CONTRATO No. CAR-CONV-INT-2030-2025

OPTIMIZACIÓN Y/O AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LA PLAZUELA Y EL OLIVO AUTOPISTA DEL MUNICIPIO DE COGUA – CUNDINAMARCA, DE ACUERDO A LO ESTIPULADO EN EL CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. CAR-CONV-INT-2030-2025

INFORME DE ALTERNATIVAS PTAR EL OLIVO

COGUA, CUNDINAMARCA

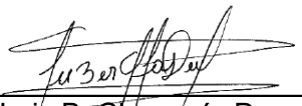
ABRIL 2026

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

CONTROL DE CAMBIOS

Número de revisión		No.	
Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
1	Primera emisión		

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Versión		V.1
Responsable por Elaboración. **AquaPlanet Ingeniería S.A.S. – BIC**	Firma	
	Nombre	Ing. Luis B. Chavarría Durango Especialista Hidráulico
	Firma	
	Nombre	Ing. Manuel Salazar Cuevas Director de Consultoría
Responsable de Revisó y Aprobó Interventoría	Firma	
	Nombre	Ing. José Carlos Vergara Mendoza Especialista Hidráulico
	Firma	
	Nombre	Ing. José Alejandro Ballén Suárez Director Interventoría
	Fecha	Junio 2026

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 9
2 JUSTIFICACIÓN 11
3 ANTECEDENTES 12
4 OBJETIVOS 14
4.1 OBJETIVO GENERAL 14
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
5 METODOLOGÍA 15
6 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO 17
6.1 CAUDAL DE DISEÑO 17
6.2 CONSTITUYENTES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA PTAR 19
7 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS A ESTUDIAR 21
7.1 CATEGORÍAS DE TRATAMIENTO 24
7.2 TRATAMIENTO PRELIMINAR 24
7.2.1 Rejillas 25
7.2.2 Desarenador 28
7.2.3 Vertedero sutro 29
7.2.1 Trampas grasas 30
7.2.2 Pozo de bombeo inicial 30
7.3 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS BIOLÓGICOS DE LAS ALTERNATIVAS 31
7.3.1 Tecnología Anaerobia filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) 37
7.3.2 Tecnología Anaerobio RAP (Reactor Anaerobio de flujo a Pistón) 39
7.3.3 Tecnología Aerobia de Lodos Activados 41
7.3.4 Sedimentador secundario 43
7.3.5 Tanque de contacto de cloro 44
7.3.6 Lechos de secado de lodos 45
7.4 ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO 45
7.4.1 Alternativa N. 1. Filtro Anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + Reactor aerobio de lodos activados(LAC)+ Sedimentación + desinfección + lechos de secado. 46

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.4.2 Alternativa N. 2. Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP)+ Lodos Activados (LAC) + Sedimentación secundaria +Desinfección + Lechos de secado 54
7.4.1 Alternativa N. 3. Lodos Activados (LAC) + Sedimentación secundaria +Desinfección + Lechos de secado 61
8 CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS SEGÚN RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 Y RESOLUCIÓN 0799 DE 2021 68
9 DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS 77
9.1 CÁLCULOS DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS 77
9.1.1. Canal de aproximación 77
9.1.2 Sistema de cribado grueso, medio y fino 78
9.1.3 Desarenador 83
9.1.4 Trampa de grasas 85
9.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO 86
9.2.1 Alternativa No. 1 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + sistema aerobio de lodos activados (LAC)+ Secundaria + desinfección + lechos de secado. 86
9.2.2 Alternativa No. 2 RAP+ Lodos activados (LAC)+ sedimentación secundaria+ Desinfección + lechos de secado 97
9.2.3 Alternativa No. 3 Lodos activados (LAC) en dos fases + sedimentación secundaria+ Desinfección + lechos de secado 107
9.3 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE DESINFECCIÓN 119
10 ÁREAS NECESARIAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS 122
11 COSTOS DE INVERSIÓN 123
11.1 INVERSIÓN TRATAMIENTO PRELIMINAR 123
11.2 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 1 FAFA+LAC 123
11.3 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 2 RAP+LAC 125
11.4 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 3 LAC FASE I +LAC FASE II 126
11.5 RESUMEN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN PARA LAS 3 ALTERNATIVAS 127

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12 COSTOS DE OPERACIÓN 129
12.1 COSTOS DE OPERACIÓN DE USO DE QUÍMICOS PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS 130
12.2 COSTOS OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LODOS PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS. 131
12.3 COSTOS OPERACIÓN PERSONAL DE TODAS LAS ALTERNATIVAS 132
12.4 RESUMEN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN 132
13 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS 134
13.1 ASPECTOS TÉCNICOS DE (0 a 15) 134
13.1.1. Exigencias operativas y de mantenimiento (0-15) 135
13.2. ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES (0-30) 136
13.2.1. Afectación Antrópica (0-10) 136
13.2.2. Afectación Biótica y Abiótica (0-10) 137
13.3. ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS (0-50) 138
13.3.1. Inversión Inicial 138
13.3.2. Costos de Operación (0-25) 138
13.3.3. Costos de Mantenimiento (0-5) 139
14 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA 139
14.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA 145
14.2 COMPATIBILIDAD CON LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y EL CUERPO RECEPTOR 145
14.3 VENTAJAS HIDRÁULICAS Y DE PROCESO 146
14.4 APROVECHAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA 147
14.5 CRITERIO FINAL DE SELECCIÓN 147
15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 149
16 BIBLIOGRAFÍA 152

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caudales de diseño para el tratamiento de aguas residuales 17
Tabla 2. Parámetros de Diseño 18
Tabla 3. Constituyentes de entrada y salida PTAR 19
Tabla 4. Tipos de rejillas 26
Tabla 5 Parámetro y criterios para el diseño desarenador 28
Tabla 6. Descripción de Procesos de Tratamientos Biológicos 35
Tabla 7. Procesos de Lodos Activados Ventajas y Limitaciones 50
Tabla 8. Ventaja y desventajas alternativa No. 1 52
Tabla 9 Ventaja y desventajas alternativa No. 2 59
Tabla 10 Procesos de Lodos Activados Ventajas y Limitaciones 66
Tabla 11 Caudales de Diseño Tratamiento de Aguas Residuales superiores a 30 L/s. 68
Tabla 12. Tiempo de Retención para Reactores RAP 71
Tabla 13. Parámetros de lodos activados 72
Tabla 14. Producción de Biosólidos y Frecuencia de Análisis 74
Tabla 15. Criterios de Diseño para Espesadores de Lodos por Gravedad 75
Tabla 16. Criterios de diseño para digestores anaeróbicos completamente mezclados 75
Tabla 17. Requerimientos de Área para Lechos de Secado a Cielo Abierto 75
Tabla 18 Dimensionamiento canal de aproximación 78
Tabla 19. Diseño rejilla gruesa 80
Tabla 20. Diseño rejillas media 81
Tabla 21. Diseño rejilla fina 82
Tabla 22 Resumen de perdidas en las rejillas del canal de cribado 83
Tabla 23 . Diseño desarenador 84
Tabla 24 Dimensionamiento Trampa de Grasas 85
Tabla 25. Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA 87
Tabla 26. Producción de biogás FAFA 88
Tabla 27. Diseño Reactor Aerobio LAC 90
Tabla 28. Dimensionamiento sedimentador secundario 93

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 29. Dimensionamiento deshidratación de lodos 95
Tabla 30. Dimensionamiento RAP 97
Tabla 31. Dimensionamiento Reactor lodos activados 100
Tabla 32. Dimensionamiento sedimentador secundario 104
Tabla 33. Dimensionamiento lechos de secado 106
Tabla 34. Dimensionamiento LAC primera fase I 108
Tabla 35. Dimensionamiento Reactor lodos activados 112
Tabla 36. Dimensionamiento sedimentador secundario 116
Tabla 37. Dimensionamiento lechos de secado 118
Tabla 38. Dimensionamiento cámara de contacto de cloro 120
Tabla 39 Áreas de ocupación de las estructuras por alternativa 122
Tabla 40. Inversión tratamiento preliminar 123
Tabla 41. Inversión obra civil alternativa No.1. FAFA+ LAC 123
Tabla 42. Inversión equipamiento Alternativa No. 1 FAFA+ LAC 124
Tabla 43. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 1 FAFA+ LAC 124
Tabla 44. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 1 FAFA+ LAC 124
Tabla 45. Inversión obra civil alternativa No.2. RAP+LAC 125
Tabla 46. Inversión equipamiento Alternativa No. 2 RAP+LAC 125
Tabla 47. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 2 RAP+LAC 125
Tabla 48. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 2 rap Lodos activados 126
Tabla 491.1 Inversión obra civil alternativa No.3 FASE I +LAC FASE II 126
Tabla 50. Inversión equipamiento Alternativa No. 3 LAC I+LAC II 126
Tabla 51. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 3 LAC I + LAC II 127
Tabla 52. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 3 LAC I + LAC II 127
Tabla 53. Resumen de costos de inversión (CAPEX) alternativas 128
Tabla 54. Costos y consumos de energía Alternativa No. 1 129
Tabla 55. Costos de operación de energía Alternativa No. 2 129
Tabla 56 Costos de operación de energía Alternativa No. 3 130
Tabla 58. Costos de productos químicos para las 2 alternativas 131

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 59. Producción y Costos de Manejo de Lodos por Alternativa.....131
Tabla 60. Costos de personal y control para las 3 alternativas 132
Tabla 61. Resumen general por mes y por m3 132
Tabla 62. Matriz de evaluación 140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapa de alternativas del Proyecto.....16
Figura 2. Cuenca alta Río Bogotá.....20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ejemplo de un Tratamiento Preliminar 25
Ilustración 2. Ejemplo de Rejillas manuales 26
Ilustración 3. Ejemplo rejillas mecánicas.....27
Ilustración 4. Coeficientes de pérdida según la forma de la barra 27
Ilustración 5. Ejemplo de desarenador.....29
Ilustración 6. Ejemplo de un vertedero sutro 29
Ilustración 7 Ejemplo Trampa de grasas.....30
Ilustración 8. Ejemplo de pozo de bombeo 31
Ilustración 9. Ejemplo de un tanque de Lodos Activados 41
Ilustración 10 Sedimentador secundario 44
Ilustración 11 tanque de contacto de cloro.....44
Ilustración 12 Lechos de secado.....45
Ilustración 13. Alternativa No. 1 FAFA+LAC 47
Ilustración 14. Alternativa No. 2 RAP+ Lodos activados.....56
Ilustración 17. Alternativa No. 3 Lodos activados.....63
Ilustración 16. Vista en corte tratamiento preliminar.....86
Ilustración 16 Planta general alternativa 1 FAFA + LAC 96
Ilustración 18 Implantación PTAR alternativa 2 RAP +LAC.....107
Ilustración 18 Implantación PTAR alternativa 3 Lodos activados LAC 119

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

1 INTRODUCCIÓN

Desarrollando la metodología del proyecto de diseño de la PTAR, en una primera fase se desarrolló el diagnóstico cuyo objeto principal es poder conocer las características generales del municipio, identificar el problema y obtener los parámetros de diseño para la planta de tratamiento de agua residual PTAR del Olivo, con base en estos se contempla el dimensionamiento y análisis de alternativas. En esta fase se aborda la identificación, planteamiento y análisis de aspectos técnicos, institucionales, económicos, financieros, ambientales y legales necesarios para evaluar y comparar varias alternativas de solución, escoger la alternativa más conveniente para realizar el diseño definitivo de la alternativa seleccionada.

Una vez definidos los parámetros de diseño establecidos en el informe de diagnóstico de la PTAR del municipio, se procede a evaluar las características de las aguas residuales de entrada y a analizar las diferentes tecnologías de tratamiento aplicables que permitan que el vertimiento cumpla con lo establecido en la normatividad ambiental.

Estas alternativas se valorarán mediante una matriz de evaluación que deberá considerar aspectos técnicos, ambientales y económicos, con el fin de determinar la opción más adecuada para garantizar una solución eficiente y sostenible al tratamiento de las aguas residuales generadas por el centro poblado el olivo y el sector del castillo del municipio de Cogua el cual deberá ser tratado por la PTAR del Olivo.

Para esta fase del proyecto se analizarán dos alternativas de tratamiento, cuyas tecnologías y procesos presentan el potencial de cumplir con las eficiencias requeridas para garantizar que el vertimiento cumpla con los objetivos de calidad establecidos en el Acuerdo No. 17 de 2020 y con los límites máximos permisibles definidos en la Resolución 0631 de 2015. Las alternativas son las siguientes:

El planteamiento de alternativas esta basado en el aprovechamiento de las estructuras existentes

1. Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + Lodos activados (LAC)

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

2. Reactor anaerobio de flujo a pisto (RAP)+Lodos activados (LAC)
3. Lodos activados por aireación extendida en dos fases

Se presentan tres alternativas, puesto se plantea reusar los tanques existentes y las tecnologías de FAFA , RAP y lodos activados LAC que se pueden ajustar o usar de acuerdo a la dimensiones y tipología de estos, en las tres alternativas se utilizaran los tanques anaerobios existentes de acuerdo a la alternativa pero las tres al final su pulimento será de lodos activados para poder logra las eficiencias por arriba del 95% en remoción de carga y poder lograr los objetivos calidad del vertimiento a la quebrada ojo de agua

Las alternativas llevaran su proceso de sedimentación, desinfección, manejo de lodos y subproductos. En este informe se describen sus ventajas y desventajas enmarcadas dentro las eficiencias, confiabilidad del proceso, comparación de áreas ocupadas, costos de operación e inversión y demás variables, que nos permitan analizar, evaluar y calificar estas alternativas, para seleccionar la más adecuada y solucionar el problema del tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Cogua en el sector del Olivo.

Es importante resaltar que, para los diseños de cada una de las alternativas, se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017, la cual fue modificada por las Resoluciones 0799 y 0908 de 2021.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

2 JUSTIFICACIÓN

Es indispensable que, en la formulación de proyectos para el tratamiento de aguas residuales domésticas municipales, se lleve a cabo un análisis riguroso de las características del afluente, así como el diseño detallado de cada una de las estructuras que conforman el sistema. Este proceso debe desarrollarse bajo un enfoque integral de la gestión del recurso hídrico, incorporando criterios de viabilidad técnica, económica, ambiental e institucional, de manera que el sistema de tratamiento seleccionado sea susceptible de implementación exitosa y garantice su sostenibilidad en el tiempo.

Los dimensionamientos, cálculos y diseños presentados en este documento tienen como propósito dar respuesta a la problemática identificada durante la fase de diagnóstico. En este sentido, el informe establece la alternativa tecnológica más eficiente y costo-efectiva, en concordancia con las características del vertimiento, el contexto sociodemográfico y la capacidad financiera del municipio.

A partir de la evaluación técnica de alternativas, se selecciona la solución óptima para su desarrollo a nivel de diseño detallado, asegurando que el proyecto se articule con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y que sea plenamente operable por la administración municipal o la empresa prestadora de servicios públicos. Las tecnologías propuestas corresponden a sistemas de tratamiento con eficiencia comprobada, validados en diversas condiciones operativas a nivel nacional.

Que el proyecto a implementar con base en las alternativas planteadas se seleccione la más adecuada para su diseño final y que se enmarque en un proyecto de desarrollo sostenible y pueda ser operado de forma adecuada por la administración municipal o la empresa de servicios públicos operadora.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

3 ANTECEDENTES

El municipio de Cogua cuenta con doce (12) sistemas de tratamiento de aguas residuales comprendidos entre STAR, Reactores, Reactores, Lagunas facultativas y pozos sépticos. Actualmente el área comprendida por el Olivo en el sector Autopista cuenta con una STAR con pozos sépticos, filtros anaerobios de flujo ascendente y una laguna facultativa, con un tratamiento de lodos mediante lechos de secado, la actual STAR tiene una capacidad de tratamiento de 1 LPS y vierten a un sistema de vallados que desembocan al antiguo cauce de la acequia Aguas Calientes y continúa bajando hasta el río Neusa.

El sistema existente no dispone de la capacidad hidráulica necesaria para atender la demanda actual de tratamiento de aguas residuales en el área de influencia. En particular, debe considerarse el aporte de caudales provenientes del sector El Olivo, así como del sector La Quinta, lo que representa un caudal total estimado de 3,65 L/s.

Adicionalmente, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) no ha recibido el mantenimiento requerido, y varias de sus estructuras presentan condiciones operativas deficientes. Como consecuencia, aunque el agua residual ingresa al sistema, no se está garantizando un tratamiento adecuado ni el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos.

En este contexto, se hace necesario desarrollar el diseño de un nuevo sistema de tratamiento que sirva como base para la posterior construcción de una solución técnica óptima, acorde con las condiciones identificadas en la presente fase de estudios y diseños.

Para ello, se consideran criterios de viabilidad técnica, económica, ambiental e institucional, con el fin de asegurar que las alternativas seleccionadas puedan ser implementadas de manera efectiva y sostenible en el tiempo. En este sentido, se plantea la evaluación de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales, fundamentadas en la experiencia de la presente consultoría, priorizando aquellas que cuentan con antecedentes de aplicación en el país, evidencias de buen desempeño operativo, cumplimiento de las eficiencias

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

requeridas, facilidad de operación y costos de operación acordes con su funcionalidad, promoviendo así soluciones sostenibles.

Con base en lo anterior, en el presente informe se presentan los dimensionamientos, análisis y selección de alternativas para la planta de tratamiento de aguas residuales, en los cuales se han considerado los aspectos antes mencionados teniendo en cuenta que se proyecta realizar el nuevo vertimiento directamente al Río Neusa y este desemboca en el Río Bogotá, haciendo parte de los involucrados en la contaminación del mismo, y responsables de cumplir con lo establecido en el acuerdo 17 de 2020 en cuanto a los objetivos de calidad de agua establecidos para la recuperación del cuerpo de agua, la cual nuestro vertimiento se encuentra en un tramo CLASE II

“El cuerpo receptor de los vertimientos proyectados corresponde al río Neusa, en la subcuenca del río Neusa, tramo comprendido desde la descarga del Embalse del Neusa hasta su desembocadura en el río Bogotá; de acuerdo con los objetivos de calidad establecidos para la cuenca del río Bogotá, dicho tramo corresponde a Clase II.”

Finalmente, la **Clase II** define el objetivo de calidad del cuerpo receptor. Los límites de calidad del efluente de la PTAR deben verificarse adicionalmente contra la **Resolución 0631 de 2015**, el permiso de vertimiento de la CAR y las condiciones específicas que resulten del PSMV/modelación o capacidad de asimilación aplicable. La Resolución 0631 establece parámetros y límites máximos permisibles para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y alcantarillado público.

.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Encontrar la alternativa del sistema de tratamiento más adecuado con base en el dimensionamiento de cada una de las unidades de proceso de las alternativas planteadas, basados en aspectos técnicos, ambientales, económicos, sociales, institucionales, legales y de desarrollo sostenible.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el proceso de tratamiento de cada una de las alternativas propuestas y realizar el dimensionamiento de las mismas.
- Definir desde el punto de vista de tecnología cual es la alternativa más conveniente para la PTAR del Area de influencia del Olivo que cumpla con la normatividad existente y objetivos de calidad de la fuente receptora.
- Dimensionar las alternativas teniendo en cuenta que en un futuro puedan cambiar la normatividad ambiental, siendo más exigentes en cuanto eficiencias o nuevos parámetros como remoción de Nitrógeno y fosforo, y se requiera en su momento la implementación de nuevas estructuras
- Calcular costos de inversión y operación de cada una de las alternativas.
- Conocer el área que ocupa cada una de las alternativas.
- Definir cuál es la mejor alternativa para desarrollar los diseños definitivos de la PTAR.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

5 METODOLOGÍA

La metodología que se ha empleado en el proyecto para la fase de alternativas es la establecida por el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS la cual se adopta por la Resolución 0330 del 2017 y 0799 del 2021, que ha sido reglamentada por el MAVDT.

