la saturación a 20 ° C calentando la muestra hasta esta temperatura en frascos parcialmente llenos mientras se agitan con fuerza o se airean con aire limpio, filtrado y comprimido.
5. Ajustar la temperatura de la muestra: esperar a que la muestra alcance una temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , antes de preparar las diluciones.
6. **Verificar el pH de todas las muestras antes de la determinación de la DBO, aunque la experiencia previa indique que el pH está dentro del rango aceptable.**

✓ **Muestreo y conservación de la muestra**

Las muestras para el análisis de DBO se alteran en forma significativa, durante el tiempo que transcurre entre la captación de la muestra y su análisis, resultando valores bajos de DBO. Esto se puede minimizar analizando la muestra tan pronto sea posible o refrigerarla a una temperatura cercana a la congelación durante su almacenamiento. Sin embargo, incluso a bajas temperaturas el tiempo de almacenamiento se reduce al mínimo. Antes de analizar las muestras refrigeradas, esperar a que las mismas alcancen la temperatura de 20 ° C.

**1. Muestras al azar**

Si se va iniciar el análisis dentro de las 2 horas después de la captación de la muestra no es necesario el almacenamiento en frío; de lo contrario mantener la muestra a una temperatura de 4 ° C o menos desde el momento de su captación. Comenzar el análisis en el plazo de 6 horas a partir de la captación de la muestra, Cuando esto no es posible debido a que el lugar de captación está lejos del laboratorio, almacenar la muestra a 4° C o menos y al presentar el resultado indicar la duración y temperatura de almacenamiento. En ningún caso comenzar el análisis después de haber transcurrido las 24 horas desde el momento de captación de la muestra. Cuando estas muestras van a ser utilizadas para fines de regulación, realizar todos los esfuerzos posibles por enviar las muestras para su análisis en el plazo de las 6 horas después de su captación. Indicar como parte de los resultados el tiempo y las condiciones de almacenamiento.

## **2. Muestras compuestas**

Mantener las sub-muestras constitutivas de las muestras compuestas refrigeradas a una temperatura de 4 ° C o menos. Limitar el período de composición de la muestra de la muestra a 24 Horas. Seguir los mismos criterios de almacenamiento descritos para la muestra tomada al azar, comenzar la medición el tiempo de almacenamiento a partir el momento de la mezcla de la muestra. Indicar como parte de los resultados el tiempo y las condiciones de almacenamiento.

Nota: Es importante resaltar que la toma de muestras para realizar el ensayo de DBO5 dura 5 días.

### **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA TOMA DE MUESTRA DE LOS SÓLIDOS:**

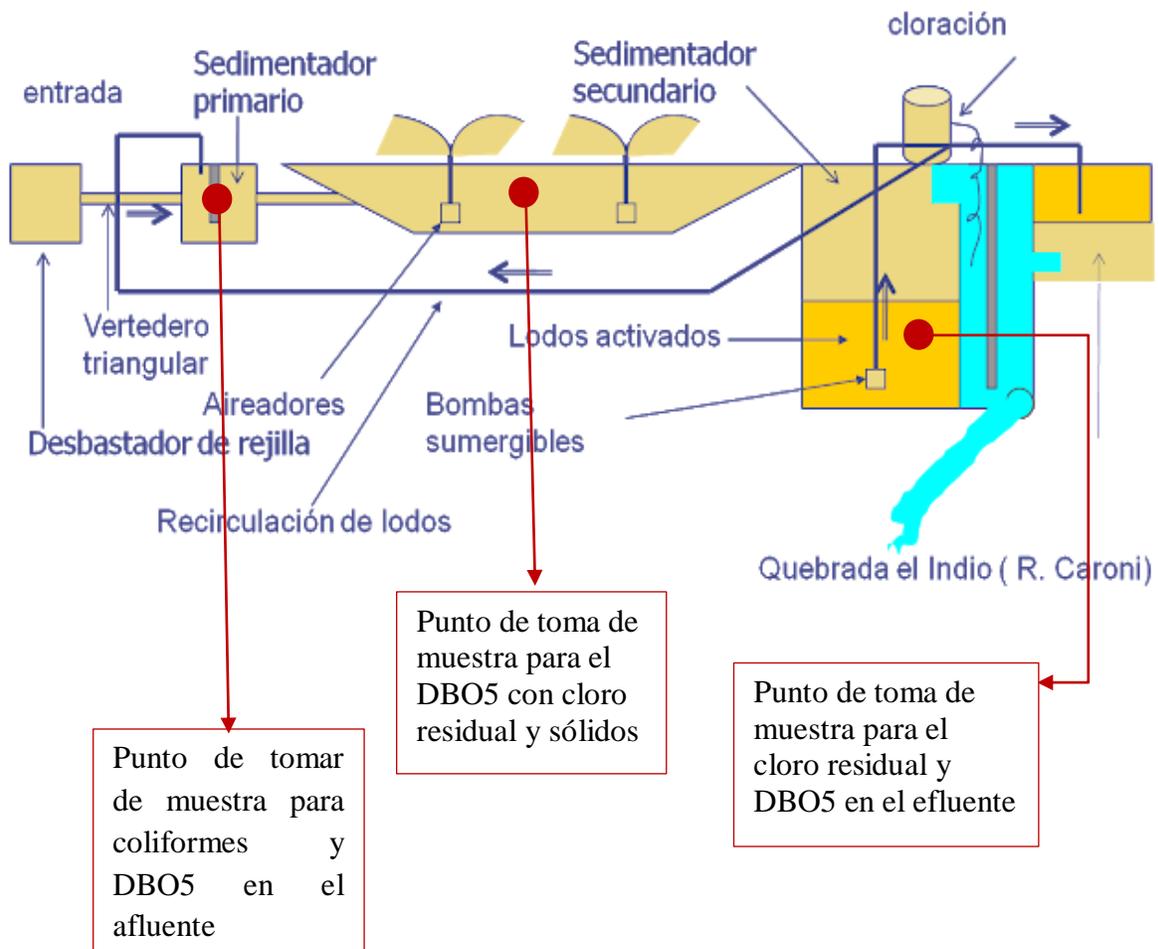
- 1.** El operador en planta debe dirigirse al vertedero de salida de la fosa de cloración, donde para tomar la muestra deberá ingresar una varilla alargada con un recipiente para la recolección de muestras en su extremo.
- 2.** El operador en planta debe dirigirse al tanque de aireación, justo entre el paso del reactor y del sedimentador secundario, donde deberá ingresar una varilla alargada con un recipiente para la recolección de muestras en su extremo.
- 3.** Posterior a ello, se retira la varilla y se debe distribuir el agua recolectada en la cantidad de muestras requeridas, estas pueden tomarse en envases plásticos o de vidrio y deben ser trasladadas al laboratorio de ingeniería sanitaria y dejadas en manos del técnico encargado de hacer ensayo. Se pueden preservar refrigeradas a 4 ° C durante 7 días.