La metodología desarrollada está dirigida a cumplir con los objetivos específicos del estudio, los cuales se nombran a continuación:

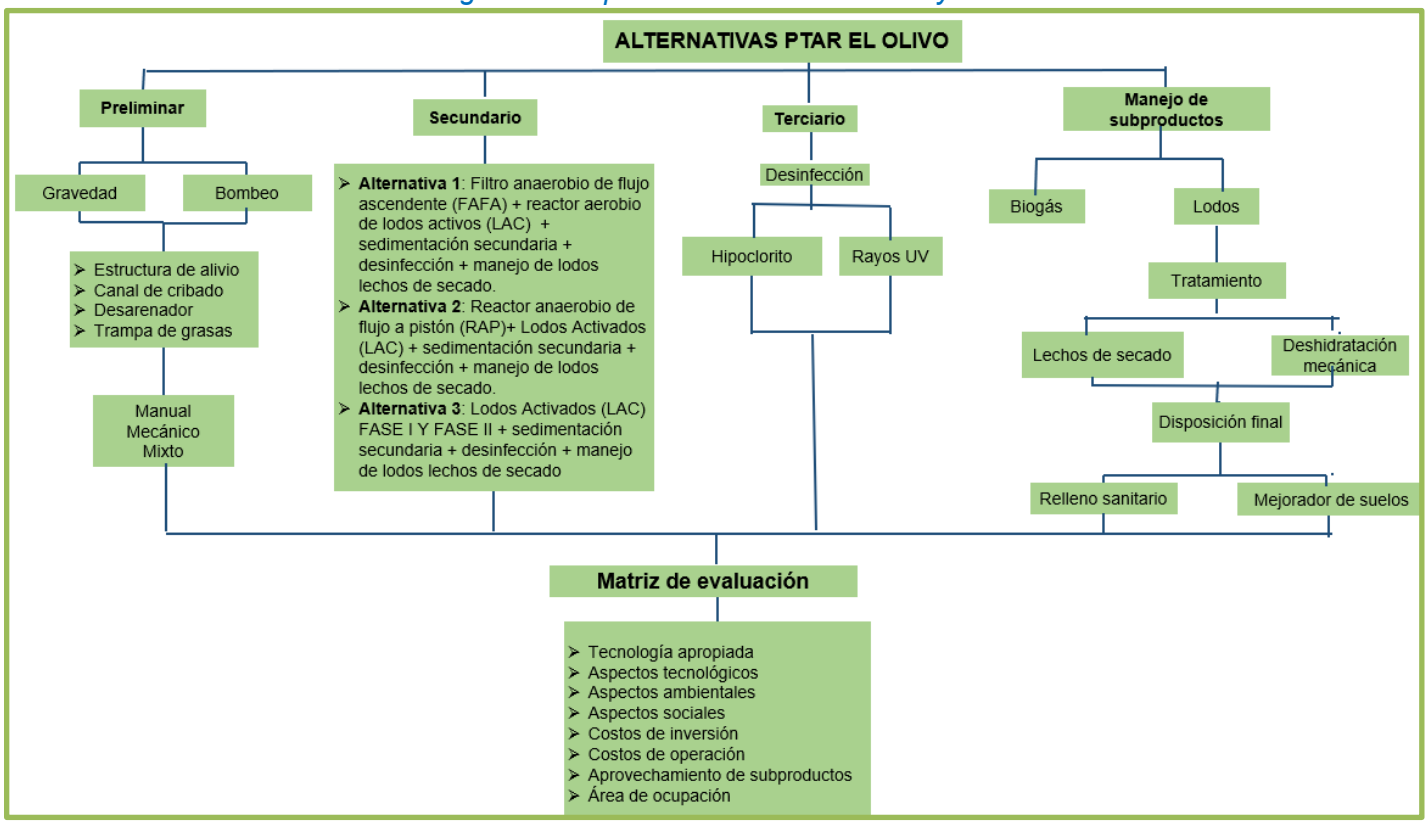
1. Recopilación, validación y análisis de información existente;
2. Uso de la corriente receptora de los vertimientos, y balance de la contaminación;
3. Determinación de parámetros de diseño para el tratamiento de las aguas servidas;
4. Diagnóstico de la situación actual de saneamiento del área del proyecto;
5. Planteamiento, evaluación, análisis y selección de la alternativa óptima para el tratamiento de las aguas residuales.
6. Diseños básicos y detallados para la construcción de la PTAR.

Una vez terminada la fase de diagnóstico, en el cual se obtienen los parámetros de diseño en cuanto a caudales y constituyentes de entrada y salida se desarrollará la metodología expuesta en la siguiente figura para poder determinar los componentes de la matriz de evaluación y calificación para las alternativas dimensionadas.

Como producto final de la fase de Alternativas se obtendrá el dimensionamiento de todas las unidades de tratamiento que conforman cada una de las alternativas, y con base en ello poder obtener los diferentes componentes de la matriz de evaluación para analizar y seleccionar la alternativa más adecuada para el diseño final de la planta de tratamiento.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Figura 1. Etapa de alternativas del Proyecto



Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

6 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO

A continuación, se presentan los parámetros de diseño resultantes de la fase de diagnóstico, los cuales se obtuvieron y analizaron en el capítulo parámetros de diseño del informe de diagnóstico.

6.1 CAUDAL DE DISEÑO

Para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de aguas residuales, se tendrá en cuenta lo dispuesto por la Resolución 0330 de 2017 que fue modificada por la Resolución 0799 de 2021 y que a su vez fue modificada por la Resolución 0908 de 2021.

Tabla 1. Caudales de diseño para el tratamiento de aguas residuales

Caudal	Descripción	Aplicación
Caudal medio de diseño	Caudal medio diario de capacidad de la PTAR	-Caudal medio de referencia. -Caudal de diseño de unidades de tanques sépticos. -Sistemas lagunares.
Caudal máximo horario	Máximo volumen en una hora, identificado en los registros estudiados	-Dimensionamiento de sistemas de bombeo, procesos físicos (desarenadores, cribados, trampa de grasas y sedimentadores primarios y secundarios). -Desarrollo de estrategias operativas. -Conductos de interconexión de unidades de proceso.
Caudal máximo diario	Máximo volumen en un día, identificado en los registros estudiados	-Dimensionamiento de tanques de regulación. -Dimensionamiento de sistemas de bombeo de lodos. -Dimensionamiento de dosificación química.
Caudal máximo mensual	Caudal promedio diario para el mes con el mayor volumen mensual identificado en los registros estudiados	-Dimensionamiento de biorreactores. -Dimensionamiento del almacenamiento de químicos.

Fuente: Resolución 0799 de 2021

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 2. Parámetros de Diseño

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021				
PARÁMETROS DE ENTRADA Y SALIDA DE LA PTAR				
PARAMETROS DE DISEÑO				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIGLA**	**FORMULA**
POBLACION SERVIDA	HAB 2025	676	P_U	
CONSUMO AGUA/HAB.	LTS/HAB-DIA	120,00	Dneta	
TASA DE RETORNO	%	85,00	CR	
TASA CRECIMIENTO	%	0,02	r	$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1$
AÑOS PROYECCION	AÑOS	27,00	N	
POBLACION PROYECTADA AÑO 2052	HABITANTES	1.236	Pf	$P_f = P_{uc}(1+r)^{T_f - T_{uc}}$
POBLACION FLOTANTE 13%	HABITANTES	161	Pflot	$P_{flot.} = P * 0.20$
POBLACIÓN COMERCIAL	HABITANTES	142		
POBLACION TOTAL	HABITANTES	1.539		
CAUDAL DOMESTICO QD (L/S)	l/s	1,22	QD	$Qd = \frac{CR * Pf * DNeta}{86400}$
CAUDAL MEDIO DIARIO T SECO	l/s	1,22	Qmd	Qmd =Qindust +Q comer+$QDoméstico$
INFILTRACION	l/s-Ha	0,10	CI	
AREA DE INFILTRACIÓN	Ha	4,71	A	
CAUDAL POR INFILTRACIÓN	l/s	0,47	Qinf	$Q_{inf} = A_{inf} * 0.1 \frac{L}{s} ha$
CAUDAL MEDIO DIARIO DE DISEÑO	l/s	1,74	QmdD	$Q_{mdD} = Q_{md} + Q_{INF}$
FACTOR MÁXIMO HORARIO		3,98	F_{MH}	Se debe dar cumplimiento a la interpolación de la tabla 23 del artículo 166 de la Res 330/2017, que fue modificada parcialmente por la Res 799/2021
FACTOR MÁXIMO DIARIO		2,98	F_{MD}	
FACTOR MÁXIMO MENSUAL		1,70	F_{MM}	
CAUDAL MÁXIMO HORARIO	L/s	5,07	QMH	$QMH = (Q_{AR} * K_{QMH}) + Q_{INF}$
CAUDAL MÁXIMO DIARIO	L/s	3,92	QMD	$QMD = (Q_{AR} * K_{QMD}) + Q_{INF}$
CAUDAL MÁXIMO MENSUAL	L/s	2,45	QMM	$QMM = (Q_{AR} * K_{QMM}) + Q_{INF}$
CAUDAL DE DISEÑO (Resolución 799 de 2021)	L/s	3,65	QMM_D	Tres veces el caudal medio diario en tiempo seco
DBO AFLUENTE	mg/L	292,00	DBO_{in}	Dato Caracterizaciones
CARGA DBO	Kg/dia	92,085	CCDBO	$C\ DBO = \frac{(QMM * Co * 86400)}{1000000}$
DQO AFLUENTE	mg/L	310	DQO_{in}	
CARGA DQO	Kg/dia	97,76	CCDQO	$C\ DQO = \frac{(QMM * Co * 86400)}{1000000}$
SST AFLUENTE	mg/L	144,00	SST_{in}	
CARGA SST	Kg/dia	45,41	CCSST	$C\ SST = \frac{QMM*Co*86400}{1000000}$
N AFLUENTE	mg/L	40,00	N_{in}	Valor teórico
CARGA N	Kg/dia	12,61	CCN	$C\ N = \frac{QMM*Co*24}{1000}$
P AFLUENTE	mg/L	10,00	P_{in}	Valor teórico
CARGA P	Kg/dia	3,15	CCP	$C\ P = \frac{QMM*Co*24}{1000}$
TEMPERATURA	°C	18,22	T°	-

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

6.2 CONSTITUYENTES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA PTAR

Para el dimensionamiento de alternativas y diseño definitivo, se toman las constituyentes de entrada y de salida establecidas en la fase de diagnóstico; los cuales se muestran en la Tabla 3. Constituyentes de entrada y salida PTAR.

Tabla 3. Constituyentes de entrada y salida PTAR

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES			
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO			
DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021			
PARÁMETROS DE ENTRADA Y SALIDA DE LA PTAR			
PARAMETROS	**UNIDAD**	**ENTRADA**	**OBJETIVOS DE CALIDAD CLASE II**
DBO	mg/L	292,00	7
DQO	mg/L	310	15
Sólidos suspendidos totales	mg/L	144,0	10
pH	U de pH	7,07	6-9
A y G	mg/L	20	20

Fuente: Consultoría y Acuerdo No. 17 del 2020.

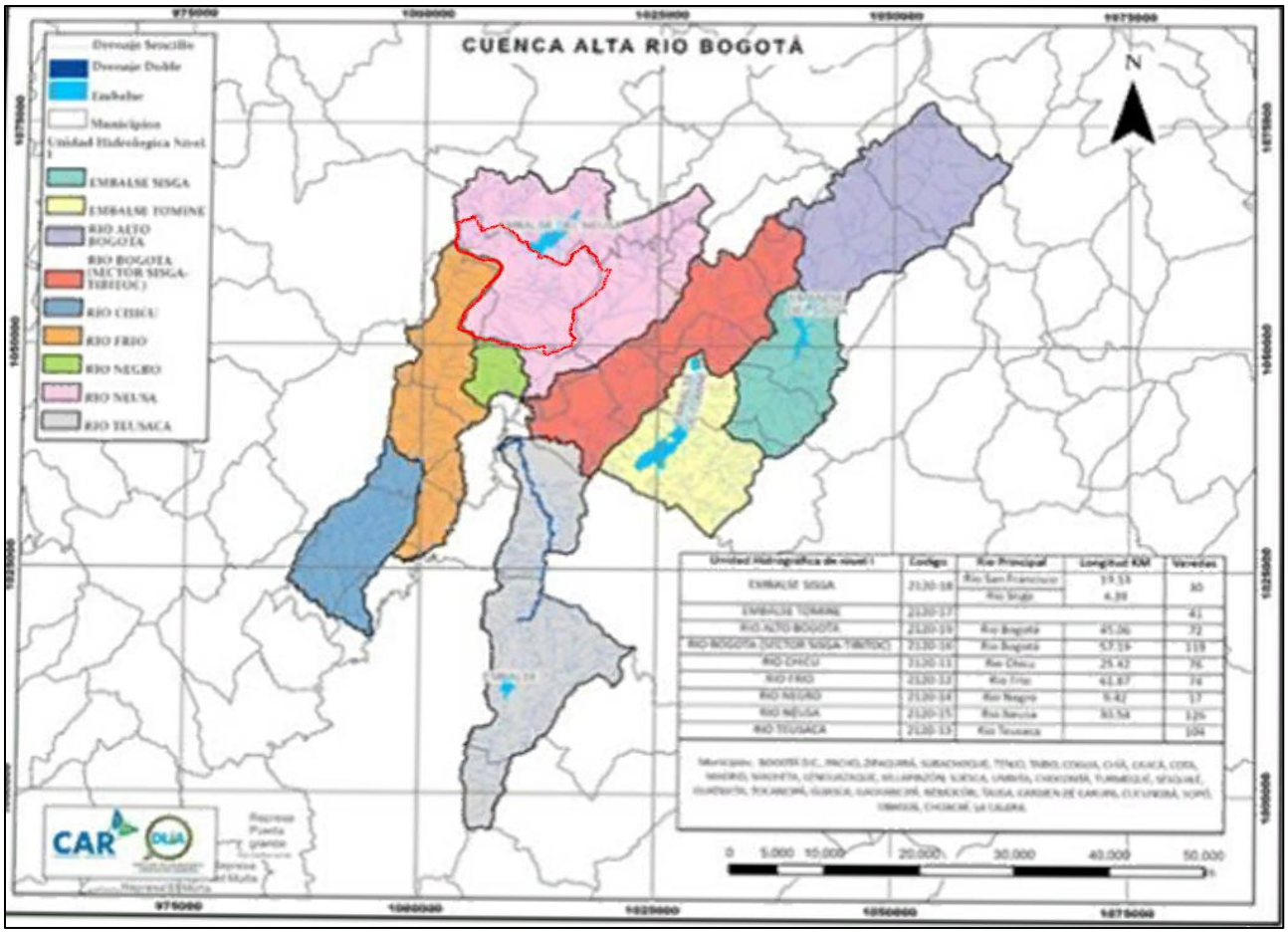
La PTAR diseñada deberá garantizar, a través de su sistema de tratamiento, el cumplimiento de los objetivos de calidad correspondientes a la clase II, establecidos por la Corporación Ambiental en el Acuerdo No. 17 de 2020; no obstante, si bien este acuerdo no relaciona los valores de grasas y aceites ni tampoco, establece valores para el parámetro de DQO, estos dos son tomados en cuenta con base a la resolución 0631 de 2015, artículo 8, los cuales permiten tener una referencia de salida para cumplir en el sistema de tratamiento a proponer.

Se establecen los objetivos de calidad correspondientes a la clase II, teniendo en cuenta que el Río Neusa y el municipio de Cogua se encuentran ubicados dentro de la cuenca alta del

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Río Bogotá, como se muestra en la Figura No. 6. En dicha figura, la delimitación del municipio de Cogua se representa con un croquis en color rojo.

Figura 2. Cuenca alta Río Bogotá



Fuente: Acuerdo No. 17 de 2020.

7 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS A ESTUDIAR

Para la selección de alternativas consideradas en el dimensionamiento, se tuvieron en cuenta criterios relevantes en los aspectos técnicos, ambientales, económicos y de desarrollo sostenible, los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Tecnologías que logren eficiencias mayores al 90%
- ✓ Lograr eficiencias en el tratamiento que cumplan con los objetivos de calidad exigidos a la fuente receptora (DBO ≤7 mg/l y DQO ≤15 mg/l)
- ✓ Tecnologías que ocupan pocas áreas comparadas con otras (Sistemas Lagunares)
- ✓ Costos de operación moderados a las inversiones, exigencias y eficiencias del tratamiento
- ✓ Sistemas de tratamiento probados a nivel mundial y nacional
- ✓ Sistemas de tratamiento ya implementados en algunos municipios de Colombia

  Reactor anaerobio de flujo a pistón RAP: San Martín de los Llanos, Castilla La Nueva, San Lorenzo, Restrepo sector Caño Seco, Chichimene, Internado Granja Iracá;

  Lodos activados LAC: PTAR Salitre Bogotá, PTAR los patos Tocancipá, Puerto López; entre otros

  Filtros anaerobios de flujo ascendente FAFA: Quipile, San Carlos y San Roque (Antioquia)
- ✓ Sistemas de tratamiento con de fácil operación y mantenimiento
- ✓ Sistemas de baja vulnerabilidad a fenómenos naturales
- ✓ Permiten incluir manejos paisajísticos para mitigar el impacto visual
- ✓ Tecnologías de Desarrollo Sostenible
- ✓ Permite incorporar las tecnologías en la economía naranja (Energía y Abono)

La revisión de referentes nacionales permite establecer que, para municipios con cargas domésticas predominantes y requerimientos altos de remoción, los trenes de tratamiento biológico mixto presentan ventajas frente a sistemas exclusivamente anaerobios o exclusivamente aerobios. Los procesos anaerobios, como FAFA, RAFA, UASB o RAP,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

permiten reducir una fracción importante de la carga orgánica con bajo consumo energético y menor producción de lodos; sin embargo, normalmente requieren una etapa posterior de pulimento para alcanzar mejores condiciones de vertimiento. Por su parte, los sistemas aerobios de lodos activados o aireación extendida permiten mejorar la remoción de DBO, SST y nutrientes, aunque demandan mayor control operacional y energía. En consecuencia, para la PTAR El Olivo resulta técnicamente pertinente evaluar alternativas de tratamiento mixto anaerobio-aerobio, integrando una etapa anaerobia de alta eficiencia con una etapa aerobia de pulimento, de forma que se logre un equilibrio entre eficiencia de remoción, confiabilidad operacional, área requerida y sostenibilidad de costos de operación.

Para el presente proyecto se analizará cada uno de los procesos de punta aplicables a esta clase de tratamiento que cumplan con lograr eficiencias en remoción de carga de DBO superiores al 95%.
El tratamiento biológico de las aguas residuales se realiza mediante procedimientos aerobios o anaerobios, ya sea que el proceso de digestión se efectúe en presencia de oxígeno o no; por otra parte, dependiendo del lugar que ocupe la biomasa en los digestores, se determina un tratamiento biológico en medio suspendido o en lecho fijo.

Los procesos de tratamiento estudiados para el presente proyecto son los que se indican a continuación, con base en las cuales se ha de realizar el análisis para la recomendación final de la solución óptima, según su funcionalidad, economía y consideración de algunos aspectos de importancia ambiental, todas ellas con base en que cumplan con las eficiencias exigidas por la autoridad ambiental

De acuerdo con el proceso utilizado, una PTAR debe contar con las siguientes unidades de procesos de tratamiento:

- ✓ Pretratamientos (estructura de alivio, cribado, desarenado, trampas grasas, pozo de bombeo)
- ✓ Tratamiento secundario (Procesos anaerobio o aerobios seguido de sedimentadores secundarios).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- ✓ Tratamientos terciarios (desinfección)
- ✓ Manejo de subproductos (lodos y biogás)

Para los dimensionamientos de cada una de las unidades anteriores se tendrá en cuenta los caudales de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 y 0799 del 2021. Así como, las prácticas de la buena ingeniería plasmados en la Resolución 1096 del año 2000 en el título E que, si bien ya está derogado, cuenta con información técnica para el diseño de PTAR's que no se encuentran en el nuevo RAS.

De acuerdo con lo anterior, se plantea que el tratamiento preliminar será único para las dos alternativas, este estará compuesto por un canal de rejillas (gruesa, media y fina) y un desarenador de dos canales, cada uno con capacidad de caudal máximo de 3.65 LPS.

Para cada una de las alternativas, el tratamiento secundario terciario se realizará a través de dos módulos, cada uno para un caudal de 1,83 LPS que la suma de los dos nos da el caudal de diseño de acuerdo a la resolución 799 del 2021 de 3,65 LPS.

El sistema de deshidratación de lodos resultantes del proceso será uno solo después de las unidades de espesamiento de cada módulo. El sistema de quemado de biogás será también único para la producción de biogás producido por los dos módulos.

Para los análisis de costos de inversión hay obras comunes para cada módulo de la PTAR tales como obras de cerramiento, paisajismo, manejo de aguas lluvias, alcantarillado de llegada, línea de flujo del agua tratada hasta el Río Bogotá.

Las tecnologías de tratamiento estudiadas para el presente proyecto son las que se indican a continuación, con base en las cuales se ha de realizar el análisis para la recomendación final de la solución óptima, según su funcionalidad, economía, aplicación regional, y consideración de algunos aspectos de importancia ambiental.

Las alternativas a dimensionar y analizar son las que se muestran a continuación:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- **Alternativa 1**: Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + reactor aerobio de lodos activos (LAC) + sedimentación secundaria + desinfección + manejo de lodos lechos de secado.
- **Alternativa 2**: Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP)+ Lodos Activados (LAC) + sedimentación secundaria + desinfección + manejo de lodos lechos de secado.
- **Alternativa 3**: Lodos Activados (LAC) + sedimentación secundaria + desinfección + manejo de lodos lechos de secado., Reactor aerobio de lodos activados en dos fases fase I aprovechamiento de los tanques existentes y fase II complementación del sistema de aireación

7.1 CATEGORÍAS DE TRATAMIENTO

De acuerdo con la tecnología a implementar, en el dimensionamiento de la PTAR, pueden ser previstas 4 categorías de tratamiento de aguas residuales: preliminar, primario, secundario y terciario.

Un pretratamiento adecuado del agua residual antes del sistema secundario o biológico es esencial para una operación exitosa del sistema de tratamiento a largo plazo. El tratamiento preliminar debe eliminar residuos gruesos y finos, arenas, por ello en el sistema contemplado para el presente proyecto se incluye:

- Cribado (cribado grueso, medio y fino)
- Desarenador, eliminación de arenas
- Trampa de grasas

7.2 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Esta etapa del tratamiento se incluirá en cada una de las alternativas pre dimensionadas para poder establecer los costos de inversión. Esta unidad de tratamiento será utilizada para cualquier alternativa seleccionada, cabe resaltar que para el componente de presupuestos se

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

contempla que todos los elementos sumergidos serán en acero inoxidable 304 para garantizar larga duración y bajos costos de mantenimiento.

Ilustración 1. Ejemplo de un Tratamiento Preliminar



Fuente: Consultoría

El tratamiento preliminar que ha de adaptarse a la tecnología contará básicamente con los siguientes elementos, aunque pueden incluirse elementos suplementarios:

- Rejillas manuales
- Desarenadores
- Medidor de flujo (vertedero sutro).
- Trampa de grasas

7.2.1 Rejillas

Esta unidad está compuesta por barras metálicas paralelas y con un espaciamiento determinado. Según el tamaño del espaciamiento se pueden clasificar en gruesas, medias o

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

finas, lo que influye en su capacidad para retener sólidos de diferentes tamaños, estos tipos se pueden determinar cómo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de rejillas

Tipo de rejillas	Ancho de barrotes
Rejas gruesas	Entre 4 a 10 cm
Rejas medias	Entre 2 y < 4 cm
Rejas finas	Entre 1 y < 2 cm

Fuente: Resolución 0330 del 2017

La limpieza de estas rejillas se puede realizar de forma manual o automática. Donde la limpieza manual es donde el operador la realiza con un rastrillo retirando los sólidos atrapados.

En cambio, la rejilla de limpieza automática es mediante un cable de acero o una cadena que lleva un rastrillo realizando la limpieza y depositando automáticamente los sólidos en un recipiente.

Ilustración 2. Ejemplo de Rejillas manuales



Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 3. Ejemplo rejillas mecánicas



Fuente: Consultoría

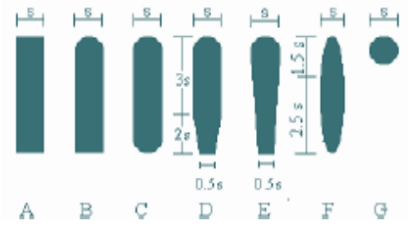
Según el RAS 2000, Título E (Tratamiento de Aguas Residuales), el cual fue derogado por el artículo 258 de la Resolución 0330 de 2017, indica los coeficientes de pérdida para las rejillas y demás criterios de diseño para los sistemas de cribado, como se puede evidenciar en la Ilustración No. 5.

Ilustración 4. Coeficientes de pérdida según la forma de la barra

Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

FIGURA E.4.1
Diferentes formas de rejillas



Fuente: RAS 2000, sección II, la cual fue derogada por el artículo 258 de la Resolución 0330 de 2017.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.2.2 Desarenador

Esta unidad debe ubicarse según la Resolución 0330 del 2017 después de las rejillas y antes de la sedimentación primaria o estaciones de bombeo.

Este proceso tiene como objeto separar el agua cruda de la arena y partículas en suspensión gruesas evitando sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento y protegiendo las bombas de abrasión.

Para el presente proyecto se han dimensionado dos canales cada uno para la capacidad máxima de diseño de la PTAR, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes parámetros de diseño establecidos en el dimensionamiento de las alternativas:

Tabla 5 Parámetro y criterios para el diseño desarenador

Parámetros	Rangos/especificaciones
Velocidad de decantación	0,03 m/s
Velocidad horizontal	0,3 m/s
Numero de desarenadores	Un mínimo de dos unidades cada unidad debe tener la capacidad para operar a la mitad de los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza.
Estructuras de control de caudal	Vertederos tipo Sutro o proporcional y canaleta Parshall al final de todo el sistema

Fuente: Resolución 0330 de 2017

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores se realizó el dimensionamiento para dos (2) canales, uno (1) en uso y uno (1) en stand by.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 5. Ejemplo de desarenador



Fuente: Consultoría

7.2.3 Vertedero sutro

También es conocido como vertedero proporcional, se instalará con el doble objetivo de medir los caudales de entrada a la planta y como sección de control para mantener constante la velocidad del flujo aguas arriba, permitiendo el control ante las variaciones de caudal a la entrada.

Ilustración 6. Ejemplo de un vertedero sutro



Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.2.1 Trampas grasas

Esta unidad de tratamiento se deberá dimensionar para la remoción de grasas la cual es indispensable antes de los tratamientos biológicos, en especial para los sistemas anaerobios, ya que estas pueden ocasionar dificultades en el tratamiento.

Ilustración 7 Ejemplo Trampa de grasas



Fuente: Consultoría

7.2.2 Pozo de bombeo inicial

Esta unidad cumple la función de alimentación a las unidades de tratamiento secundario, la cual deberá tener un tiempo de retención adecuado, para proveer un caudal constante, o de volumen constante, para igualar características del influente como acidez, alcalinidad y pH. El volumen debe estimarse y diseñarse para lograr mezcla adecuada y amortiguar la concentración de las cargas afluentes. Es indispensable en los procesos que requieran de mínima variabilidad en el afluente.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

En el caso del Olivo, operara como tanque de paso entre los sistemas FAFA y RAP a los sistemas aerobios, debido a la distribución de los tanques actuales los cuales se usaran dentro de los procesos propuestos.

Ilustración 8. Ejemplo de pozo de bombeo



Fuente: Consultoría

7.3 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS BIOLÓGICOS DE LAS ALTERNATIVAS

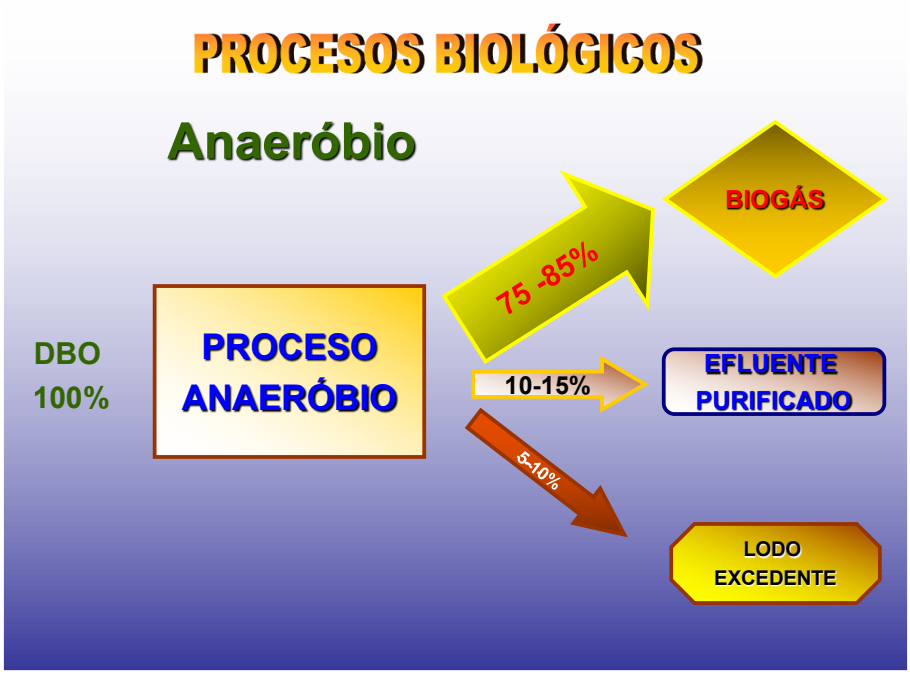
El tratamiento biológico de las aguas residuales se realiza mediante procedimientos anaerobios o aerobios ya sea que el proceso de digestión se efectúe en presencia de oxígeno o no; por otra parte, dependiendo del lugar que ocupe la biomasa en los digestores, se determina un tratamiento biológico en medio suspendido o en lecho fijo.

A continuación, se proponen alternativas de solución correspondientes a tecnologías actualizadas y de eficiencias conocidas tanto a nivel nacional como internacional, como complemento del análisis inicial efectuado.

Para el presente proyecto es importante conocer las ventajas de cada uno de los procesos aerobio, anaerobio y la combinación de estos procesos

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Figura 1 Procesos biológicos anaerobios

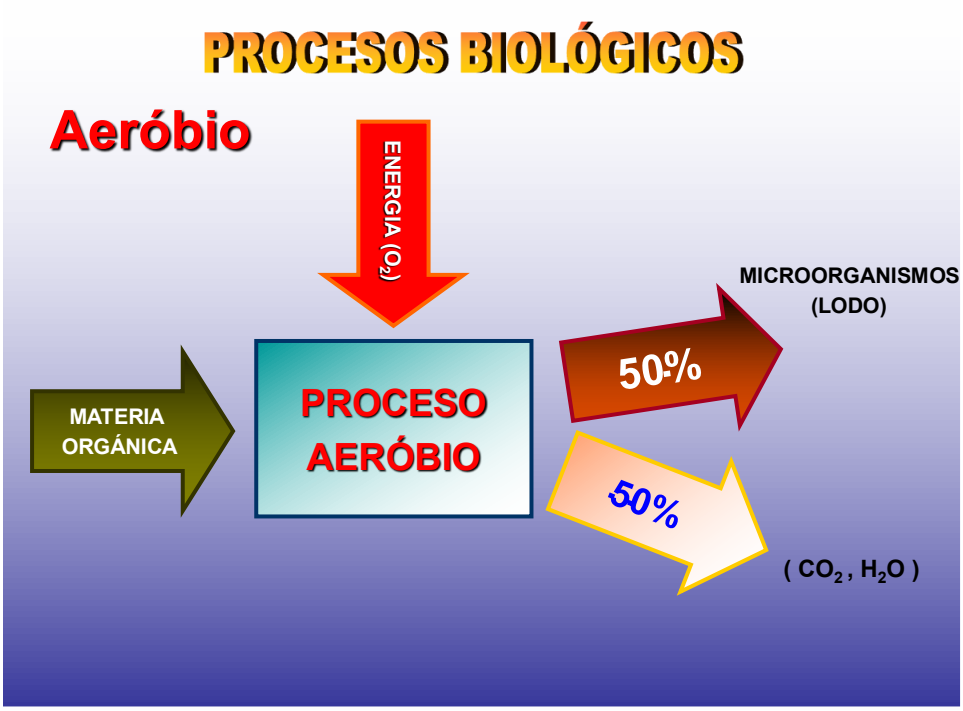


Fuente la consultoría

Correspondiente al proceso anaerobio, se representa la conversión de la carga orgánica afluente, expresada como DBO, en productos principalmente gaseosos y en una baja fracción de biomasa residual. De acuerdo con el esquema, entre el 75 % y el 85 % de la materia orgánica biodegradable se transforma en biogás, principalmente metano y dióxido de carbono; entre el 5 % y el 10 % se convierte en lodo excedente, y una fracción remanente, del orden del 10 % al 15 %, permanece asociada al efluente tratado. Este comportamiento evidencia que los sistemas anaerobios son adecuados como etapa primaria o secundaria de alta carga, debido a su baja demanda energética, menor producción de lodos y capacidad para remover una proporción importante de la carga orgánica inicial

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Figura 2 Proceso biológicos aerobios

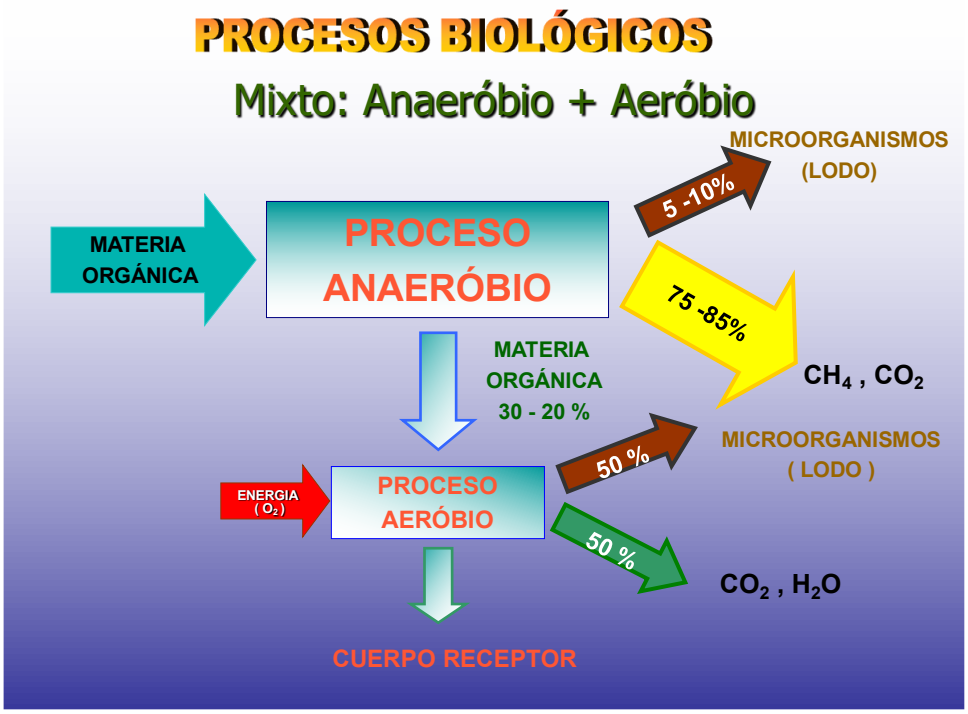


Fuente la consultoría

Correspondiente al proceso aerobio, se observa que la materia orgánica requiere suministro de oxígeno como fuente de energía para la actividad microbiológica; bajo estas condiciones, cerca del 50 % de la carga biodegradable se transforma en biomasa o lodo biológico, mientras que el restante 50 % se oxida principalmente a CO_2 y H_2O. Este proceso permite alcanzar mejores condiciones de estabilización y pulimento del efluente, aunque implica mayores requerimientos de aireación, consumo energético y generación de lodos

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Figura 3 procesos biológicos mixtos anaerobio aerobio



Fuente la consultoría

Integra ambos conceptos mediante un sistema mixto anaerobio–aerobio, en el cual la etapa anaerobia reduce inicialmente la mayor proporción de la carga orgánica, transformándola en biogás y generando baja cantidad de lodos, mientras que la fracción residual, estimada entre el 20 % y el 30 % de la materia orgánica, ingresa a una etapa aerobia de pulimento para completar la remoción de DBO, mejorar la calidad del efluente y garantizar condiciones más favorables para el vertimiento al cuerpo receptor. En consecuencia, para las PTAR proyectadas en los centros poblados de El Olivo, la alternativa técnicamente más conveniente corresponde a la combinación de procesos anaerobios y aerobios, ya que permite alcanzar altas eficiencias de tratamiento, reducir la carga contaminante antes de la etapa de pulimento, controlar la producción de lodos, moderar los costos de operación y favorecer la sostenibilidad técnica, ambiental y económica del proyecto

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 6. Descripción de Procesos de Tratamientos Biológicos

Proceso	Definición
Funciones Metabólicas	
Procesos Aeróbicos	Procesos biológicos de tratamiento que ocurren en presencia de oxígeno.
Procesos Anaeróbicos	Procesos biológicos de tratamiento que ocurren en ausencia de oxígeno.
Procesos Anóxicos	Procesos en donde el nitrato es convertido biológicamente en nitrógeno gaseoso en ausencia de oxígeno (desnitrificación).
Procesos Facultativos	Procesos biológicos en dónde microorganismos pueden realizar sus procesos metabólicos en ausencia o presencia de oxígeno molecular.
Procesos de Tratamiento	
Procesos de Crecimiento Suspendido	Proceso biológico de tratamiento en donde microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica en otros materiales y producción de otras células lo realizan manteniéndose suspendidas dentro del líquido.
Procesos de Crecimiento Adherido	Proceso biológico de tratamiento en donde microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica en otros materiales y producción de otras células lo realizan manteniéndose adheridos en algún medio inerte como rocas o materiales plásticos (procesos de biopelículas).
Procesos Combinados	Procesos en dónde se involucra la combinación de sistemas de tratamiento de crecimiento suspendido y adherido
Funciones de Tratamiento	
Remoción biológica de nutrientes	Procesos aplicados para la remoción de nitrógeno y fósforo mediante procesos de tratamiento biológicos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Proceso	Definición
Remoción biológica de fósforo	Procesos aplicados para la remoción de fósforo mediante la acumulación de biomasa y subsecuente la separación de sólidos.
Remoción de DBO Carbonácea	Conversión biológica de materia orgánica carbonácea en biomasa y diferentes productos finales gaseosos. Durante la conversión se asume que el nitrógeno presente en los diferentes componentes es transformado en amoniaco.
Nitrificación	Proceso biológico que en dos fases primero es convertido el amoniaco en nitrito y luego en nitrato.
Desnitrificación	Proceso biológico en donde el nitrato es reducido a nitrógeno y otros productos gaseosos finales.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2003)

A continuación, se realiza una breve descripción de los diferentes procesos aerobios y anaerobios que se tendrán en cada una de las alternativas:

- **Tratamientos Aerobios**

  -Lodos Activados

- **Tratamientos Anaerobios**

  - Filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA)
  - Reactores anaerobios de flujo a pistón (RAP)

Para el dimensionamiento de las diferentes unidades se tomaron los caudales de acuerdo con la resolución 0330 de 2017 y 0799 de 2021 como caudal Máximo Mensual (QMM) de diseño 3.65 L/s para lo cual se dimensionaron dos módulos de 1.83 L/s y las interconexiones hidráulicas entre unidades de proceso para todas las alternativas, se diseñó para el caudal máximo de 3.65L/s.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.3.1 Tecnología Anaerobia filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Un filtro anaerobio es un reactor (tanque construido generalmente en concreto ladrillo o Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio – PRFV), en nuestro caso se utilizaran los dos tanques en concreto reforzado e impermeabilizado, anaerobios existente diseñados inicialmente como pozos sépticos en cuyo interior se dispone de un medio de soporte (lecho) constituido por materiales tales como piedras, cerámicas, espumas, materiales plásticos, cáscaras de coco, bambú, entre otros, (para nuestro caso en cuya superficie e intersticios se fijan las bacterias, las cuales están contenidas en el lodo que se inocula en el reactor. Este lecho es un lecho fijo lo cual significa que las bacterias no se mueven libremente, sino que están adheridas a un soporte inerte, donde la remoción de carga orgánica depende del área de contacto del lecho, de la velocidad del flujo a través de éste y de la porosidad.