Nota: En la toma de muestra de solidos necesariamente el aireador debe estar apagado por razones de seguridad.

Extensión Guayana

ESQUEMA DE PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA EN LA PTAS DE LA UCAB-GUAYANA:

Esquema de planta de saneamiento

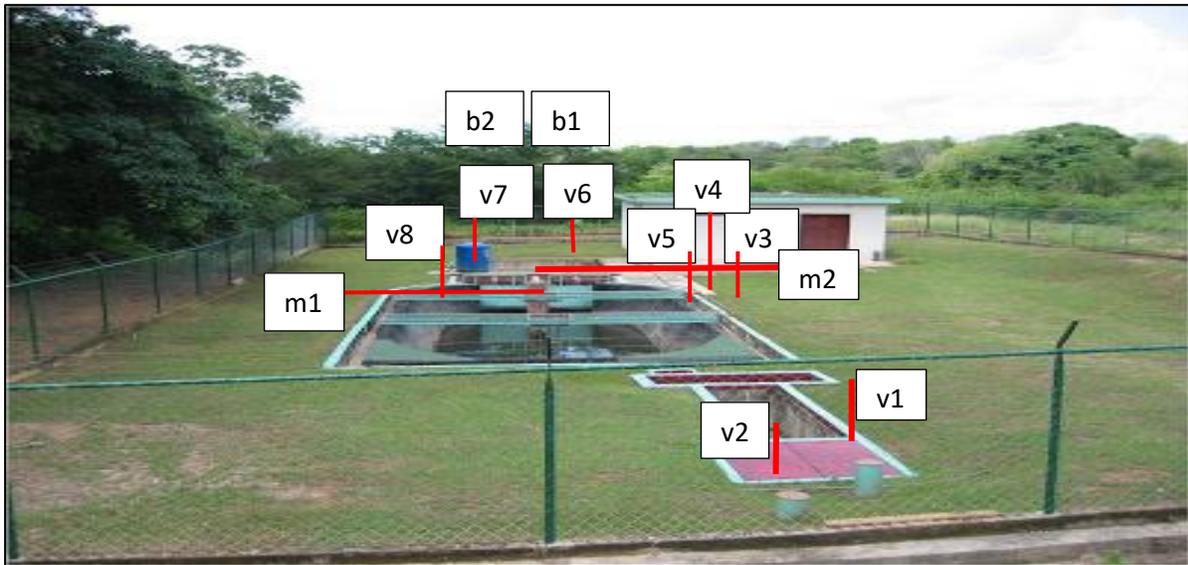


### **Referencias Bibliográficas:**

- ✓ Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°3- Determinación de Coliformes en Aguas.
- ✓ Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°13- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- ✓ Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°14- Determinación del Cloro Residual.
- ✓ Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana, Escuela de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2012). Practica N°16- Sólidos.