El flujo en un filtro anaerobio puede ser ascendente o descendente; el régimen hidráulico básico es tipo pistón, aunque factores físicos, pueden causar cortocircuitos y desviaciones del flujo pistón ideal.

Una denominación precisa para el filtro anaerobio seria: Reactor anaerobio de lecho fijo con flujo ascendente o descendente. El filtro anaerobio es un reactor en el cual la materia orgánica es estabilizada a través de los microorganismos. Las mayores tasas de remoción de sustrato ocurren en los niveles más bajos del lecho (cuando el sentido del flujo dentro del filtro es ascendente), ya que en esta región existen grandes concentraciones de sustratos y sólidos biológicos.

Los sólidos biológicos que se forman en las partes más profundas del lecho son materiales en suspensión, en forma de gránulos o flóculos presentando una elevada capacidad de degradación de diferentes sustratos. Los filtros biológicos en buenas condiciones de funcionamiento presentan eficiencias elevadas en la remoción de materia orgánica y no exigen unidades de decantación complementarias, ya que la presencia de sólidos en el afluente es baja.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Una de las ventajas de estos sistemas es que los filtros biológicos en buenas condiciones de funcionamiento presentan eficiencias elevadas en la remoción de materia orgánica y no exigen unidades de decantación complementaria, ya que la presencia de sólidos en el afluente es baja.

La altura total de estas unidades puede variar desde los 2 m hasta los 13 m, cuando se utiliza material comercial como soporte, siendo poco aconsejable alturas mayores a 3m debido a problemas estructurales o funcionales. Cuando se empleen como medio de soporte piedras, la altura del lecho debe estar entre los 0,8 y 2 m.

Aunque las ventajas de la digestión anaerobia sobre la aerobia se hacen más evidentes a medida que la concentración de materia orgánica se incrementa, diferentes estudios reportan la utilización de filtros anaerobios en el tratamiento de aguas residuales domésticas (diluidas) con eficiencias de remoción de materia orgánica de hasta 80%.

El desarrollo normal de todo proceso biológico, estriba en el suministro de condiciones ambientales adecuadas que favorezcan el crecimiento y actividad de los organismos participantes. Si se provee un medio ambiental adecuadamente controlado se puede asegurar una estabilización efectiva del residuo, mediante control de la tasa de crecimiento de los microorganismos.

Se debe tener en cuenta el control de los siguientes requerimientos ambientales importantes como: Temperatura, pH, Tipo de Sustrato, nutrientes, presencia de compuestos tóxicos, entre otros.

Entre las ventajas y desventajas se encuentra que es un sistema de fácil operación y mantenimiento, requiere menor área en comparación con sistemas aerobios, presenta bajos consumos de energía, baja producción de lodo, no requiere digestor de lodo (se logra la estabilización de la materia orgánica en el reactor). Como desventajas encontramos que las remociones orgánicas no son tan altas como en el caso de los lodos activados, se pueden generar malos olores, el sistema es muy sensible a cambios operativos, los nutrientes no son

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

removidos sin tratamiento posterior, económicamente no es recomendable para aguas residuales con temperaturas por debajo de 15 ºC. y la remoción de patógenos es despreciable.

Por último y debido a la topografía de la plana, se proponen adaptar los tanques existentes a reactores anaerobios de filtros de flujo ascendente.

7.3.2 Tecnología Anaerobio RAP (Reactor Anaerobio de flujo a Pistón)

Con esta tecnología se aprovecha la ventaja cinética del flujo pistón, en este sistema el agua atraviesa varias cámaras, rellenas parcialmente con un medio plástico de alta porosidad para efectuar la degradación de la materia orgánica entre cámaras.

Las ventajas principales de la tecnología corresponden a la generación de pocos lodos razonablemente estables, a que los requerimientos nutricionales son bajos y al escaso consumo de energía eléctrica. Como desventajas se reseñan su limitado rango de temperatura para su funcionamiento, alta producción de olores desagradables, requerimientos de concentraciones altas de alcalinidad, a lo agresivo del medio y a bajas eficiencias de remoción.

La PTAR correspondiente a esta tecnología contará con los mismos elementos de tratamiento que la alternativa UASB, cambiando sólo el reactor, y el arranque del reactor es similar al UASB.

Los parámetros de diseño para este tipo de planta tienen la siguiente caracterización:

- Carga volumétrica 2 – 18 kg DQO/m^3/d
- Tiempo de detención 8 – 10 h
- Velocidad hidrodinámica 3 m/h
- Tasa de sobre flujo 0,7 m/h
- Material del lecho soporte polipropileno
- Área de contacto del lecho 100 m^2/m^3 del lecho
- Altura del reactor 4 – 5 m
- Eficiencia de remoción DBO_5 65 – 80%

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

En lo particular para el centro poblado, puede emplearse ya que el factor de la temperatura no afectará el normal funcionamiento de la tecnología RAP; aunque es recomendable que se emplee acompañado de otro tratamiento secundario.

La tecnología permite realizar el tratamiento con la utilización del proceso de tipo biológico en forma anaerobia empleando el sistema RAP, en el cual se lleva a cabo la degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de los microorganismos, en ausencia de oxígeno. El proceso de remoción de la materia orgánica se produce cuando la película biológica adherida al soporte se apropia de los nutrientes y realiza las reacciones bioquímicas de acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. El producto de estas reacciones es principalmente metano y agua; responsable de estas reacciones es un complejo de bacterias que en una simbiosis ejecutan sus operaciones y entregan subproductos en pasos escalonados hasta el producto final.

El flujo entrará al reactor por el fondo siendo distribuido uniformemente, El medio filtrante está conformado por material de relleno plástico (film medio). El efluente de los reactores anaerobios RAP debe ser enviado hacia los sedimentadores secundarios, donde se alcanza la eliminación de los sólidos suspendidos presentes en éste antes de su evacuación final en la fuente receptora. El tiempo de retención hidráulico en el reactor varía entre 5 y 12 horas, y la eficiencia de remoción de DBO_5 se estima entre 65 y 80%.

Los lodos producidos en el sedimentador secundario son extraídos y vertidos en los lechos de secado para realizar su deshidratación; estos lodos alcanzan un alto grado de digestión por lo cual pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios, o darles uso para la estabilización de suelos dedicados a la agricultura, sin ningún tipo de riesgo sanitario.

Las ventajas de la tecnología es que resiste altas cargas orgánicas, tasa baja de síntesis celular y por consiguiente poca producción de lodos, además de ser muy estables, y por su escaso requerimientos de energía eléctrica; entre sus desventajas se presentan la sensibilidad a las variaciones en la temperatura, la corrosividad del medio, el requerimiento de buena alcalinidad.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.3.3 Tecnología Aerobia de Lodos Activados

Para el presente caso se realizará la descripción de un proceso aerobio de lodos activados ya que dentro de las alternativas propuestas se está considerado este tratamiento a través de la tecnología por aireación extendida y tiempo de contacto.

Este proceso es un tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de aguas residuales y lodos biológicos es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos es devuelto al tanque de aireación. En este sistema las bacterias utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblar los compuestos orgánicos que a su vez son usados para su crecimiento. A medida que los microorganismos crecen y son mezclados en el tanque de aireación, se aglutinan y forman una masa activa de microorganismos.

Ilustración 9. Ejemplo de un tanque de Lodos Activados



Fuente: Consultoría

Se utiliza para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, con tiempos de retención hidráulicos de 15 a 30 horas, edad de lodos prolongada (20 a 40 días), y con recirculación de más de 95% de lodos; buscando asegurar una producción mínima de lodo en

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

exceso y un alto grado de mineralización en el lodo producido, que permite deshidratarlo y secarlo en lechos de secado.

El sistema de aireación está constituido en este tipo de tratamiento por equipos mecánicos superficiales o sumergibles colocados a través del tanque de aireación, los cuales imparten dentro del agua el oxígeno suficiente para mantener los sólidos en suspensión y la degradación o transformación de la materia orgánica contaminante.

La concentración de sólidos suspendidos en el tanque de aireación es de 3.000 a 5.000 mg/L, y para prevenir una concentración excesiva se dispone el lodo sobre lechos de secado cuando la concentración excede los valores mencionados. El tanque de aireación adecuadamente diseñado y operado provee remociones promedio de DBO_5 y sólidos suspendidos mayores del 95% en aguas residuales municipales.

En el sistema de lodos activados se lleva a cabo básicamente, biológicos. Una pequeña porción de la materia orgánica sufre directamente una oxidación química, pero la mayor parte de la materia orgánica es estabilizada por la actividad bioquímica de los microorganismos previamente formados en el sistema.

El sustrato, como en todo proceso biológico, debe contener los nutrientes disponibles para proporcionar un régimen alimenticio apropiado a los microorganismos.

Los lodos son menos reactivos y tienen una DBO menor que lodos producidos por procesos que tienen factores de carga grande. Por consiguiente, los sólidos perdidos en el efluente del tanque de sedimentación final pueden tener una DBO más baja que la misma cantidad perdida en el efluente de otros procesos.

El aire necesario para el proceso puede suministrarse por (sopladores), a través de difusores colocados cerca del fondo del tanque o por equipos mecánicos que agiten y le suministren aire a la masa de agua desde la superficie (aireadores).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Existen varios métodos o diseños de reactores para el proceso de lodos activados: método convencional, completamente mezclados, aireación decreciente, aireación escalonada, estabilización por contacto, y aireación extendida o prolongada.

Se evaluará el método por aireación extendida debido a que este garantiza una elevada eficiencia en la remoción de DBO y relativamente áreas pequeñas de construcción. Por otro lado, el método implica la concentración de altos contenidos de lodos activados, para someterlos a grandes cargas volumétricas de sustratos. Consecuentemente exige grandes aportes de aire para mantener aerobio el sistema, y por ende requerimientos de energía eléctrica y operación cuidadosa.

Para el tratamiento de las aguas residuales, la tecnología de lodos activados es una de la más adecuada por garantizar altas remociones en el efluente final, brindar gran confiabilidad al sistema y por su aplicación generalizada para el tratamiento de este tipo de aguas. Sin embargo, considerando los altos consumos de energía requeridos por el proceso de aireación por esta tecnología se estudiarán variaciones de Lodos Activados, para disminuir la incidencia de la energía eléctrica en los costos de operación del sistema de tratamiento.

7.3.4 Sedimentador secundario

El líquido biológicamente tratado mediante bacterias aerobias pasa a un tanque rectangular o circular, con tolvas de pirámides troncocónicas invertidas. El agua se clarifica debido a la sedimentación gravitatoria de los lodos que han escapado del tratamiento. Este lodo es colectado en las tolvas desde donde se extraen por presión hidrostática hacia los lechos o para fines de recirculación de biomasa. El agua clarificada se recoge mediante rebose sobre una canaleta con vertederos triangulares, para ser conducida y dispuesta en la línea de flujo para llevarla al proceso de desinfección y de aquí conducirla corriente receptora superficial. El vertedero ha sido diseñado para una carga hidráulica inferior a 140 m³/ml-día (metro lineal de vertedero). Tanto en el ingreso como en la salida se dispondrán bafles para evitar que los sobrenadantes escapen con el efluente tratado.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 10 Sedimentador secundario



Fuente: Consultoría

7.3.5 Tanque de contacto de cloro

Posteriormente el agua clarificada continúa a un tanque provisto de bafles, con tiempo de retención de 30 minutos, el cual a la entrada se dosificará hipoclorito de sodio, para la eliminación de los coliformes y organismos patógenos, y permitir el uso establecido por la autoridad ambiental competente.

Ilustración 11 tanque de contacto de cloro



Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.3.6 Lechos de secado de lodos

Para la deshidratación, reducción y disposición de los lodos excedentes se ha previsto la construcción de lechos de secado; los lodos en exceso se retirarán esporádicamente del sedimentador secundario, por gravedad, hacia un pozo de bombeo de lodos, desde donde se bombearán hacia celdas de lechos de secado para forjar su deshidratación. Los lechos de secado son celdas que poseen un medio filtrante en arena y grava fina, donde el lodo se deshidratará dejando una capa de material sólido que se retira mediante trabajo manual y el líquido percolado (lixiviado), se reintegra nuevamente al proceso desde el inicio del mismo.

Ilustración 12 Lechos de secado



Fuente: Consultoría

7.4 ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Con las diferentes tecnologías de tratamiento descritas anteriormente, se presentan a continuación las diferentes alternativas de tecnologías de tratamiento que se plantean como solución a la problemática de contaminación de la corriente receptora en el municipio de Cogua en el sector del Olivo.

Con el Dimensionamiento, análisis y definición de las diferentes alternativas se busca recomendar una con mayor relación costo/beneficio económico, técnico y aspectos ambientales, para la población de Cogua en el sector de la Plazuela. El planteamiento de los escenarios indicados, corresponden a las tecnologías que tienen aplicación exitosa a nivel regional y nacional, y se realiza en varios escenarios, combinaciones de los procesos con el propósito de lograr las eficiencias requeridas para el presente proyecto, y obtener una

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

reducción apreciable en los costos de operación y mantenimiento y en los de inversión inicial que se requiere.

7.4.1 Alternativa N. 1. Filtro Anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + Reactor aerobio de lodos activados(LAC)+ Sedimentación + desinfección + lechos de secado.

La alternativa No. 1 consiste en la utilización de una tecnología tipo mixta, con proceso anaerobio-aerobio, en medio fijo (FAFA), y lodos activados (LAC). El sistema propuesto admite variaciones en las cargas orgánicas influentes al sistema de tratamiento, como consecuencia de las bondades que ofrece la tecnología anaerobia para atenuar picos contaminantes y presentar mínimos volúmenes de lodos secundarios.

Esta alternativa los reactores anaerobios será diseñados para que sean estructuras cubiertas y herméticas para evitar la generación de olores que impactan a las comunidades vecinas la PTAR

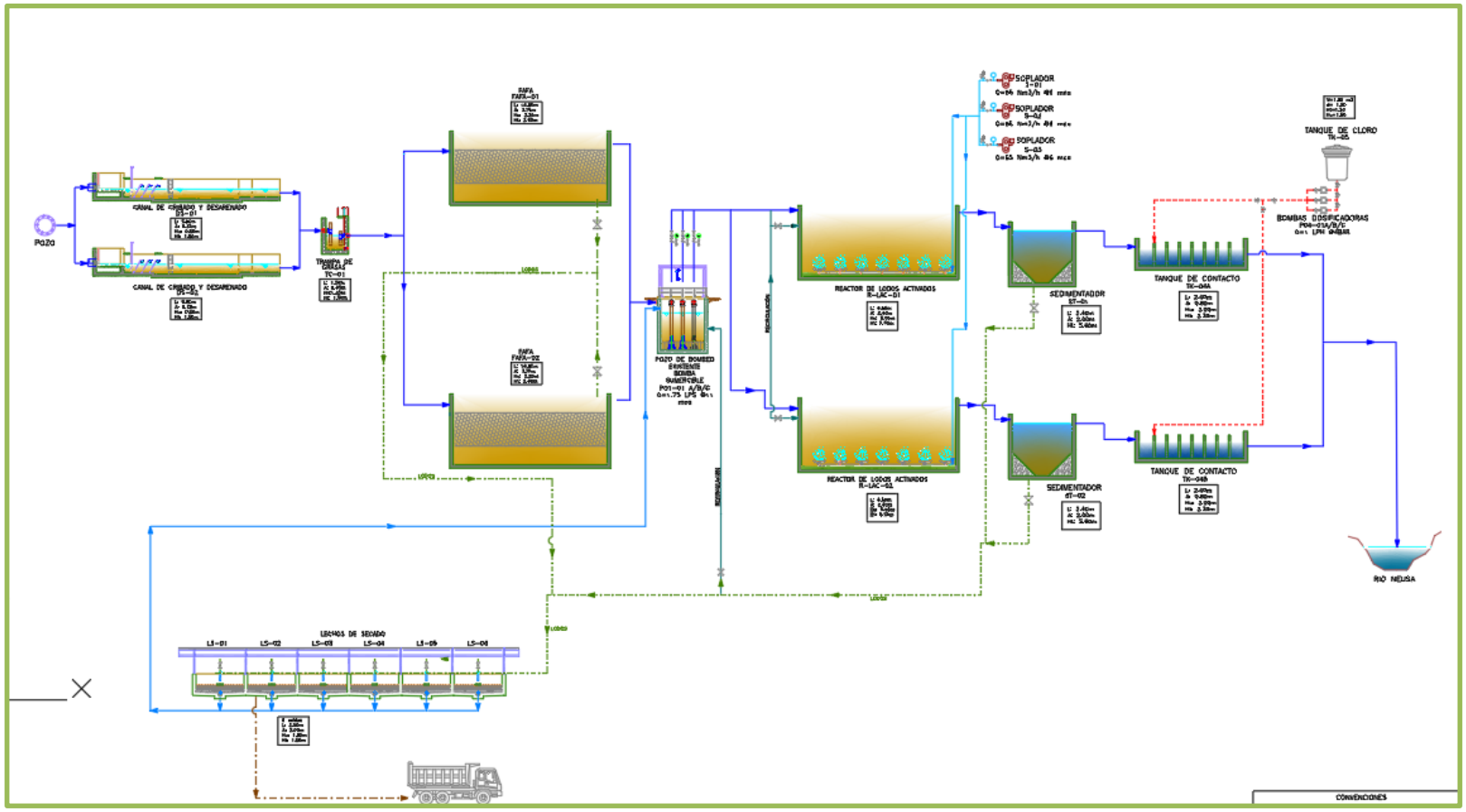
Esta alternativa constará de las siguientes unidades de tratamiento:

- ✓ Canal de entrada
- ✓ Rejas gruesas, medias y finas
- ✓ Desarenadores
- ✓ Vertedero Sutro
- ✓ Trampa de grasas
- ✓ Filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA)
- ✓ Pozo de bombeo
- ✓ Reactores de Lodos Activos (LAC)
- ✓ Sedimentadores secundarios
- ✓ Desinfección
- ✓ Pozo bombeo de lodos y recirculación
- ✓ Lechos de secado de lodos
- ✓ Desinfección

El diagrama de procesos para esta alternativa es el que se presenta a continuación

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 13. Alternativa No. 1 FAFA+LAC



Fuente: Consultoría

La principal ventaja del sistema propuesto en la presente alternativa es que disminuye el consumo energético, puesto que el proceso anaerobio no requiere energía. Además, ofrece una alta eficiencia de remoción (>90%) y del mismo modo disminuye la cantidad de producción de lodos. Como principal desventaja se identifican los olores generados; por ello, en el dimensionamiento se deben considerar estructuras cerradas con el fin de mitigar su emisión.

Del mismo modo, no requiere de un bombeo para la alimentación de agua, puesto que, aprovechando que la estructura actual es enterrada, se manejara por gravedad la alimentación de agua a estos filtros anaerobios

La tecnología corresponde a un tratamiento de tipo mixto anaerobio-aerobio, consistente en filtros anaerobios FAFA seguidos de reactores LAC; enseguida se presenta una descripción de los procesos y de las unidades de tratamiento que conforman el sistema de tratamiento.

El sistema es eficiente y fiable en lo que respecta a eficiencias en remoción de carga, con la ventaja que los consumos de energía y la producción de lodos son menores que en un sistema únicamente aerobio. Esta tecnología resulta ser un sistema de tratamiento de bajo costo de mantenimiento, de elevado rendimiento y gran flexibilidad, y permite adaptarse a las variaciones estacionales del caudal y de la carga contaminante de los vertimientos de las aguas residuales domésticas municipales.

En general, el tratamiento de las aguas residuales domésticas, para el presente caso, consta de tres fases, a saber: (I) Tratamiento preliminar; (II) Tratamiento secundario; (III) Manejo de los lodos.

Las aguas residuales provenientes del emisario final entran a la estructura de tratamiento preliminar en donde, por facilidad en la construcción y operación se unirá en una única estructura, a las cámaras de llegada y salida, las rejas (gruesas, medias y finas) que retendrán los sólidos gruesos existentes en el agua residual (troncos, trapos, etc.), los desarenadores que ayudaran a eliminar los sólidos finos con el objeto de reducir la formación de depósitos de arenas en el interior de tuberías, canales y conducciones. Además, contará con un vertedero sutro para medición y control de caudal.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

A continuación, se dispondrá de una trampa grasa para retirar las grasas, aceites y material flotante para dar cumplimiento con los parámetros establecidos en los objetivos de calidad y que además interfiere en los procesos biológicos siguientes.

De la trampa de grasas el agua pasara a gravedad a los filtros anaerobios FAFA mediante un lecho fijo con flujo ascendente donde la materia orgánica es estabilizada a través de microorganismos; la mayor tasa de remoción de sustrato ocurre en los niveles más bajos del lecho donde existen grandes concentraciones de sustratos y sólidos biológicos, en forma de gránulos o flóculos, presentando una elevada capacidad de degradación de diferentes sustratos.

Los filtros biológicos en buenas condiciones de funcionamiento presentan eficiencias elevadas en la remoción de materia orgánica y no exigen unidades de decantación complementarias, ya que la presencia de sólidos en el afluente es baja

Seguido a los filtros anaerobios, se dispondrá un pozo de bombeo, el cual impulsara el agua a los reactores de lodos activados.

En esta unidad se inyectará aire mediante sopladores de capacidad de trasferir el aire requerido, para la incorporación de aire en el fondo del tanque se utilizarán difusores de burbuja fina circulares y eficiencia de transferencia de oxígeno.

El proceso aeróbico consiste en favorecer el desarrollo de una colonia bacteriana en un depósito de aireación alimentado con el efluente a tratar. La masa biológica así desarrollada, utiliza la DBO del efluente crudo y los nutrientes para la síntesis de materia celular viviente. De esta manera, se procede a una eliminación biológica de la contaminación por asimilación de la masa bacteriana. La mezcla del efluente con la colonia bacteriana es denominada licor mixto.

El pre diseño del tratamiento biológico se basa en el sistema de lodos activados por aireación extendida por las siguientes razones:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Se aseguran eficiencias satisfactorias en remoción de carga orgánica, obteniéndose una calidad del efluente que cumpla con las normas ambientales.
- Confiabilidad.
- Sencillez de operación.
- La disposición de lodos no se hace rápidamente. En este caso se pretende suministrarle al sistema menor tiempo de retención y mayor oxigenación para hacer efectivo la degradación del material orgánico.
- Estabilización del lodo biológico

El "licor mixto" producido en el proceso de aireación, es enviado a continuación hacia el sistema de clarificado y tanque de desinfección.

Mientras el efluente es recuperado superficialmente para su disposición final, los lodos son parcialmente evacuados por gravedad hacia un pozo de lodos y devueltos por bombeo hacia el tanque de aireación, con el fin de mantener en el mismo una concentración suficiente. De esta forma, la masa biológica en el tanque de aireación crece constantemente de forma que es necesario extraer periódicamente una porción de este lodo activado para enviarlo hacia el sistema de deshidratación de lodos.

El clarificado es conducido hacia el sistema de desinfección UV el cual es común para todos.

Los lodos derivados de los clarificadores serán llevados hacia un pozo de lodos para hacer parcialmente la recirculación de estos hacia el proceso aerobio y los lodos excedentes serán deshidratados.

Tabla 7. Procesos de Lodos Activados Ventajas y Limitaciones

PROCESO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Convencional	• Proceso conocido. • Adaptable a diferentes esquemas de operación incluido diseño del selector y procesos anóxicos/aeróbicos. • Remoción de Amoníaco.	• Requerimiento de Biodigestor para estabilización de los lodos. • Puede ser difícil hacer coincidir el suministro de oxígeno con la demanda de oxígeno en el arranque.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PROCESO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Alta Tasa	• Los tanques de aireación requieren un menor volumen que los reactores convencionales. • Menor requerimiento de energía para la aireación.	• Menor estabilidad en el tratamiento y por lo tanto una menor calidad del efluente. • Producción de lodos alta. • Requerimiento de Biodigestor para la estabilización de los lodos. • No es adecuado para desarrollar procesos de nitrificación.
Aireación Extendida	• Alta calidad en el efluente tratado. • Diseño y operación relativamente sencillas. • Lodo estabilizado y baja producción de biosólidos. • No se requiere de la instalación de biodigestores por la alta edad de lodo que manejan. • Capaces de tratar cargas altas de contaminantes.	• Alto requerimiento de energía. • Tanques de aireación relativamente grandes.
Zanjón de Oxidación	• Alta calidad en el efluente tratado. • Capaces de tratar cargas altas de contaminantes. • Adaptables para remoción de nutrientes. • Procesos de alta confianza y operación simple. • Menor uso de energía que los reactores de aireación extendida.	• Estructuras grandes, por lo cual requieren de mayor espacio. • Baja relación de A/M pueden causar “bulking”. • Dificultad en la expansión de la planta. • Mayor dificultad de construcción que los reactores de aireación extendida.
SBR	• Proceso más simplificado, no se requieren sedimentadores secundarios y bombeo para recircular lodos al reactor. • Sistema compacto. • Operación flexible, remoción de nutrientes pueden ser	• El proceso de control y operación de la planta es más complicado. • Se requiere de mayor control y mantenimientos para la instrumentación, dispositivos de monitoreo, y válvulas

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PROCESO	VENTAJAS	LIMITACIONES
	realizadas con cambios operacionales.	automáticas.

Fuente. (Metcalf & Eddy, 2003) La consultoría

El líquido biológicamente tratado mediante bacterias aerobias pasa a un tanque de decantación con tolvas. El agua clarificada fluye a través de un sistema de vertederos de orificios sumergidos que conducen hacia la salida a través de un vertedero, cuyo diseño está especialmente calculado para que la velocidad ascensional sea entre 0,5 y 1 m/h, permitiendo de esta forma que los flóculos por su mayor peso se sedimenten en el fondo. Las paredes laterales tendrán la suficiente inclinación para facilitar el deslizamiento de los mismos.

Los lodos decantados en los clarificadores serán deshidratados por medio de lechos de secado. Para un mejor funcionamiento del sistema de tratamiento, se ha previsto que las unidades de proceso tengan la capacidad de tratar la totalidad del influente, en caso de sacar alguna unidad de operación, por causas de labores de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Tabla 8. Ventaja y desventajas alternativa No. 1

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Eficiencia de remoción	- Alta remoción global de DBO y DQO (>85–95%) al combinar etapa anaerobia y aerobia. - Mejor reducción de SST y materia orgánica refractaria. - Permite cumplir normas más estrictas de vertimiento.	- Dependencia del correcto acople entre ambas etapas. - Si el FAFA no estabiliza adecuadamente, sobrecarga el sistema aeróbico.
Carga orgánica al sistema aeróbico	- El FAFA reduce significativamente la carga, disminuyendo el tamaño requerido del reactor de lodos	- Variaciones en el FAFA (choques de carga) afectan

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Aspecto	Ventajas	Desventajas
	activados.- Menor consumo de oxígeno en aireación.	directamente la estabilidad del proceso aeróbico.
Producción de lodos	- Menor producción global de lodos en comparación con sistemas 100% aerobios.- Lodos anaerobios más estabilizados.	- Se generan dos tipos de lodos (anaerobios y aerobios), complicando el manejo.- Requiere estrategias diferenciadas de tratamiento y disposición.
Consumo energético	- Reducción del consumo energético frente a un sistema solo de lodos activados. - El FAFA no requiere energía (proceso pasivo).	- El sistema sigue dependiendo de aireación mecánica (alto consumo energético en la etapa aerobia).
Operación y control	- Mayor robustez frente a variaciones de carga orgánica. - El FAFA actúa como amortiguador hidráulico y orgánico.	- Mayor complejidad operativa (dos procesos biológicos distintos).- Requiere personal capacitado en procesos aerobios y anaerobios.
Costos de inversión (CAPEX)	- Posible reducción en el tamaño del reactor aeróbico y equipos de aireación. - Uso eficiente del volumen total del sistema.	- Mayor inversión inicial por la implementación de dos unidades de tratamiento. - Incremento en obras civiles y equipos asociados.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Costos de operación (OPEX)	- Optimización del consumo energético respecto a sistemas solo aerobios. - Menor producción de lodos reduce costos de disposición.	- Costos asociados a aireación, recirculación de lodos y control operacional. - Mantenimiento de dos sistemas diferentes.
Requerimiento de área	- Puede optimizar área respecto a sistemas extensivos (lagunas, humedales).	- Mayor área que sistemas puramente anaerobios (como UASB + FAFA).
Flexibilidad y escalabilidad	- Permite ampliaciones modulares (especialmente en la etapa aerobia).- Adaptable a diferentes calidades de afluente.	- La ampliación debe mantener equilibrio entre ambas etapas. - Diseño más exigente en integración hidráulica.
Calidad del efluente	- Efluente de alta calidad, apto para vertimiento en cuerpos sensibles o posible reúso (con desinfección).	- Puede requerir tratamiento terciario adicional (nutrientes, patógenos) dependiendo de la normativa.

Fuente: Consultoría

7.4.2 Alternativa N. 2. Reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP)+ Lodos Activados (LAC) + Sedimentación secundaria +Desinfección + Lechos de secado

La alternativa No. 2, consiste en la utilización de una tecnología anaerobia a través de un sistema de reactores de flujo a pistón y sistema aerobio de lodos activados (LAC)

Esta alternativa tecnológica constará de las siguientes unidades de tratamiento:

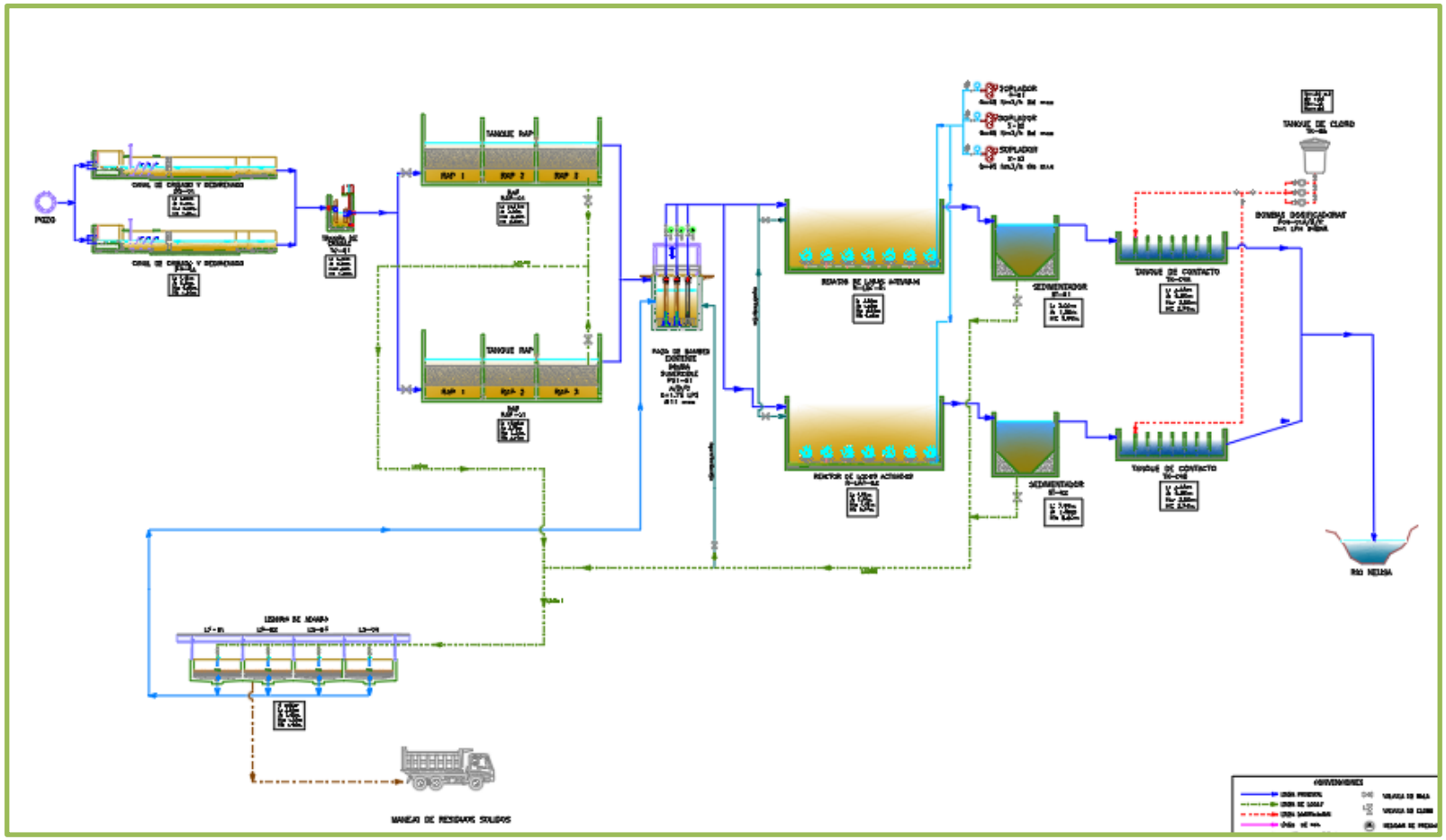
- Canal de entrada

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Rejas gruesas y finas
- Desarenadores
- Vertedero Sutro
- Trampa de grasas
- Reactores RAP
- Bombeo al sistema aerobio
- Sistema de lodos activados
- Sedimentador secundario
- Desinfección
- Pozo bombeo de lodos y recirculación
- Lechos de secado de lodos

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 14. Alternativa No. 2 RAP+ Lodos activados



Fuente: Consultoría

La ventaja principal del sistema propuesto dentro de la presente alternativa es la alta remoción lograda (>90%), y la baja producción de lodos debido a la implementación de los sistemas anaerobios.

La tecnología corresponde a un tratamiento anaerobio-aerobio, consistente en reactores de reactores RAP seguidos de sistemas de lodo activos LAC; enseguida se presenta una descripción de los procesos y de las unidades de tratamiento que conforman el sistema de tratamiento.

Esta tecnología resulta ser un sistema de tratamiento de bajo costo de mantenimiento, de elevado rendimiento y gran flexibilidad, y permite adaptarse a las variaciones estacionales del caudal y de la carga contaminante de los vertimientos de las aguas residuales domésticas municipales.

En general, el tratamiento de las aguas residuales domésticas, para el presente caso, consta de tres fases, a saber: (i) Tratamiento preliminar; (ii) Tratamiento secundario; (iii) Manejo de los lodos

Las aguas residuales provenientes del emisario final entran a la estructura de tratamiento preliminar en donde, por facilidad en la construcción y operación se unirá en una única estructura, a las cámaras de llegada y salida, las rejas (gruesas y finas), los desarenadores y la unidad de medición de flujos. Seguidamente se dispondrá de una trampa grasa para retirar las grasas, aceites y material flotante para dar cumplimiento con los parámetros establecidos en los objetivos de calidad y que además interfiere en los procesos biológicos siguientes.

De la trampa de grasas el agua pasará a gravedad a reactores de flujo a pistón RAP conformados por un medio de relleno donde se permitirá el crecimiento microbiano para la degradación de la materia orgánica y así complementar el proceso de depuración.

Mediante la formación de una película bacterial sobre una capa fija plástica, se consigue la formación de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de colonias microbianas de tipo anaerobio que se fijan al material de relleno, capaces de degradar la materia orgánica que contiene el agua residual. El desecho fluye hacia arriba a través del filtro (filtración ascendente)

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

y hacia abajo (filtración descendente), entra en contacto con el medio y dado que las bacterias son retenidas y no se lavan con el efluente, se pueden obtener tiempos de retención celular del orden de los 100 días, por lo que se hace este sistema atractivo para tratar desechos de baja concentración a temperatura ambiente.

El líquido biológicamente tratado mediante bacterias anaerobias pasa al sistema aerobio de lodos activos.

El proceso aeróbico consiste en favorecer el desarrollo de una colonia bacteriana en un depósito de aireación alimentado con el efluente a tratar. La masa biológica así desarrollada, utiliza la DBO del efluente crudo y los nutrientes para la síntesis de materia celular viviente. De esta manera, se procede a una eliminación biológica de la contaminación por asimilación de la masa bacteriana. La mezcla del efluente con la colonia bacteriana es denominada licor mixto.

El prediseño del tratamiento biológico se basó en el sistema de lodos activados por aireación convencional por las siguientes razones:

- Se aseguran eficiencias satisfactorias en remoción de carga orgánica, obteniéndose una calidad del efluente que cumpla con las normas ambientales.
- Confiabilidad.
- Sencillez de operación.
- La disposición de lodos no se hace rápidamente. En este caso se pretende suministrarle al sistema menor tiempo de retención y mayor oxigenación para hacer efectivo la degradación del material orgánico.

El "licor mixto" producido en el proceso de aireación, es enviado a continuación hacia el sistema de clarificado y tanque de desinfección.

Mientras el efluente es recuperado superficialmente para su disposición final, los lodos son parcialmente evacuados por gravedad hacia un pozo de lodos y devueltos por bombeo hacia el tanque de aireación con el fin de mantener en el mismo una concentración suficiente de los

SSVL del licor mixto. De esta forma, la masa biológica en el tanque de aireación crece constantemente de forma que es necesario extraer periódicamente una porción de este lodo activado para enviarlo hacia el sistema de deshidratación de lodos.

En conclusión, los lodos derivados de los clarificadores serán llevados hacia un pozo de lodos para hacer parcialmente la recirculación de estos hacia el proceso aerobio y los lodos excedentes serán enviado al proceso de deshidratación.

Por consiguiente, el clarificado es conducido hacia el sistema de desinfección el cual se dosifica hipoclorito de sodio por medio de inyección en la tubería de alimentación a la cámara de contacto.