## Apéndice D

En la siguiente imagen se puede apreciar el número de válvulas presentes en planta, ubicación y su respectivo nombre (tomado del curso ante casos especiales, dictado por Antonio Seijas):



### Nombres de las válvulas presentes en planta

La siguiente tabla contiene la función de cada válvula (tomado del curso ante casos especiales, dictado por Antonio Seijas)

v1= válvula de entrada a la planta de tratamiento
v2= válvula de sobre seguimiento del flujo de agua
v3= válvula de desagüe
v4= válvula de retorno de lodos al distribuidor de flujo
v5= válvula de distribución; o bien al desagüe o bien al retorno de lodos
v6= válvula de succión de la bomba sumergible 1
v7= válvula de succión de la bomba sumergible 2
v8= válvula de purga de lodos a la trampa de arena

### Modos de operación en casos especiales

La siguiente tabla contiene las acciones a realizar en caso de presentarse alguna situación especial (tomado del curso ante casos especiales, dictado por Antonio Seijas):

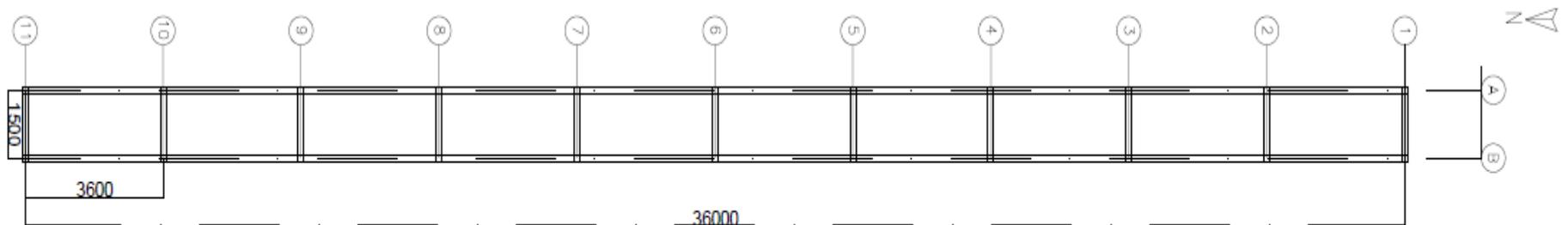
Modo de operación	v1	v2	v3	v4	v5	v6	bs	m	v7	v8
En caso de purga de lodos (se recomienda cada 15 días (no más de una hora))	A	C	C	C	C	C	1(fun) 2(fun)	1(ap) 2(fun)	A	A
En caso de que el color de las aguas del reactor de oxigenación presente una coloración negruzca, hasta que alcance color marrón claro (mínimo una hora)	A	C	C	A	A	A	1(fun) 2(fun)	1(fun) 2(fun)	C	C
En el caso de presencia de muchas espumas (color blanquecino del agua), ocurre con frecuencia a la hora de lavado de utensilios de los cafetines	A	C	C	A	A	A	1(fun) 2(fun)	1(ap) 2(ap)	C	C
En el caso de un aumento de caudal superior a 3/s, máximo aceptable por el vertedero, hasta que se normalice	A/2	A	C	C	C	C	1(ap) 2(ap)	1(ap) 2(ap)	C	C

## Apéndice E

Vista de lateral de la pasarela propuesta para la PTAS de la UCAB- Guayana.

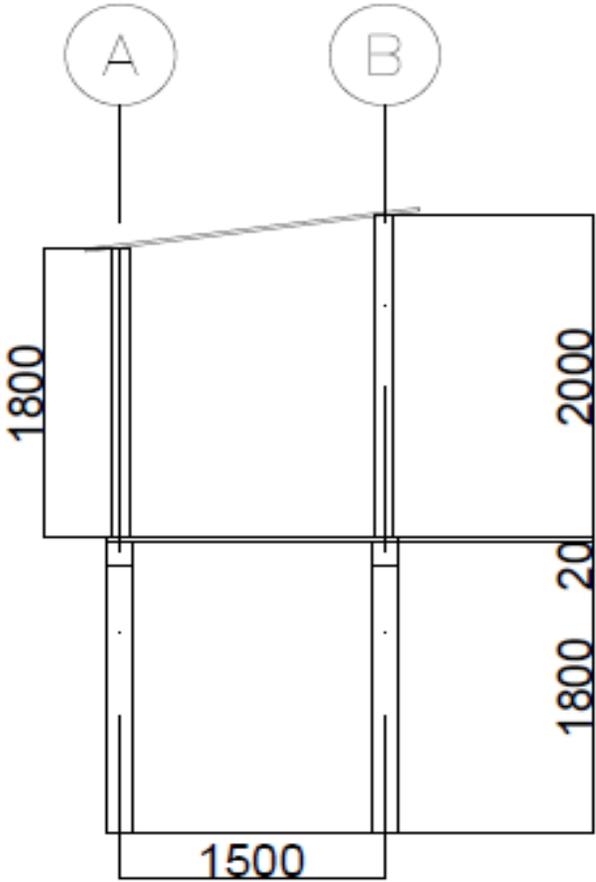


Vista de planta de la pasarela propuesta para la PTAS de la UCAB- Guayana.