Tabla 9 Ventaja y desventajas alternativa No. 2

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Eficiencia de remoción	- Alta remoción global de DBO y DQO (>90–95%) al integrar tratamiento anaerobio y aeróbico. - El RAP logra una degradación más uniforme de la materia orgánica biodegradable. - Mejora significativa en la calidad del efluente final.	- Sensible a fallas hidráulicas (cortocircuitos o mala distribución afectan eficiencia).- Si el RAP no opera adecuadamente, se incrementa la carga al sistema aeróbico.
Carga orgánica al sistema aeróbico	- Reducción considerable de la carga orgánica, optimizando el diseño del reactor de lodos activados. - Disminución de requerimientos de oxígeno.	- El RAP es menos eficiente que otros anaerobios (como UASB) ante cargas altas, lo que puede aumentar la exigencia del sistema aeróbico.
Producción de lodos	- Menor producción de lodos en comparación con sistemas completamente aerobios. - Generación de lodos anaerobios parcialmente estabilizados.	- Producción de lodos en ambas etapas (anaerobia y aerobia). - Manejo y disposición más complejos.
Consumo energético	- Reducción del consumo energético global respecto a sistemas solo de lodos activados. - El RAP no requiere energía para su operación.	- Dependencia de sistemas de aireación en la etapa aerobia (principal componente del OPEX).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Operación y control	- El RAP es relativamente simple de operar (flujo pistón, sin recirculación compleja).- Atenúa variaciones de carga hidráulica y orgánica.	- El sistema completo requiere control de dos procesos biológicos diferentes. - Necesidad de monitoreo constante en la etapa aerobia (OD, F/M, edad del lodo).
Costos de inversión (CAPEX)	- Puede reducir el tamaño del sistema de aireación y volumen del reactor aeróbico. - Construcción relativamente simple del RAP.	- Mayor inversión inicial por integración de dos tecnologías. - Requiere mayor infraestructura hidráulica (distribución y control de flujo).
Costos de operación (OPEX)	- Menor consumo energético que sistemas 100% aerobios. - Reducción en costos de manejo de lodos frente a sistemas aerobios puros.	- Costos asociados a aireación, recirculación de lodos y operación especializada. - Mantenimiento de múltiples unidades.
Requerimiento de área	- Menor área que sistemas extensivos (lagunas, humedales). - Configuración compacta comparada con soluciones naturales.	- Generalmente mayor área que sistemas anaerobios de alta tasa (ej. UASB).
Flexibilidad y escalabilidad	- Modularidad en la etapa aerobia. - Puede adaptarse a incrementos de caudal con ampliaciones progresivas.	- El RAP tiene menor flexibilidad ante cambios abruptos de carga. - Ampliaciones requieren mantener condiciones hidráulicas tipo pistón.
Estabilidad del proceso	- Buen desempeño ante cargas relativamente constantes. - Menor riesgo de lavado de biomasa comparado con UASB.	- Menor capacidad de retención de biomasa que sistemas de lecho fijo (como FAFA).- Puede ser más sensible a bajas temperaturas o choques tóxicos.
Calidad del efluente	- Alta calidad final del efluente, apta para vertimientos exigentes. - Posible integración con tratamientos terciarios.	- Puede requerir pulimiento adicional (nutrientes y patógenos).

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

7.4.1 Alternativa N. 3. Lodos Activados (LAC) + Sedimentación secundaria +Desinfección + Lechos de secado

La alternativa No. 3, consiste en la utilización de una tecnología aerobia a través de un sistema de lodos activados por aireación extendida. Esta tecnología es la de mayor aplicación en el mundo y la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas son diseñadas y construidas bajo esta tecnología.

El sistema propuesto permite manejar variaciones en las cargas orgánicas que ingresan al tratamiento, lo cual representa una ventaja al ofrecer altas eficiencias en la remoción de carga. Cabe destacar que los procesos de estabilización de esta tecnología se realizan en tiempos cortos, debido a que se trata de un proceso completamente aerobio, alcanzando una remoción de carga superior al 90%. No obstante, es necesario considerar la instalación de equipos para el suministro de oxígeno, los cuales implican un consumo adicional de energía.

Para esta alternativa al igual que a las dos anteriores se utilizarán los tanques existentes los cuales se adaptarán a un tanque de lodos activados Fase I donde se hace necesario colocar un sistema de aireación a través de sopladores centrífugos o regenerativos con un respectivo sistema de distribución a través de difusores de burbuja fiana

Luego de la primera fase el flujo será bombeado a la Fase II de lodos activados con su respectiva sedimentación desinfección y manejo de lodos

El diagrama de procesos para este tipo de escenario tecnológico es el que se presenta en la siguiente Ilustración.

Esta alternativa constará de las siguientes unidades de tratamiento:

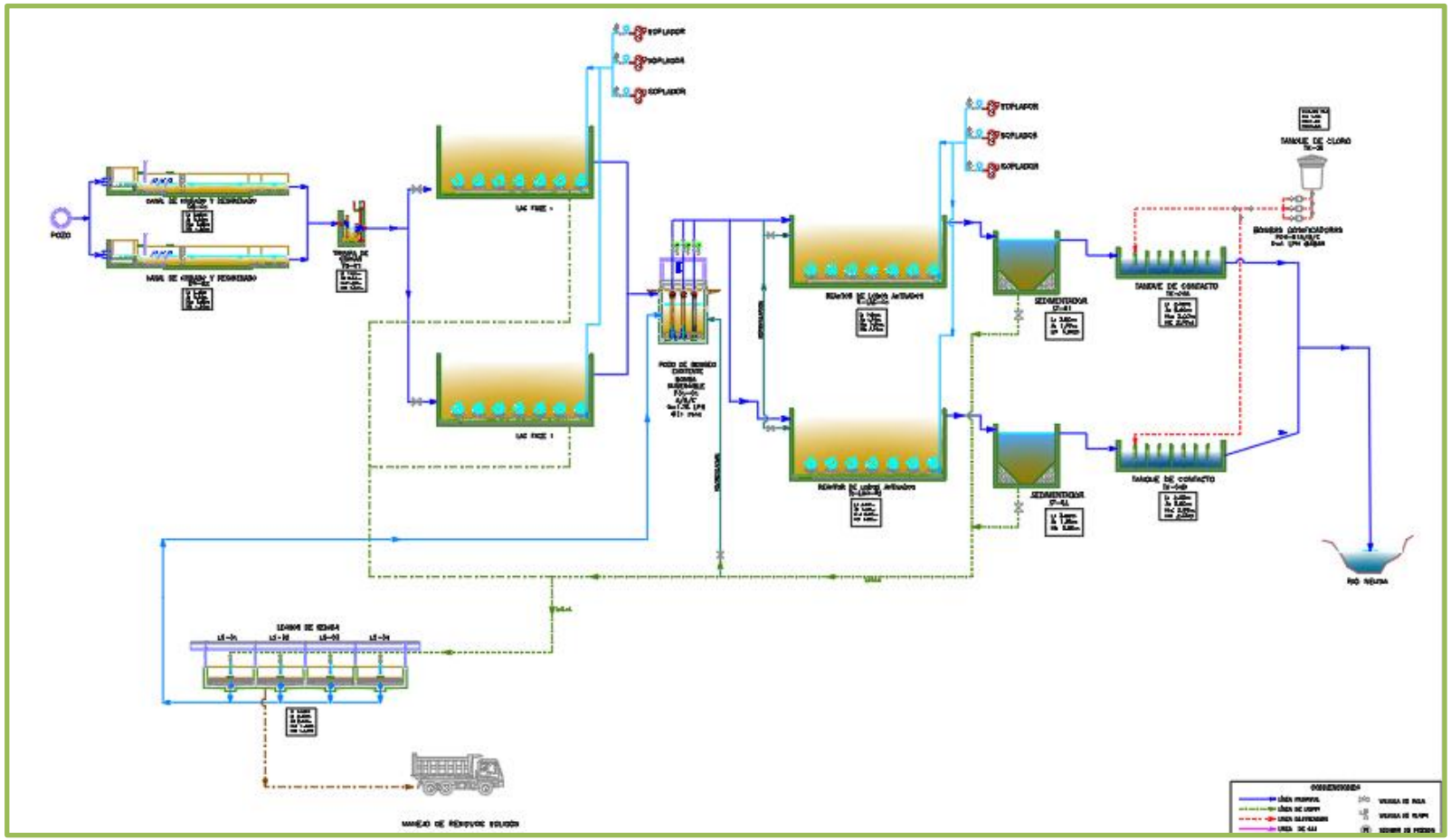
- ✓ Canal de entrada
- ✓ Rejas gruesas, medias y finas
- ✓ Desarenadores
- ✓ Vertederos Sutro
- ✓ Trampa de grasas

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- ✓ Reactor de lodos activados Fase I
- ✓ Pozo de bombeo inicial
- ✓ Reactor de lodos activados por aireación extendida
- ✓ Sedimentador secundario
- ✓ Desinfección
- ✓ Bombeo de lodos y recirculación
- ✓ Cloración para desinfección
- ✓ Deshidratación lechos de secado

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 15. Alternativa No. 3 Lodos activados



Fuente: Consultoría

La ventaja principal del sistema propuesto dentro de la presente alternativa es que es la tecnología más probada en el mundo con resultados exitosos, está sola unidad de tratamiento logra una alta remoción de carga contaminante (>90%), es un proceso estable y seguro; la principal desventaja es que para lograr el proceso aerobio se hace necesario la utilización de equipos con requerimientos de energía un poco más altos que las restantes alternativas planteadas.

En general, el tratamiento de las aguas residuales domésticas, para el presente caso, consta de cuatro fases, a saber: (I) Tratamiento preliminar; (II) Tratamiento secundario; (III) Tratamiento Terciario (IV) Manejo de los lodos.

Las aguas residuales provenientes del emisario final entran a la estructura de tratamiento preliminar en donde, por facilidad en la construcción y operación se unirá en una única estructura, a las cámaras de llegada y salida, las rejas (gruesas, medias y finas) que retendrán los sólidos gruesos existentes en el agua residual (troncos, trapos, etc.), los desarenadores que ayudaran a eliminar los sólidos finos con el objeto de reducir la formación de depósitos de arenas en el interior de tuberías, canales y conducciones. Además, contará con un vertedero sutro para medición de caudal. En general el tratamiento preliminar será el mismo para todas las alternativas descrito anteriormente en la alternativa 1

El efluente proveniente del tratamiento preliminar será conducido a dos tanques de aireación que tendrán un volumen con tiempos de retención calculado con una relación F: M de 0.10 Kg DBO/Kg-MLSS-d, una concentración de MLSS de 3,5 a 4,0 Kg/m^3 y Carga Volumétrica de 0,3 a =0,6 Kg DBO/m^3-d

El reactor aerobio de lodos activados será una estructura de concreto y el suministro de oxígeno será a través de sopladores y difusores, esta unidad será dimensionada en el capítulo 9 donde se determinará el tamaño del tanque, caudales y potencia de los equipos del suministro de aire requerido

El proceso aeróbico consiste en favorecer el desarrollo de una colonia bacteriana en un depósito de aireación alimentado con el efluente a tratar. La masa biológica así desarrollada,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

utiliza la DBO del efluente crudo y los nutrientes para la síntesis de materia celular viviente. De esta manera, se procede a una eliminación biológica de la contaminación por asimilación de la masa bacteriana. La mezcla del efluente con la colonia bacteriana es denominada licor mixto.

El prediseño del tratamiento biológico se basó en el sistema de lodos activados por aireación extendida por las siguientes razones:

- Se aseguran eficiencias satisfactorias en remoción de carga orgánica, obteniéndose una calidad del efluente que cumpla con las normas ambientales.
- Confiabilidad.
- Sencillez de operación.
- La disposición de lodos no se hace rápidamente. En este caso se pretende suministrarle al sistema menor tiempo de retención y mayor oxigenación para hacer efectivo la degradación del material orgánico.
- Estabilización del lodo biológico

El "licor mixto" producido en el proceso de aireación, es enviado a continuación hacia el sistema de clarificado y tanque de desinfección.

Mientras el efluente es recuperado superficialmente para su disposición final, los lodos son parcialmente evacuados por gravedad hacia un pozo de lodos y devueltos por bombeo hacia el tanque de aireación con el fin de mantener en el mismo una concentración suficiente de los SSVL del licor mixto. De esta forma, la masa biológica en el tanque de aireación crece constantemente de forma que es necesario extraer periódicamente una porción de este lodo activado para enviarlo hacia el sistema de deshidratación de lodos.

En conclusión, los lodos derivados de los clarificadores serán llevados hacia un pozo de lodos para hacer parcialmente la recirculación de estos hacia el proceso aerobio y los lodos excedentes serán enviado al proceso de deshidratación.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Por consiguiente, el clarificado es conducido hacia el sistema de desinfección el cual se dosifica hipoclorito de sodio por medio de inyección en la tubería de alimentación a la cámara de contacto.

En la tabla siguiente se pueden identificar los procesos de lodos activados en las diferentes modalidades existentes junto con sus ventajas y limitaciones.

Tabla 10 Procesos de Lodos Activados Ventajas y Limitaciones

PROCESO	VENTAJAS	LIMITACIONES
Convencional	• Proceso conocido. • Adaptable a diferentes esquemas de operación incluido diseño del selector y procesos anóxicos/aeróbicos. • Remoción de Amoníaco.	• Requerimiento de Biodigestor para estabilización de los lodos. • Puede ser difícil hacer coincidir el suministro de oxígeno con la demanda de oxígeno en el arranque.
Alta Tasa	• Los tanques de aireación requieren un menor volumen que los reactores convencionales. • Menor requerimiento de energía para la aireación.	• Menor estabilidad en el tratamiento y por lo tanto una menor calidad del efluente. • Producción de lodos alta. • Requerimiento de Biodigestor para la estabilización de los lodos. • No es adecuado para desarrollar procesos de nitrificación.
Aireación Extendida	• Alta calidad en el efluente tratado. • Diseño y operación relativamente sencillas. • Lodo estabilizado y baja producción de biosólidos. • No se requiere de la instalación de biodigestores por la alta edad de lodo que manejan. • Capaces de tratar cargas altas de contaminantes.	• Alto requerimiento de energía. • Tanques de aireación relativamente grandes.
Zanjón de Oxidación	• Alta calidad en el efluente tratado. • Capaces de tratar cargas altas de contaminantes. • Adaptables para remoción de nutrientes. • Procesos de alta confianza y operación simple. • Menor uso de energía que los reactores de aireación extendida.	• Estructuras grandes, por lo cual requieren de mayor espacio. • Baja relación de A/M pueden causar “bulking”. • Dificultad en la expansión de la planta. • Mayor dificultad de construcción que los reactores de aireación extendida.
SBR	• Proceso más simplificado, no se requieren sedimentadores secundarios y bombeo para recircular lodos al reactor. • Sistema compacto.	• El proceso de control y operación de la planta es más complicado. • Se requiere de mayor control y mantenimientos para la instrumentación, dispositivos de monitoreo, y válvulas

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PROCESO	VENTAJAS	LIMITACIONES
	• Operación flexible, remoción de nutrientes pueden ser realizadas con cambios operacionales.	automáticas.

*Fuente: **Fuente especificada no válida.**, consultoría*

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

8 CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS SEGÚN RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 Y RESOLUCIÓN 0799 DE 2021

ARTICULO 46 RESOLUCIÓN 0799 DE 2021. POR EL CUAL SE MODIFICA EL ARTÍCULO 166 DE LA RESOLUCIÓN 0330 DE 2017

“Articulo 166. Caudal de Diseño. Los procesos y unidades de plantas de tratamiento de aguas residuales, excepto sistemas lagunares, para localidades con caudales de diseño iguales o menores a 30 LPS, se proyectarán con un caudal de tres (3) veces el caudal medio correspondiente al valor de tiempo seco según se define en el artículo 134, inciso tercero de la presente resolución. No se considera infiltración ni conexiones erradas. Para el dimensionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, para caudales superiores a 30 LPS y sistemas lagunares deberán tenerse en cuenta los caudales indicados en la Tabla No.10.

Tabla 11 Caudales de Diseño Tratamiento de Aguas Residuales superiores a 30 L/s.

Caudal	Descripción	Aplicación
Caudal medio de diseño	Caudal medio diario de capacidad de la PTAR	Caudal de referencia Caudal de diseño de unidades de tanques sépticos Sistemas lagunares
Caudal máximo horario	Máximo volumen en una hora, identificado en los registros estudiados	Dimensionamiento de sistemas de bombeo, procesos físicos (desarenadores, cribados, trampas de gras y sedimentadores primarios y secundarios) Desarrollo de estrategias operativas Conductores de interconexión de unidades de proceso
Caudal máximo diario	Máximo volumen en un día identificado en los registros estudiados	Dimensionamiento de tanques de regulación Dimensionamiento de sistemas de bombeo de lodos Dimensionamiento de dosificación química

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Caudal	Descripción	Aplicación
Caudal máximo mensual	Máximo volumen en un mes, identificado en los registros estudiados	Dimensionamiento de Biorreactores Dimensionamiento del almacenamiento de químicos.

Fuente: Resolución 0799 de 2021

ARTÍCULO 53 RESOLUCIÓN 0799 DE 2021 POR EL CUAL SE MODIFICA EL ARTICULO 184 – RESOLUCIÓN 0330 DE 2021: De acuerdo con la eficiencia necesaria del tratamiento existen diferentes alternativas para lograr el objetivo.

Unidad de Tratamiento		Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentaje (%)						
		DBO5	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	Observaciones
Pre-tratamiento	Cribado o desbaste	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Remociones con mili tamices y micro cribas
	Desarenadores	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	Trampa de Grasas	N/A	N/A	N/A	N/A	85-95	N/A	
Tratamiento primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	75-85	60-70	30-50	
	Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	75-85	80-90	80-90	
	Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	75-85	60-70	-80	
Tratamiento Secundario	Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	75-85	70-90	80-90	Sin contar con algas
	Lagunas aireadas	80-95	60-70	N/A	N/A	N/A	80-90	Con sedimentación secundaria
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lodos activados convencionales	80-95	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros Percoladores de Alta tasa roca	65-90	55-70	60-85	N/A	N/A	80-90	

Unidad de Tratamiento		Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentaje (%)						
		DBO5	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	Observaciones
	Filtros Percoladores de Alta tasa plástico	75-95	60-80	65-85	N/A	N/A	80-90	
Desinfección	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Laguna de Maduración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99.99	

Fuente: Resolución 0799 de 2021

ARTÍCULO 185. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Sistemas de remoción de grasas. Se deberán prever sistemas de remoción de grasas y aceites en la parte de tratamiento preliminar de los sistemas de tratamiento de aguas residuales centralizados. Dependiendo del tamaño de la población se emplearán trampas de grasas similares a las indicadas en el Artículo 172. Para plantas de caudales medios a tratar de 100 L/s y mayores se puede considerar la utilización de sedimentadores desengrasadores aireados. El producto de la remoción de grasas y aceites deberá disponerse en conjunto con los residuos sólidos de la PTAR, en condiciones que permitan el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente

ARTÍCULO 186. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos de diseño para rejillas. Las rejillas deben colocarse aguas arriba de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. Se consideran rejas gruesas aquellas en que sus barrotes distan entre sí de 4 a 10 cm, rejas medias entre 2 y menores de 4 cm, y rejas finas entre 1 y menores de 2 cm. La velocidad máxima de aproximación debe ser de 1,2 m/s para caudal máximo y de 0,3 m/s para caudal mínimo. La limpieza de las rejas medias o finas se podrá hacer manual o mecánicamente; debe considerarse el empleo de rejas de limpieza mecánica para caudales medios de diseño, iguales o superiores a 100 L/s.

ARTÍCULO 188. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos de diseño para desarenadores. Independientemente de las características geométricas de los desarenadores,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

éstos deben localizarse después de las rejillas, y antes de los tanques de sedimentación primaria y las estaciones de bombeo; esto último, cuando sea posible.

Para el diseño de los desarenadores se requiere prever la eliminación de partículas con diámetro mínimo de 0,3 mm, con una velocidad de decantación de 0,03 m/s, y deberá buscarse mantener una velocidad horizontal de 0,3 m/s en desarenadores de velocidad constante y flujo transversal. Con el fin de garantizar la velocidad constante es necesario planear estructuras de salida tipo vertedero Sutro, vertedero proporcional, secciones parabólicas, etc., las cuales deben ser prefabricadas para garantizar su precisión, y utilizando materiales resistentes al agua residual. Las estructuras de desarenado deberán contar con sistemas hidráulicos de evacuación de lodos.

Se exige construir un mínimo de dos unidades. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad esté en limpieza.

ARTÍCULO 175. [RESOLUCIÓN 0330 DE 2017]. Filtro anaeróbico de flujo ascendente. Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA) se construyen como una cámara anexa al final del pozo séptico o como una cámara independiente. El lecho filtrante podrá estar constituido por un lecho de grava, con un volumen de 0,02 a 0,04 m3 por cada 0,1 m3/día de aguas residuales que se van a tratar; también será posible emplear material filtrante plástico, utilizando la mitad del volumen anterior.

ARTÍCULO 192. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos para diseño de reactores RAP. El reactor anaerobio a pistón (RAP) es la suma de varios reactores divididos por bafles o pantallas, provisto de un SGSL, similar al descrito para el UASB. A continuación, se presenta la carga volumétrica que se tiene que aplicar en función de la temperatura:

Tabla 12. Tiempo de Retención para Reactores RAP

Temperatura (°C)	Tiempo de retención (horas)
16 – 19	10 - 14
22 – 25	7 - 9
>25	4 - 5

Fuente. Resolución 0330 de 2017 / Resolución 0799 de 2021

ARTÍCULO 193. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos de diseño para procesos de lodos activados. En la Tabla 13 se indican los parámetros principales de diferentes sistemas de lodos activados.

Tabla 13. Parámetros de lodos activados

Proceso	**F/M (KDBO/KGMLVSS.D)**	**LV (KGDBO/m3. d)**	**Td(h)**	**θc (d)**	**XT (SSV)**
Aireación extendida	0,04-0,10	0,1-0,3	20-30	20-40	2000-5000
Proceso	**F/M (KDBO/KGMLVSS.D)**	**LV (KGDBO/m3. d)**	**Td(h)**	**θc (d)**	**XT (SSV)**
Estabilizador por contacto: Contacto estabilización	0,2-0,6 N/A	1-1,3	0,5-1 2-4	5-10 N/A	1000-3000 6000-10000

Fuente: Resolución 0330 de 2017

ARTÍCULO 195. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos de diseño para sedimentadores secundarios. Los lineamientos técnicos que deberán ser tenidos en cuenta son los siguientes:

- Para sedimentadores secundarios sin barrelodos, las pendientes de fondo deberán estar entre 45° y 65°. Este tipo de sedimentadores se emplean hasta caudales de 6 L/s.
- Para caudales mayores a 6 L/s será necesario emplear sistemas barrelodos auxiliares para la concentración y extracción de los lodos, con pendiente de fondo entre 5 a 10% para sedimentadores circulares, y 1% para sedimentadores rectangulares.
- El tanque debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado. Para el caso de tanques rectangulares la relación longitud-ancho debe estar entre 1,5:1 y 15:1.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Para el caso de tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 45 m; la profundidad debe estar entre 2,5 y 4 m.

- Debe elegirse la mayor de las áreas calculadas, de acuerdo con las siguientes tasas mínimas recomendadas de desbordamiento superficial: a. Para caudal medio utilizar entre 16 a 28 m^3/m^2día. b. Para caudal pico utilizar entre 40 a 64 m^3/m^2día.
- El tiempo de retención hidráulica debe estar entre 2 y 3,5 horas.
- Debe preverse la construcción de más de un sedimentador para caudales iguales o superiores a 250 L/s.

ARTÍCULO 57 RESOLUCIÓN 0799 DE 2021. POR EL CUAL SE ADICIONA EL ARTÍCULO 206A. A LA RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Gestión de subproductos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Para todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales, el formulador del proyecto deberá analizar las alternativas disponibles para la gestión de los subproductos resultantes del proceso de tratamiento de aguas residuales según los lineamientos de esta resolución. Para los lodos generados en los procesos del tratamiento se deberá realizar su estabilización mediante el uso de procesos e infraestructura destinada para tal fin. Su disposición final o aprovechamiento deberá sujetarse a la normativa ambiental vigente, una vez realizado el análisis previsto en el artículo 212 (aprovechamiento de los subproductos) de la presente resolución.

En el caso de los lodos generados en los procesos del tratamiento se deberá realizar su estabilización mediante el uso de procesos e infraestructura destinada para tal fin.

ARTÍCULO 207. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Caracterización de lodos y biosólidos. Para la caracterización de lodos y biosólidos del tratamiento de las aguas residuales, deben obtenerse muestras, tanto para propósitos operativos, de aprovechamiento y disposición final, así como para el seguimiento por parte de las autoridades ambientales. Con el fin de obtener muestras representativas, es indispensable considerar los siguientes aspectos:

- Lugar de la muestra.
- Instalación del muestreo (permanente o temporal).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Presencia de condiciones de riesgo (gases de carácter explosivo).
- Condiciones hidráulicas (flujo a presión, canales abiertos, etc.).
- Naturaleza del lodo o biosólido que se va a muestrear (completamente mezclado, estratificado, etc.).
- Dosificación del flujo (volumétrico).
- Tipo de análisis (patógenos, metales, pH, nutrientes).
- Período de muestreo (horario, diario, semanal).
- Métodos para preservación de la muestra.
- La caracterización de los parámetros que es necesario medir debe incluir, como mínimo, cadmio, cromo total, cobre, plomo, mercurio, níquel, zinc, molibdeno, arsénico, selenio, coliformes fecales, huevos de helmintos viables, salmonella sp y virus entéricos.
- La frecuencia de muestreo está relacionada con la cantidad de biosólidos producidos en la planta de tratamiento de aguas residuales, como se ilustra a continuación.

Tabla 14. Producción de Biosólidos y Frecuencia de Análisis

Producción de biosólidas toneladas / año de biosólido (base seca)	**Frecuencia mínima de análisis**
< 300	Anual
300 - 1500	Semestral
>1500-15000	Trimestral
> 15000	Mensual

Fuente. Resolución 0330 de 2017

ARTÍCULO 211. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Requisitos mínimos de diseño para procesos de manejo de lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros de diseño.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 15. Criterios de Diseño para Espesadores de Lodos por Gravedad

Tipo de lodo	Carga de lodos (Kg/m2. día)	Carga hidráulica máxima de rebose (m3/m2*día)
Lodo primario	100 - 150	15,5 – 31
Lodo secundario de filtro biológico	40 – 50	–
Lodo secundario de lodos activados	20 – 40	- 8

Fuente. Resolución 0330 de 2017

Tabla 16. Criterios de diseño para digestores anaeróbicos completamente mezclados

Parámetro	Unidades	Valor
Volumen		
Lodo primario	m3/hab	0,03 – 0,06
Lodo primario + lodo secundario de filtro biológico	m3/hab	0,07 – 0,09
Lodo primario + lodo activado	m3/hab	0,07 – 0,11
Carga de sólidos	Kg SSV/m3*d	1,6 – 4,8
Tiempo de retención de sólidos	Días	15 - 20

Fuente. Resolución 0330 de 2017

Tabla 17. Requerimientos de Área para Lechos de Secado a Cielo Abierto

Tipo de biosólido	Área (m2/persona)	Carga de sólidos (Kg/m2*año de sólidos secos)
Primario digerido	0,1	120 - 150
Filtro percolador digerido	0,12 – 0,16	90 - 120
Lodos activados digeridos	0,16 – 0,24	60 - 100

Fuente. Resolución 0330 de 2017

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Los anteriores valores podrán reducirse al 75% cuando los lechos de secado se cubren.

Otra alternativa para el secado de los biosólidos son las canchas de secado, que se emplearán en zonas secas. La carga de sólidos debe estar entre 50 a 150 kg/m2, y la aplicación deberá realizarse en capas de 25 cm.

- Parágrafo 1°. La concentración de coagulantes (FeCL3 o CaO) o polímeros para mejorar el desempeño del espesamiento de lodos será determinada mediante ensayos en la planta.
- Parágrafo 2°. La utilización de otras tecnologías de espesamiento como flotación y centrifugación deberá ser evaluada técnica y económicamente.
- Parágrafo 3°. El empleo de otras tecnologías de digestión de lodos, como digestión aeróbica, deberá ser evaluado técnica y económicamente.
- Parágrafo 4°. La utilización de sistemas mecanizados como centrífugas, filtros de banda o filtros prensa, deberá ser evaluada técnica y económicamente, a partir de los rendimientos y características técnicas de los mismos.

ARTÍCULO 212. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Aprovechamiento de los subproductos. Se deberá contemplar el aprovechamiento de los subproductos del tratamiento del agua residual (biogás, biosólidos y agua tratada), mediante una evaluación económica y cumpliendo con la normatividad vigente. En el caso de biosólidos, deberá considerarse el Decreto 1287 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015 o en las normas que lo modifiquen, sustituyan, adicionen o complementen.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

9 DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS

El dimensionamiento de la PTAR de Cogua para el sector del Olivo se realizará el tratamiento preliminar que es común mara todas las alternativas para el total del caudal y el tratamiento secundario y desinfección estará conformado por dos módulos, el manejo de lodos también por modulo

Para cada una de las alternativas se realizará el dimensionamiento de cada una de las unidades de acuerdo con el sentido de flujo de cada sistema. Sin embargo, el tratamiento preliminar y la cámara de desinfección es igual para cada una de ellas, por ende, solo se mostrarán los cálculos en la primera fase.

9.1 CÁLCULOS DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS

Los dimensionamientos de esta unidad de tratamiento se realizarán conforme a lo establecido en el numeral 7.2 "Tratamiento Preliminar" del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Cogua para el sector del Olvio contenido en el presente documento. Todos los cálculos correspondientes a esta unidad se efectuarán considerando el caudal máximo horario (QMH). Dicho caudal será distribuido entre tres unidades, de las cuales dos operarán de forma simultánea, mientras que la tercera se mantendrá en condición de reserva (stand-by), destinada a entrar en operación únicamente durante procesos de limpieza y/o mantenimiento de alguna de las unidades activas.

9.1.1. Canal de aproximación

El emisario final pasara al canal de entrada al tratamiento preliminar para lo cual dimensionaremos este canal, el canal de aproximación a las rejillas se calculó con la ecuación de Manning para establecer la velocidad de aproximación como se evidencia en la Tabla 18.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 18 Dimensionamiento canal de aproximación

I. DISEÑO DEL CANAL DE APROXIMACION TOTAL				
PARÁMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA**
Caudal máximo horario	3,65	L/sg	QMH	
Número de Canales	1	un	#	
Caudal de Diseño	3,65	L/sg	Qdiseño	$Q_{Diseño} = \frac{QMH}{\#\ Canales}$
Coeficiente	0,013		n	
Ancho	0,400	(m)	b	
Pendiente	0,030	m/m	s	
Lamina	0,014	m	h	
Velocidad de aproximación	0,750	m/s	v	$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$
Área	0,006	m^2	A	$A = b * h$
Perímetro	0,429	m	P	$P = b + (2 * h)$
Radio	0,013	m	RH	$R_H = \frac{A}{P}$
Q	0,00365	m^3/s	Qdiseño	$Q_{Diseño\ m3} = \frac{Q_{Diseño}}{1000}$
h (interando)	0,014	m	h	
Caudal	0,00429	m^3/s	Q	

Fuente: Consultoría

Donde se puede evidenciar que el ancho del canal será de 0,5 m y la longitud de 1 m. con pendiente 1.0% la lámina de agua será 0,015 m y la velocidad de aproximación de 0,454 m/s.

9.1.2 Sistema de cribado grueso, medio y fino

Teniendo en cuenta que el caudal de diseño para el sistema de rejas es de 3.65 LPS, y conforme a lo establecido en el Artículo 186 de la Resolución 0330 de 2017, la limpieza de las rejas medias o finas podrá realizarse de manera manual o mecánica. No obstante, esta normativa recomienda la implementación de sistemas de limpieza mecánica cuando el caudal medio de diseño sea igual o superior a 100 LPS.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Dado que el caudal del sistema se encuentra por debajo, se contempla la instalación de rejillas de limpieza manual en sus tres etapas (gruesa, media y fina). El dimensionamiento de estas unidades se presenta en las Tabla 19, 29 y 30, e incluye parámetros como el espaciamiento entre barras, la inclinación de las rejas, la forma y espesor de las barras, así como las pérdidas de carga generadas por el paso del agua a través de ellas.

I. DISEÑO DEL CANAL DE APROXIMACION AL CRIBADO QMH				
PARÁMETRO	**VALOR**	**UNIDAD**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA**
QMH	**3,65**	L/s	QMH	
# Canales	**1**		#	
Q Diseño	3,65	L/seg	Qdiseño	$Q_{Diseño} = \frac{QMH}{\#\ Canales}$
n coeficiente r	0,013		n	
b ancho	0,30	m	b	
s pendiente	0,030	m/m	s	
h lamina	0,015	m	h	
v de aproximación	0,767	m/s	v	$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$
Área	0,005	m^2	A	$A = b * h$
Perímetro	0,330	m	P	$P = b + (2 * h)$
Radio H	0,014	m	RH	$R_H = \frac{A}{P}$
Q Por canal	0,00365	m^3/s	Qdiseño	$Q_{Diseño\ m3} = \frac{Q_{Diseño}}{1000}$
h (interando)	0,015	m	h	
Caudal	0,00350	m^3/s	Q	

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 19. Diseño rejilla gruesa

2. DISEÑO DE LA REJILLA GRUESA (Entre 4 a 10 cm)

$Hf = K * (t / a)^{4/3} * sen (Ø) * V^2/2g$

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES	SÍMBOLO	FÓRMULA
Caudal	0,00365	m^3/sg	Q	$Q = \frac{\left(\frac{Q}{1000}\right)}{\#canales}$
Número de canales	1	Und	#	
Factor de forma de la barra	2,420		K	$k = \beta$
Ancho de la barra	0,005	m	t	$\frac{3}{16}" * 0{,}0254$
separacion entre barras	0,060	m	a	
Angulo de inclinacion	60,000	Grados	Ø	
Velocidad de aproximación	0,767	m/s	v	$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$
Pérdidas con rejilla limpia	0,002145	m	Hf	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen\emptyset * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$
Longitud mojada de la rejilla	0,018	m	L	$L = \left(\frac{h}{\frac{sen\theta * \pi}{180}}\right)$
Espesor de la barra	0,005	m	x	
Ancho de la rejilla	0,300	m	b	
Número de barras	5,000	Und	Nb	$N_{barras} = \frac{b}{x + a}$
Número de espacios	6,000	Und	Nes	$N_{espacios} = N_{barras}$ +1
Perdidas con rejilla sucia	0,0085792	m	Hf2	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen\emptyset * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{2V^2}{2g}\right)$

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 20. Diseño rejillas media

2. DISEÑO DE LA REJILLA MEDIA (Entre 2 y < 4 cm)

$$Hf = K * (t / a)^{4/3} * sen(Ø) * V^2/2g$$

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	SIMBOLO	FÓRMULA
Caudal	0,00365	m^3/sg	Q	$Q = \frac{\left(\frac{Q}{1000}\right)}{\#canales}$
Factor de forma de la barra	2,420		K	$k = \beta$
Ancho de la barra	0,005	m	t	$\frac{3}{16}" * 0{,}0254$
separacion entre barras	0,030	m	a	
Angulo de inclinacion	60,000	Grados	Ø	
Velocidad de aproximación	0,767	m/s	V	$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$
Pérdidas con rejilla limpia	0,005	m	Hf	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen Ø * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$
Longitud mojada de la rejilla	0,018	m	L	$L = \left(\frac{h}{\frac{sen\theta * \pi}{180}}\right)$
Espesor de la barra	0,005	m	x	
Ancho de la rejilla	0,300	m	b	
Número de barras	9,000	Und	# barras	$N_{barras} = \frac{b}{x + a}$
Número de espacios	10,000	Und	# espacios	$N_{espacios} = N_{barras}$ +1
Perdidas con rejilla sucia	0,022	m	Hf_2	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen Ø * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{2V^2}{2g}\right)$

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 21. Diseño rejilla fina

4. DISEÑO DE LA REJILLA FINA (Entre 1 y < 2 cm)

Hf = K * (t / a)4/3 * sen (Ø) * V2/2g

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	SIMBOLO	FÓRMULA
Caudal	0,004	m^3/sg	Q	$Q = \frac{\left(\frac{Q}{1000}\right)}{\#canales}$
Factor de forma de las barras	2,420		K	$k = \beta$
Ancho de la barra	0,005	m	t	$\frac{3}{16}" * 0{,}0254$
Separación entre barras	0,010	m	a	
ángulo con la horizontal	60,000	Grados	Ø	
Velocidad de aproximación del canal	0,767	m/s	V	$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$
Perdidas con rejilla limpia	0,023	m	Hf	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen\emptyset * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$
Longitud mojada de la rejilla	0,018	m	L	$L = \left(\frac{h}{\frac{sen\theta * \pi}{180}}\right)$
Espesor de la barra	0,005	m	x	
Ancho de la rejilla	0,300	m	b	
Número de barras	20,000	Und	# barras	$N_{barras} = \frac{b}{x + a}$
Número de espacios	21,000	Und	# espacios	$N_{espacios} = N_{barras}$ +1
Perdidas con rejilla sucia	0,094	m	Hf_2	$H_f = k * \left(\left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{sen\emptyset * \pi}{180}\right)\right) * \left(\frac{2V^2}{2g}\right)$

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los dimensionamientos anteriores se presenta un cuadro resumen de las perdidas por cada una de las rejillas como se evidencia en la Tabla 22.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 22 Resumen de perdidas en las rejillas del canal de cribado

RESUMEN GENERAL				
Componente	**Ancho**	**Pérdidas rejilla limpia**	**Pérdidas rejilla sucia**	**Altura Lámina de agua**
Canal de llegada	0,400	-	-	0,014
Rejilla gruesa	0,300	0,002	0,009	0,023
Rejilla media	0,300	0,005	0,022	0,045
Rejilla fina	0,300	0,023	0,094	0,138

Fuente: Consultoría

9.1.3 Desarenador

En la Tabla 23 se puede evidenciar el dimensionamiento del desarenador teniendo en cuenta que como estructura de control y regulación de las velocidades se realiza a través de una canaleta Parshall.

Se selecciona una estructura de sección rectangular con 2 módulos en paralelo de los cuales uno (1) estará en operación y uno en stand by. Esto con el fin de que cuando se requiera el mantenimiento de uno de los canales, el que se encuentra en Stand by entre en operación y permita el retiro de las arenas o el mantenimiento que se requiera. Al finalizar el canal del desarenador se encontrará localizado un vertedero tipo Sutro, el cual permitirá aforar el caudal que dará ingreso a la unidad de trampa de grasas y ayudará a garantizar una velocidad constante.

Los parámetros más importantes para tener en cuenta de acuerdo con la resolución 0330 del 2017 será la velocidad en los canales y la tasa de desbordamiento superficial. Para los dimensionamientos se tomó que como estructura de control será una canaleta Parshall con garganta de 3 “

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 23 . Diseño desarenador

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO
DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021
DESARENADOR CON 1 CANAL

NOTA Las celdas con el fondo en color gris, corresponden a valores de entrada; y las respuestas se presentan en las celdas de color rojo.

I. DISEÑO DE LA CANALETA PARSHALL

Q_{med}	3,65	L/s	0,13 cfs
Q_{max}	5,07	L/s	0,18 cfs
Q_{min}	1,83	L/s	0,06 cfs
W	3	plg	

Ecuaciones para las Canaletas Parshall

		Qmin	Qmax	
W = 3"	$Q = 0,992\ H_a^{1,547}$	0,85	53,80	L/s
W = 6"	$Q = 2,06\ Ha^{1,58}$	1,42	110,44	L/s
W = 9"	$Q = 3,07\ Ha^{1,53}$	2,55	252,02	L/s
W = 12" a 8'	$Q = 4\ W\ H_a^{1,522W0.02(}$	3,11	3.950,20	L/s
W = 10' a 50'	$Q = (3,6875\ W + 2,5)\ Ha^{1,6}$			

Resultados

H_a **med**	0,267	ft	0,081	m
H_a **max**	0,331	ft	0,101	m
H_a **min**	0,171	ft	0,052	m
z	0,081	ft	0,025	m
H_a**-z**	0,250	ft	0,076	m

II. DISEÑO DEL DESARENADOR

Carga Superficial 1000 m³/m²/día

Chequeos de **B** y **L** para $Q_{mín}$

				Calculados	Asumidos
A_{sup}	0,44	m²			
B (ancho)	0,22	m	0,30	m	OK	OK
L (long.)	1,97	m	1,20	m	OK	OK
VERIFICACION AREA			0,36	m²		
LONGITUD REJILLAS			1,5	m		

V 0,22203
L CANAL 2,70

Velocidad < 0,3 m/s

Fuente: Consultoría

Las dimensiones seleccionadas son las siguientes:

- Longitud: 2.70 m
- Ancho: 0,30 m
- Carga hidráulica máxima superficial: 1000 m^3/m^2 día
- Velocidad de operación: 0,22 m/s.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

9.1.4 Trampa de grasas

Esta unidad se hace necesaria para remover las grasa y aceites exigidos en los objetivos de calidad los cuales deben ser menores a 10 mg/l.