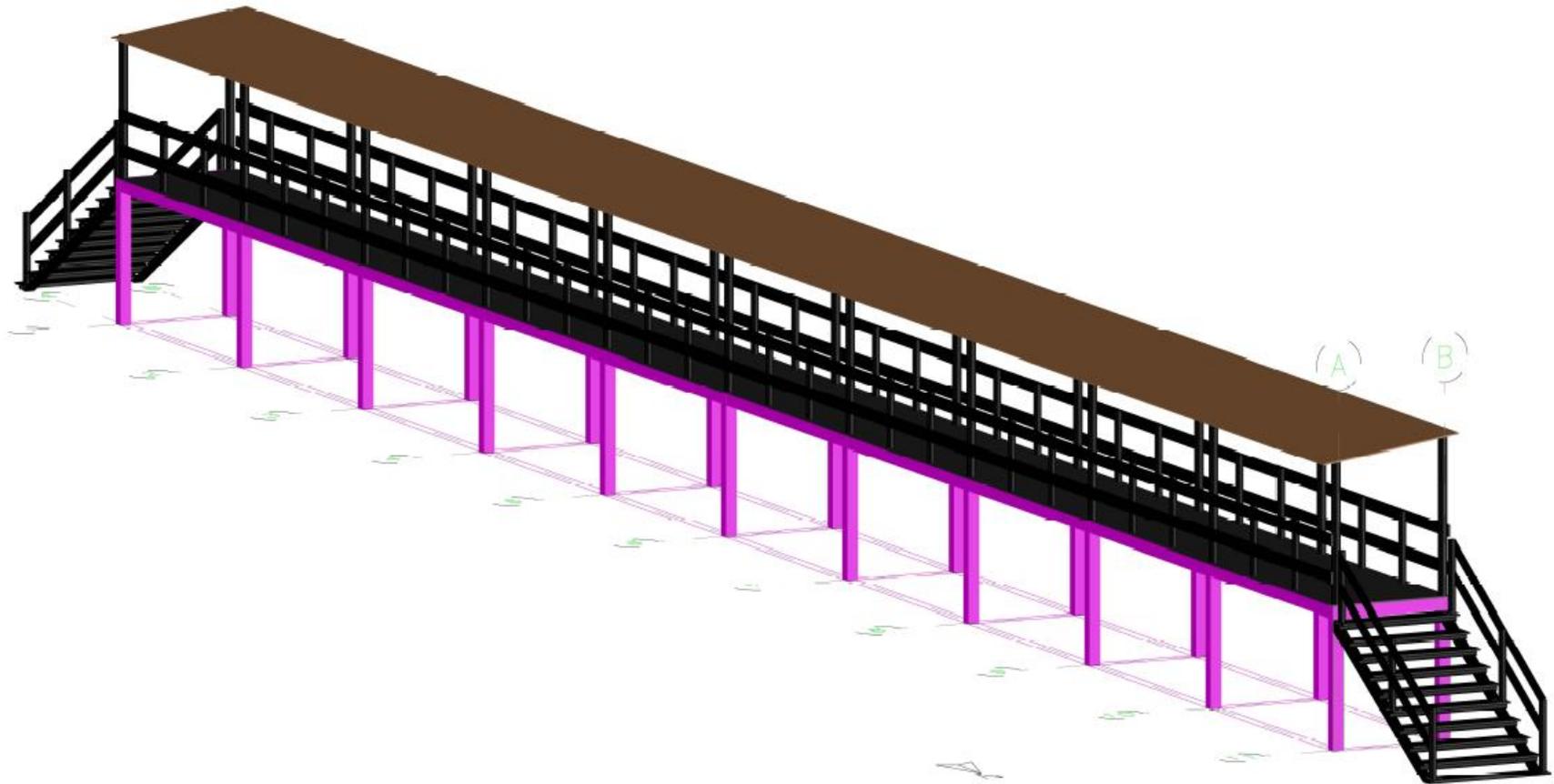


Nota: Los valores de las medidas propuestas se muestran en milímetros (mm).

Vista de planta de la sección A-B, en la imagen se puede observar el ángulo de inclinación del techo de la pasarela.



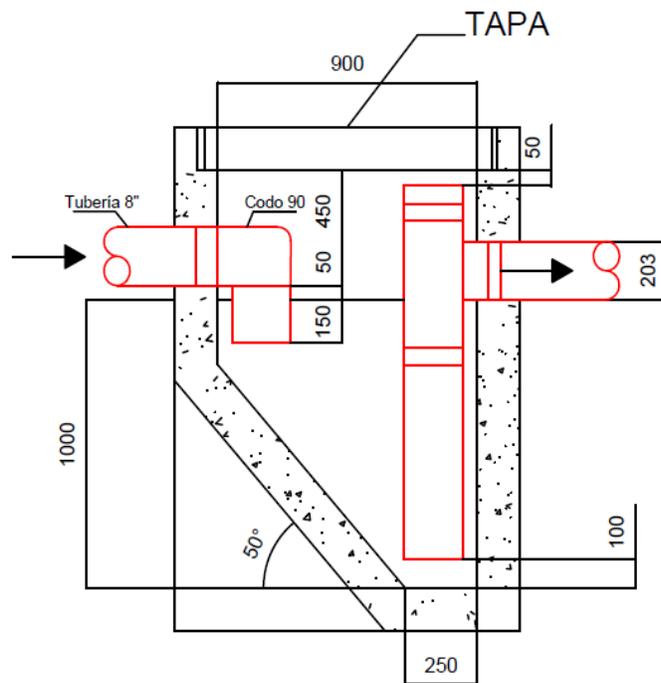
**Vista en 3D de la pasarela propuesta para la PTAS de la UCAB- Guayana.**



Nota: El techo tiene un Angulo de inclinación de  $8^\circ$  con el objetivo de que las hojas de los árboles se deslicen del lado contrario a l reactor biológico

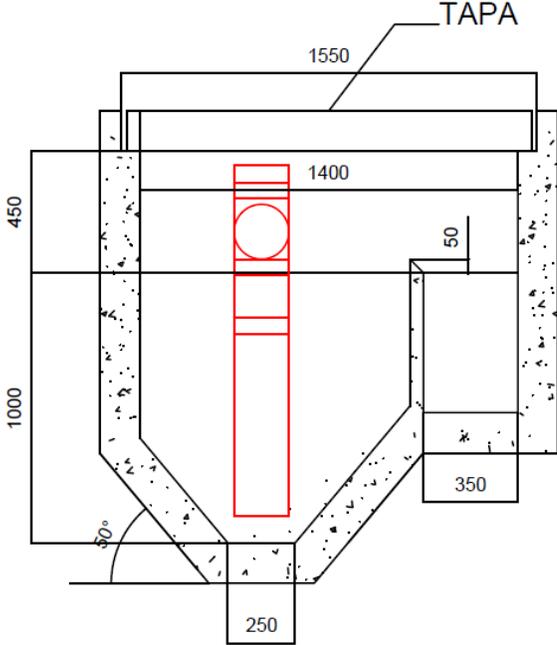
## Apéndice F

### Trampa de grasas simple.

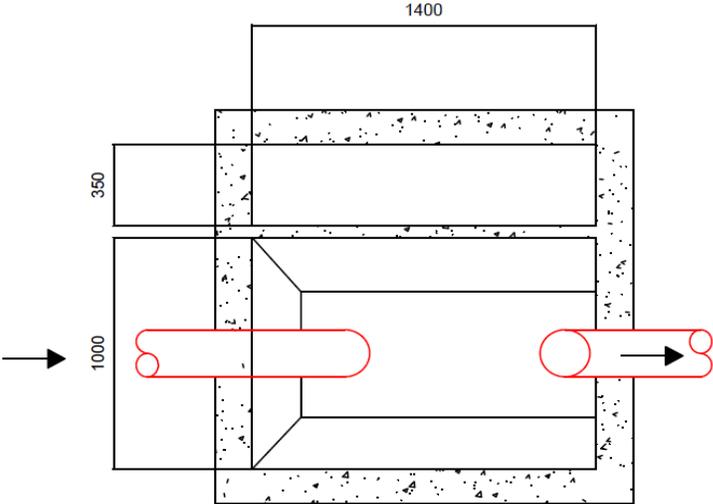


Nota: Las medidas dadas en el diseño de la trampa de grasas están dadas en milímetros (mm).

**Trampa de grasas con depósito de acumulación de grasa.**



**Vista de planta de la trampa de grasas.**



## Anexos

### Anexo 1: Evidencia de mantenimiento a las bombas sumergidas en el clarificador.



### Anexo 2: Traje biológico nivel 2.



**Anexo 3: Lentes de seguridad.**



**Anexo 4: botas plásticas.**



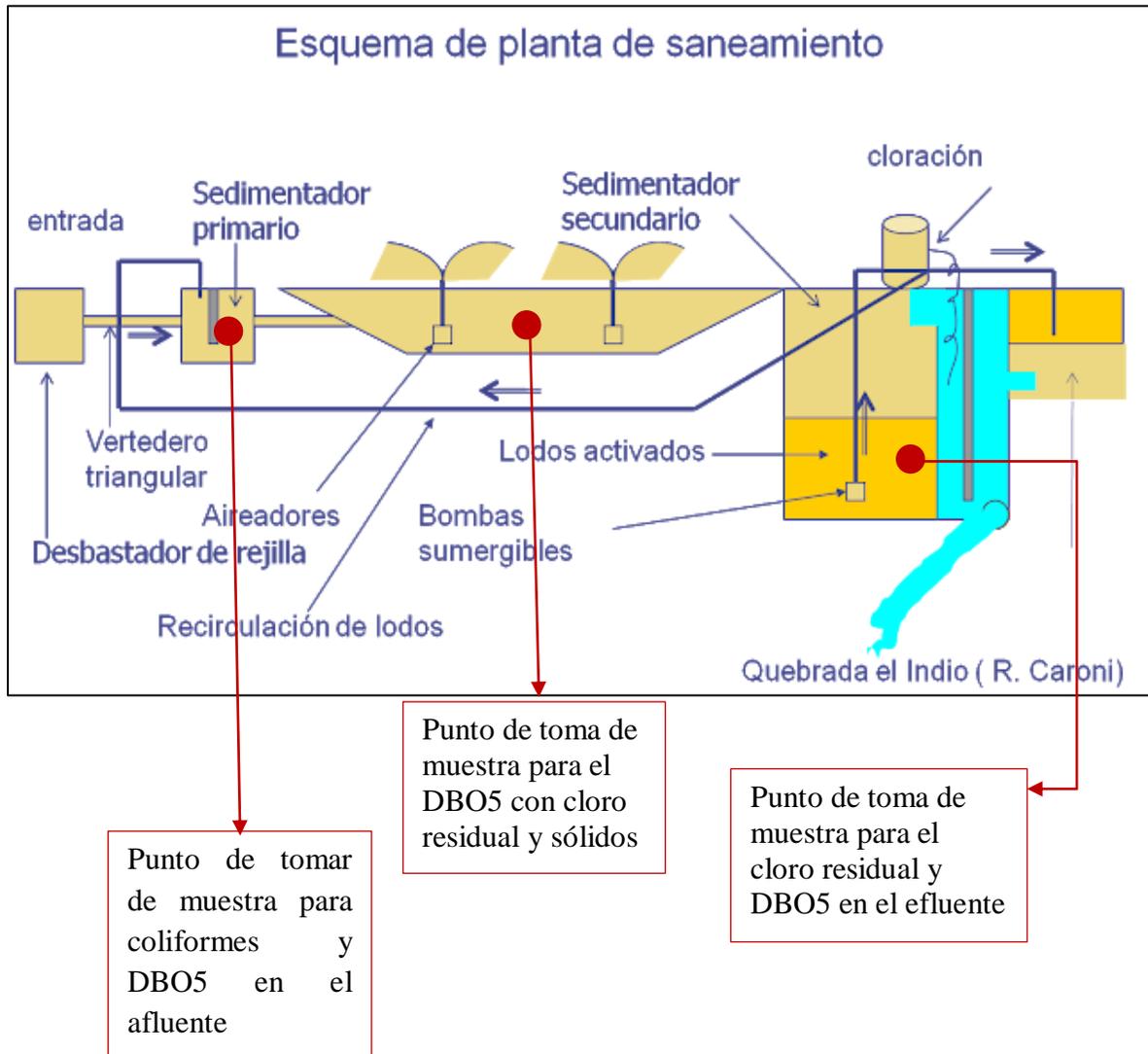
**Anexo 5: Semi-máscara con filtros intercambiables.**



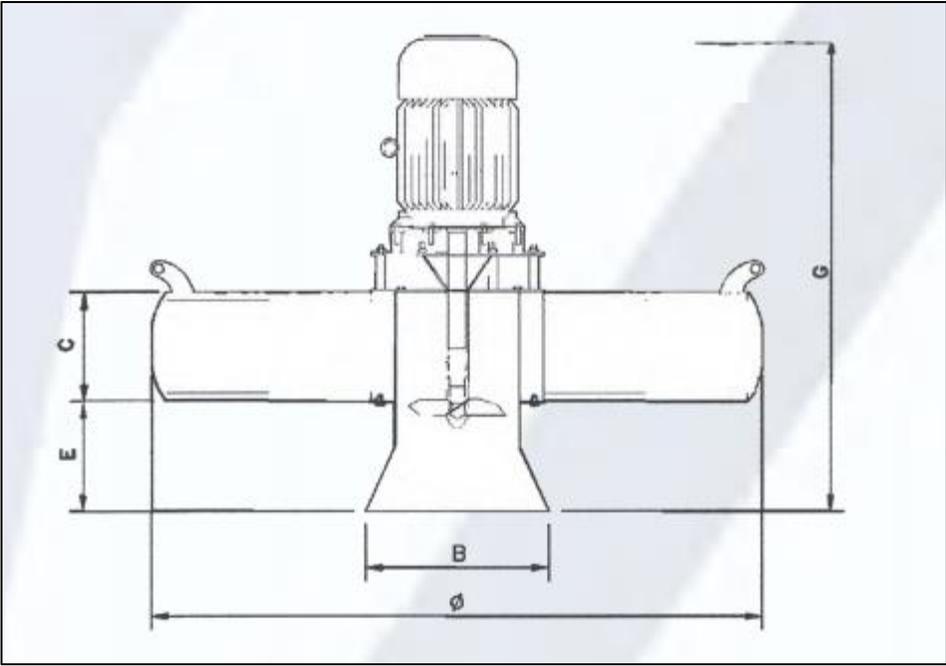
**Anexo 6: Equipo de fácil movilización para tambores.**



**Anexo 7: Puntos de toma de muestra en la PTAS.**



**Anexo 8: Aireador modelo AIF-2 trifásico, modelo fijo, ubicado en el reactor biológico de la PTAS de la UCAB Guayana.**



**Anexo 9: Determinación de los requerimientos de oxígeno disuelto en el reactor de aireación de la planta de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello- Extensión Guayana. Cálculos realizados por el por el profesor Antonio Seijas según los modelos de Metcalf & Eddy, y, variantes de corrección de Eckenfelder.**

planta la UCAB, asumiendo como maximo que el DBO de entrac	100 mg/l	DBO efluen	30 mg/l		
con un caudal de	2,88 l/s	0,00288 m3/s			
	100 mg/L	S0			
DBO efluente, menor	30 mg/L				
temp=	20 °C				
Q	0,00288 m3/s	0,1728 m3/min	248,832 m3/dia		
solidos suspendidos volatiles en el liquido de mezcla			600 mg/L	SSVLM= X	0,6 Kg/m <sup>3</sup>
relacion de retorno					
tiempo medio de retencion celular (TMRC)			10 dias		
coeficientes cineticos, Y	0,8		coeficiente de crecimiento bacterian(0,4-0,8)		
coeficientes cineticos, Kd	0,06 1/dias		coeficiente de eliminacion de bacterias (0,04-0,075)		
KDBO ultima	0,1		este se relaciona con el factor, ver archivo calculo de factor DBO ultimo		
solidos suspendidos volatiles en el lodo(Xw)	6000 mg/l				
F(factor de DBO ultima)	0,68 1/dias		relacion entre DBO y DBO ultima		
fraccion biodegradable de la materia organica(FBM)	0,65				
DBO de los solidos en suspension del afluente =		(DBO efluente)*FBM <sup>0,42</sup> F(KDBO ultima)			
		=	18,8292		
DBO soluble del afluente(escapa al tratamiento) (S)= DBO del efluente - DBO de los solidos en suspension en el afluente					
S =	11,1708 mg/L del DBO soluble				
eficacia de rendimiento=	((S0-S)/S0)	88,8292 %			
Volumen del reactor	XV= YQ(TMRC)(S0-S)/(1+kd*TMRC)			tanteo con la realidad	
Vr=	184,19623 m3	184196,2291 litros		largo	50 m
	184,19623			ancho	25 m
				profun	3 m
				volumen=	125 m3
TRH(tiempo.retencion hidraulica)=	Vr/Q	0,74 d		17,8	Horas
TRMC= YX/QwXw					ver grafico (calculo de una planta mezcla completa con recirculacion)
Qw=	1,841962291 m <sup>3</sup> /dia	11,05 Kg/dia			produccion de lodos a la salida
Qr=	(QwXw-QoX)/(X-Xw)				
Qr=	25,60 m <sup>3</sup> /dia				(Q*DBO)/X*V
Qr/Qo=	0,10	10,29 %	F/M		0,23
MODELO DE ECKENFELDER: para la determinacion de oxigeno					

**TERIA CARBONOSA**

NECESIDAD DE O<sub>2</sub> (kg O<sub>2</sub>/d/a) = O<sub>2</sub> para síntesis + O<sub>2</sub> para respiración endógena

Carga másica (kg DBO <sub>5</sub> /d/kg SSLM)	a' (kg O <sub>2</sub> /kg DBO <sub>5</sub> )	b' (d <sup>-1</sup> )
1,0	0,50	0,136
0,7	0,50	0,131
0,5	0,50	0,123
0,4	0,53	0,117
0,3	0,55	0,108
0,2	0,59	0,092
0,1	0,65	0,066
0,05	0,66	0,040

b' está calculado para 20 °C. Para otras temperaturas usar  $b'_T = b'_{20} \times Y^{(T - 20)}$

Y = 1.07 para T de 5°C a 35 °C

Cm - Carga másica (día<sup>-1</sup>).

• Es la relación entre la masa de MO que entra en el reactor por unidad de tiempo y la masa de O<sub>2</sub> orgánico que se oxida en el mismo. Se expresa como kg de DBO<sub>5</sub> en el influente, por día, entre los kg de MLSS en la cuba. (F/M)

CM- Q.Sa/VX

0,23 redondeo amarr

0,2 a-

0,59 tabla

0,2 b-

0,092 tabla

KqO<sub>2</sub>/día- (Q(Sa - S)a + bVX)/(1000)

20,44 KqO<sub>2</sub>/día

0,85 KqO<sub>2</sub>/hora

24,88 Kq DBO<sub>5</sub>/día

0,82

0,6-1.2 Kq O<sub>2</sub>/Kq DBO

a' - Coeficiente estequiométrica que define la necesidad de O<sub>2</sub> para síntesis. (kg O<sub>2</sub>/kg DBO<sub>5</sub> eliminada, en función de la edad del fango).

Q - Caudal diario del proceso (m<sup>3</sup>/día).

Sa - DBO<sub>5</sub> de entrada al reactor (Kq/m<sup>3</sup>).

S - DBO<sub>5</sub> de salida al reactor (Kq/m<sup>3</sup>).

b' - Coeficiente cinética que define el desarrollo de la respiración endógena. (kg O<sub>2</sub>/kg MLSS /día, en función de la temperatura y la Edad del fango)

V - Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

X - Concentración del licor mezcla (kg/m<sup>3</sup>)

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA:																							
Kt - Coeficiente de transferencia. $Kt = (Kt1) \times (Kt2) \times (Kt3)$	Kt-		0,59																				
O2 real : O2 teórica/kt	54,25 Kg/dia	2,26 Kg/h																					
<p><b>Kt1 ( factor alfa "α"): Relaciona la transferencia de oxígeno en el fango activado y la transferencia en el agua destilada. Para Aguas Residuales Urbanas.</b></p> <p><b>AIRADORES SUPERFICIALES : 0.75 - 0.98</b></p> <p><b>DIFUSORES: 0.40 - 0.80 (19)</b></p>																							
		Kt1-	0,75																				
<p><b>Kt2 : Tiene en cuenta el valor de saturación del oxígeno en el líquido, en función de la temperatura, características del licor, presión atmosférica y nivel de oxígeno que se quiera mantener en el reactor (2,0 mg/l).</b></p> $Kt2 = \frac{(\beta \times C_{ss} \times P) - C_I}{C_s} \quad (20)$																							
$\beta$ = Factor depende del A. Residual (1.0)		beta-	1																				
C <sub>ss</sub> = Nivel de saturación del Oxígeno (mg/l) en agua pura a la temperatura del licor.		C <sub>ss</sub>	9,17 mg/l ver tabla al fondo																				
P = Factor omega "ς" relaciona la presión barométrica y la altitud del emplazamiento de la instalación.		P50m-	1																				
C <sub>I</sub> = Nivel del Oxígeno disuelto que se quiere mantener en el licor mezcla (2,0 mg/l).		C <sub>I</sub>	2 mg/l																				
C <sub>s</sub> = Nivel de saturación del agua pura en condiciones estandar, en general a 20°C = 9.17		C <sub>s</sub> 20°-	9,17 mg/l																				
		Kt2-	0,78																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ALTITUD (m)</th> <th>0</th> <th>150</th> <th>300</th> <th>450</th> <th>600</th> <th>750</th> <th>900</th> <th>1050</th> <th>1200</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P</td> <td>1</td> <td>0,981</td> <td>0,962</td> <td>0,944</td> <td>0,926</td> <td>0,909</td> <td>0,892</td> <td>0,875</td> <td>0,858</td> </tr> </tbody> </table>				ALTITUD (m)	0	150	300	450	600	750	900	1050	1200	P	1	0,981	0,962	0,944	0,926	0,909	0,892	0,875	0,858
ALTITUD (m)	0	150	300	450	600	750	900	1050	1200														
P	1	0,981	0,962	0,944	0,926	0,909	0,892	0,875	0,858														

**Css Kt3**

°C	Css (mg/l)	(1.025) <sup>T-20</sup>	°C	Css (mg/l)	(1.025) <sup>T-20</sup>	°C	Css (mg/l)	(1.025) <sup>T-20</sup>
0	14.02	0.611	17	9.74	0.929	34	7.20	1.412
1	14.23	0.625	18	9.54	0.952	35	7.10	1.440
2	13.84	0.642	19	9.35	0.976	36	7.00	1.485
3	13.48	0.658	20	9.17	1.000	37	6.90	1.520
4	13.13	0.674	21	8.99	1.025	38	6.80	1.560
5	12.80	0.691	22	8.83	1.051	39	6.70	1.600
6	12.48	0.708	23	8.68	1.077	40	6.60	1.640
7	12.17	0.726	24	8.53	1.104	41	6.50	1.680
8	11.87	0.744	25	8.38	1.132	42	6.40	1.720
9	11.59	0.762	26	8.22	1.150	43	6.30	1.765
10	11.23	0.782	27	8.07	1.189	44	6.20	1.810
11	11.08	0.801	28	7.92	1.218	45	6.10	1.855
12	10.83	0.821	29	7.77	1.249	46	6.00	1.900
13	10.50	0.842	30	7.63	1.280	47	5.90	1.950
14	10.37	0.852	31	7.50	1.312	48	5.80	2.000
15	10.15	0.884	32	7.40	1.345	49	5.70	2.050
16	9.95	0.905	33	7.30	1.379	50	5.60	2.100

Tabla 4: Valores de  $C_{ss}$  (mg/l) y  $(1.025)^{T-20}$  a distintas temperaturas

Css 20°C      9,17  
 Kt3=            1