En la Tabla 24 se puede evidenciar el dimensionamiento de la trampa de grasas en el tratamiento preliminar.

Tabla 24 Dimensionamiento Trampa de Grasas

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 DISEÑO TRAMPA GRASAS					
PARAMETRO	**UNIDAD**	**NORMA**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FÓRMULA**
CAUDAL MÁXIMO MENSUAL	l/s		**3,65**	*QMM*	
CAUDAL MÁXIMO HORARIO	l/s		**3,65**	*QMH*	
NUMERO DE MODULOS	un		**1,00**		
Q DE DISEÑO MODULO	l/s		**3,65**	Q_D	
Q DE DISEÑO MODULO	m^3/h		**13,14**	Q_D	
Q DE DISEÑO MODULO	m^3/min		**0,22**	Q_D	
TIEMPO RETENCIÓN	min	**2,5 min**	**2,50**	T_R	
VOLUMEN	m^3		**0,55**	*V*	$V = T_R \text{ x } Q_D$
H TOTAL	m		**1,70**	*H*	
BORDE LIBRE	m		**0,50**	B_L	
PROFUNDIDAD LAMINA DE AGUA	m		**1,20**	P_L	
AREA	m^2		**0,46**	*A*	
ANCHO	m		**0,39**	*b*	
LARGO	m		**1,17**	*L*	
RELACION LARGO ANCHO		**1:1 a 3:1**	**3,00**		

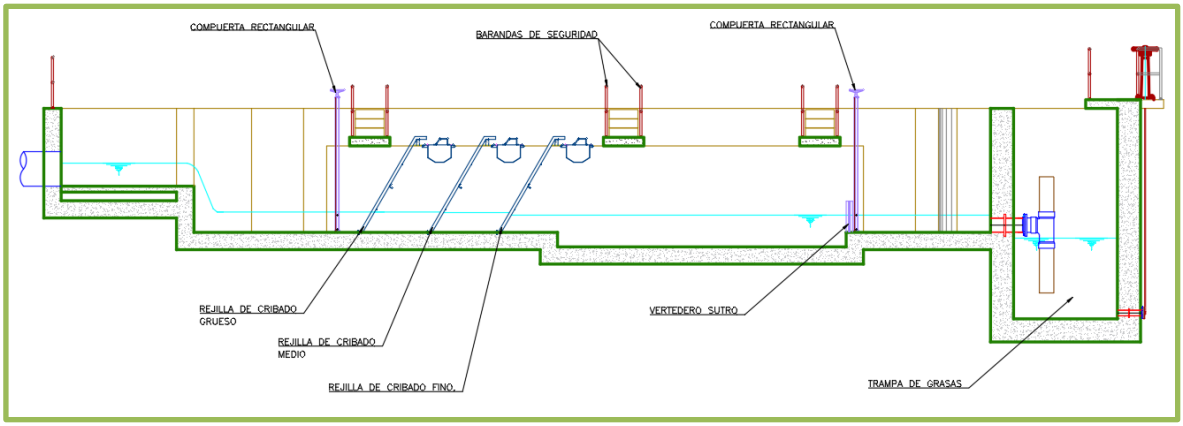
Fuente: Consultoría

Como se puede evidenciar en la tabla anterior las dimensiones de la trampa de grasas son las siguientes:

- Longitud: 1,20m
- Ancho: 0,40 m
- Altura útil: 1,20 m
- Tiempo de retención: 2,5 min
- Volumen: 0.58 m^3

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Ilustración 16. Vista en corte tratamiento preliminar



Fuente: Consultoría

9.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

Aprovechando la topografía del área disponible de la PTAR, se plantea llegar a gravedad del tratamiento fisicoquímico al tratamiento secundario, puesto que se prevé aprovechar los tanques existentes.

A continuación, se realizan los dimensionamientos de las unidades de tratamiento secundario y biológico para cada una de las alternativas.

9.2.1 Alternativa No. 1 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) + sistema aerobio de lodos activados (LAC)+ Secundaria + desinfección + lechos de secado.

Para la presente alternativa se dimensionarán las dos unidades biológicas, anaerobia FAFA y aerobia LAC

9.2.1.1 Dimensionamiento filtros anaerobios de flujo ascendente - FAFA

Para los FAFA se aprovecharán los tanques existentes de la PTAR que actualmente operan como RAP, es decir, que se contemplan dos trenes de tratamiento.

- Geometría: Rectangular
- Material de construcción: Concreto reforzado 4.000 psi

Se calculará el sistema para los parámetros establecidos en la Resolución 0330 del 2017 y Resolución 0799 de 2021.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 25. Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente FAFA

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE					
PARAMETRO	**UNIDAD**	**PARÁMETROS**	**FLUJO ASCENDENTE**	**SÍMBOLO**	**ECUACIÓN**
NUMERO DE MODULOS	**un**		2,00		
CAUDAL A TRATAR	**l/s**		3,65		
CAUDAL A TRATAR MODULO	m^3/h		6,57	Q	
CONCENTRACION DQO AFLUENTE	mg/L		310,00	DQO AFLU	
CARGA DQO	Kg/d		48,88	$C\ DQO$	C DQO AFLUEN= $DQO\ AFLUE$ x Q_D
TEMPERATURA	°C	10 A 35	18,22	T	
CARGA VOLUMETRICA EN EL RELLENO	**kg DQO/m^3.día**	**0.2 - 1**	0,51	C_{vol}	
CARGA ORGANICA (ACT. METANOGENICA)*	kg DQO/Kg SSV.día	0.5 - 1.3	1,00	C_{orga}	$Prod_{todos} = DQO\ x\ Eficie\ 1$
PRODUCCIÓN DE LODOS	kg SS/ Kg DQO rev.	12% DQO REMOVIDA	2,93	$Prod_{Lodos}$	
VOLUMEN REACTOR LECHO FIJO	**m^3**		96,79	$V_{r\ fijo}$	$V_{r\ fijo} = DQO\ /Carga_{vol}$
ALTURA UTIL DE RELLENO	m		1,80	$H_{relleno}$	
ALTURA FASE MEZ CLA Y CLARIFICADO	m		0,50	$H_{mezclad\ -clarifi}$	
BORDE LIBRE	m		0,30		
ALTURA TOTAL TK	**m**		2,60	H_{Total}	$H_{Total} = H_{relleno} + H_{mezclad\ -clarifi}$
AREA TANQUE	m^2		39,90	A_{Tanque}	$A_{Tanque} = V_{r\ fijo}/H_{relleno}$
ANCHO	m		2,93	$Ancho$	
LONGITUD	m		13,62	L1	
AREA REAL TANQUE	m^2		39,90	$A_{TK\ CIRCU}$	
VOLUMEN UTIL	m^3		71,82	$\%Q_R$	
VELOCIDAD ASCENCIONAL TK	**m^3/m^2/hora**	**0.5 - 1.0**	0,16	V_{ASCE}	$V_{ASCE} = Q / A_{Tanque}$
VELOCIDAD ASCENCIONAL	**m^3/m^2/d**	**<10**	3,95	V_{ASCE}	$V_{ASCE} = Q / A_{Tanque}$
CAUDAL DE ACIDIFICACION/RECIRCULACION	m^3/h		11,29	Q_R	$Q_R = Q\ x\ (1 + \%Q_R/100)$
TIEMPO DE RETENCION	horas	2.5 - 10	10,93	T_R	$T_R = \left(\frac{V_{r\ fijo}}{Q}\right) + \frac{(A_{Tanque} \times H_{mezclad\ -clarifi})}{Q}$
TIEMPO DE RETENCION + RECIRCULACION	**horas**		6,36		
EFICIENCIA	%		49,9%	E	E = 100 (1 – k/T^m)
CONCENTRACION DQO EFLUENTE	mg/L		**155,39**		

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los cálculos que se evidencian en la Tabla 25 se pueden evidenciar que con las dimensiones de los taques existentes se cuenta con los siguientes parámetros:

- Número de trenes:2

- Longitud del tanque: 13.63 m
- Ancho del tanque: 2.93 m
- Altura total del tanque: 2.60 m
- Altura lámina de agua: 2.3 m
- Volumen total del tanque: 103.83m^3
- Tiempo de retención: 11.57 horas

9.2.1.2 Subproductos generación de Biogás

En la Tabla 26, se presentan los cálculos de la producción de biogás para filtro anaerobio

Tabla 26. Producción de biogás FAFA

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO PRODUCCIÓN DE BIOGAS				
PARÁMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA**
CAUDAL	m^3/h	13,14	Q	
DQO	mg/l	310,00	DQO	
Eficiencia de remocion	%	50%	E	
C DQO	Kg/d	97,76	C DQO	$CDQO = \frac{DQO\ X\ Q\ X\ 24}{1000}$
BIOGAS	m^3/d	0,24	Biogas	$Biogas = CH_4/0{,}75$
BIOGAS	m^3/h	0,01	Biogas	
METANO	m^3/d	0,18	CH_4	$CH_4 = (Q * 24) * (DQO/1000) * (E/100) * 0{,}35 * ((T + 273{,}15)/273{,}15)$
METANO	m^3/h	0,01	CH_4	
TEMPERATURA	°C	18,22	T	Tempertura del afluente

Fuente: Consultoría

Composición del biogás

- 70 - 80% Metano (CH_4)
- 19 - 28% CO_2
- 1 - 2% Otros Gases Saturado con agua

Cabe aclarar que debido a que la producción de biogás no es significativa, no se ha considerado su tratamiento por quema con antorcha como se realiza comúnmente, para esto

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

se ha considerado un pequeño biofiltro, por el que pasara el biogás y se liberara a la atmosfera.

9.2.1.3 Dimensionamiento Reactor aerobio LAC

Se diseñarán dos (2) tanques de aireación con las siguientes especificaciones:

- Geometría: Rectangular
- Material construcción: Concreto reforzado 4.000 psi
- Aireación: A través de sopladores y difusores

Se calculará el sistema de lodos activados por aireación extendida como se muestran en la tabla 34, debido a la alta eficiencia (>90%) para cumplir con los objetivos de calidad del agua. En primer lugar, aparecen los parámetros de diseño, luego las dimensiones del tanque de aireación, posterior la cantidad de aire a suministrar y por último la potencia de los equipos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 27. Diseño Reactor Aerobio LAC

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO REACTOR AEROBIO DE LODOS ACTIVADOS				
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAUDALES				
Q DE DISENO PTAR	l/s	3,65	QMM	
Q DE DISENO PTAR	m^3/hr	13,14		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	3,65	QMH	
NUMERO DE MODULOS	UN	2,00	N	
CAUDALES POR MÓDULO				
Q DE DISEÑO PTAR	l/s	1,83	Qd	
Q DE DISEÑO PTAR	m^3/hr	6,60		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	1,83	Qp	
Q HORA. PICO PROYECT.	m^3/hr	6,57		
DBO5	mg/L	146,37	DBO	
CARGA DBO5	Kg/d	23,18	CDBO	
N AFLUENTE	mg/L	35,57	N	
CARGA N	Kg/dia	5,63	CN	
P AFLUENTE	mg/L	9,11	P	
CARGA P	Kg/dia	1,44	CP	
CARGAS				
DBO5 TOTAL	Kgr/DIA	23,18	LT	$LT = \frac{q * P}{1000}$
REDUCCIÓN DE LA DBO	%	95,22	Eb	
CARGA MASICA	Kg DBO/Kg-MLSS-D	0,09	Ls	
CONC.LODOS ACTIVADOS	Kg/m3	4,50	M	
CARGA NITROGENO	g N/ca-día	5634,5143	n	
N-NH4 TOTAL	Kg NH4-N/día	5,63	LN	$LN = \frac{n * Pp}{1000}$
CARGA HORARIA N-NH4	Kg N-NH4/hr	0,23	LNd	$LNd = \frac{LN}{10}$
DESARROLLO				
REMOCION EN PRIMARIO	%/100	0,00	rp	
CARGA AL TANQUE AIR.	Kg DBO/DIA	23,18	L	$L = LT - rp * l$
PESO SECO LODOS	Kg	268,34	WL	$WL = {}^{L}/_{Ls}$
PRODUCCION DE LODOS	Kg MLSS/DIA	15,08	PL	$PL = 1{,}2 * (LS^{0.23}) * (Eb/100) * L$
PESO SOLIDOS	%	0,5	PS	
PESO DE AGUA	%	99,5	PA	
DENSIDAD LODOS	Kg/m^3	5	DL	$DL = (PS/100) * 100($
VOLUMEN LODOS	m^3 MLSS/DIA	3,02	VL	$VL = PL/DL$
N LODO EXCESO	Kg N/día	0,60	NLex	$NLex = PL * 6/100$
EDAD DEL LODO	DIAS	17,8	Le	Le =WL/PL

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina
531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
TIPO AIREACION		**EXTENDIDA**		
VOLUMEN EFECTIVO TANQUE	m3	60	VT	$VT = \text{WL/M}$
t AIREACION REAL	HORAS	9,09	TTAT	$TTAT = VT/Qhp$
t AIREACION TEORICO	HORAS	9,09	TTAR	$VT/Qhp\ SI\ > 18\ o\ < 24$
CARGA VOLUMETRICA	Kg DBO/m3-d	0,39	CV	$CV = L/VT$
PROF. LAMINA AGUA	m	5	H	
NUMERO DE TANQUES	UNIDAD	1		
AREA POR TANQUE AIR.	m²	12,00	AT	$AT = \frac{VT}{H}$
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
DIAMETRO	m	3,91	r	$r = HT/2$
GEOMETRIA DEL TANQUE				
SI TANQUE CUADRADO:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
LADO DEL TANQUE	m	3,46	l	$I = AT^{0.5}$
SI TANQUE RECTANGULAR:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
RELACION LARGO/ANCHO		2	lt:w	
ANCHO DEL TANQUE	m	2,40	wt	$wt = \frac{AT}{i:w}$
LONGITUD DEL TANQUE	m	4,80	lt	$It = wt * (It:w)$
SI TANQUES CONCENTRICOS CON SEDIMENTADOR:				
AREA TOTAL	m²	15,96	ATC	$ATC = A_S + A_t$
DIAMETRO TOTAL	m	4,51	DTC	$DTC = \left(4 * \frac{ATC}{¾}\right)^{0.5}$
ANCHO TANQUE AIR.	m	1,13	WTA	$WTA = (DTC - Ds)/2$
OXIGENACION				
TASA O2 RESPIRACION M.O.	KgO2/KgDBO	0,5	a	
TASA O2 RESP. ENDOGENA	KgO2/KgMLSS-día	0,1	KRE	
O2 NITRIFICACION	Kg N/día	5,03	LNOX	$LNOX = LN - NLex$
TASA O2 PARA OXIDAR N	KgO2/KgN	4,5	ON	Por cada molécula de N requiero 4,5 moléculas de O
HORAS MAXIMA CARGA	HORAS	24	hMAX	
CARGA MASICA HORARIA	factor (1/HORAS)	0,04	hhr	$hhr = \frac{1}{hMAX}$
CONSUMO O2 LODOS ACT.				
O2 RESPIR. SUSTRATO (M.O)	KgO2/hr	0,46	O2S	$O_{2s} = hhr * a * Eb/100$
O2 RESPIRACION ENDOGENA	KgO2/hr	1,12	O2E	$O_{2E} = \left(\frac{1}{24}\right) * KRE * W$
O2 NITRIFICACION	KgO2/hr	0,94	O2N	$O_{22N} = hhr * ON * LNO$
CONSUMO TOTAL 02 L.ACTIV.	**KgO2/hr**	**2,52**	**OL-h**	$OL\text{-}h = O2S + O2E + O2N$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
CAPACIDAD OXIGENACION				
CONC.02(26°C)	g/m3	8,22	CL10	VER TABLAS T=26°C
CONC.O2 ACTUAL(18°C)	g/m3	6	CLT	6 para 2500 msnm y 8 a 0 msnm
CONC.O2 EN TANQUE	g/m3	2	CL	Entre 1,5 y 2,5
FACTOR USO O2 LODOS	-	0,9000	A	VER TABLAS (0,6 Y 0,95)
FACTOR CORRECCION TEMP.		0,8299	B	VER TABLAS
CAPACIDAD DE OXIGENACION	KgO2/hr	4,78	COh	$COh = \left(\frac{OLh}{A}\right) * \left[\frac{CL10}{CLT - CL}\right] *$
CWTR	KG O2/BHP-HR	1,50		Entre1,4 A 1,7 Dependiendo el equipo
POTENCIA	HP	3,19		
DEMANDA DE HP		**4,00**	**HP**	
SUMINISTRO DE AIRE				
SUMERGENCIA DIFUSORES	m	5	Di	
CONCENTR. O2 EN AIRE	KgO2/m3 aire	0,28	CA	
RAZON FLUJO AIRE ESPECIF.	m3 aire/hr-m tubo	12	f	
RAZON ABSORCION ESPECIF.	%	5,4	n'	
RAZON DE ABSORCION	%	27	n	$n = Di\ x\ n'$
CANTIDAD DE AIRE OXIG.	m3 aire/hr	63,20	AR	$AR = (COh * 100)/(n * C$
AIRLIFT				
TASA RETORNO LODOS	%	50	Re	
CAUDAL DE RETORNO	m3/hr	3,29	QRe	$Q_{Re} = Qhp * Re/100$
FACTOR AIRE RETORNO		1	fre	
CANT. AIRE AIRLIFT	m3/hr	3,29	AAL	$AAL = QRe * fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	m3/hr	66,48	ART	$ART = (AR + AAL)\ x\ fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	**CFM**	**39**	**ART**	
TUBERÍA OXIGENACION				
LONG.TEORICA TUBERIA OXIG.	m	5,27	Lta	$Lt = \left(\frac{AR}{f}\right)$
LONG.TOTAL TUBERIA OXIG.	m	5,60	Ltt	
VELOCIDAD POR TUBERIA	m/s	15	vt	
DIAMETRO TUBERIA	in	0,322	dt	$dt = \left[4 * \frac{\left(\frac{AR}{3600}\right)}{PI * vt}\right]^{0.5} \left(\frac{100}{12}\right)$
DIAMETRO COMERCIAL	in	1/2	dc	
CAPACIDAD TEORICA SOPLADOR				
DENSIDAD AIRE	Kg/m3	1,2	da	
POTENCIA TEORICA	HP	**3,00**	P	$P = \left(\frac{ART}{3.6}\right) * (Di + 1{,}7)x\ da/(76 * 0.6$

Fuente: Consultoría

En resumen, el reactor aerobio tendrá las siguientes dimensiones:

- Largo: 4.8 m
- Ancho: 2.4 m
- Altura útil: 5 m
- Altura total:5.5 m

9.2.1.4 Dimensionamiento de sedimentador secundario

Para el dimensionamiento del sedimentador se realizará para el caudal máximo horario de acuerdo con la Resolución 0330 y 0799.

Para esta alternativa serán dos (2) sedimentadores, uno para cada tren de tratamiento cada uno para la mitad del caudal. En la Tabla 28 se puede evidenciar el diseño del sedimentador.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 28. Dimensionamiento sedimentador secundario

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO SEDIMENTACIÓN				
CRITERIOS DE DISEÑO				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA**
CAUDAL HORARIO QMH	l/s	3,65		
N DE SEDIMENTADORES	UN	2,00		
CAUDAL HORARIO	m^3/hr	6,57	Qhp	$\frac{l}{s}*\frac{1m^3}{1000l}*\frac{3600s}{1hr}=\frac{m^3}{hr}$
CARGA SUPERFICIAL TEORICA	m3/m²-hr	1,66	So	ENTRE QMH 1,66 Y 2,66 o QMM 0,67 a 1,17 m3/m2h
CARGA SUP. VOL.LODOS	m3/m²-hr	0,8	SL	
TIEMPO DE RETENCION	hr	2,5	TRS	2 a 3,5 horas
TASA RETORNO	%	50	Re	
INDICE VOL.LODOS	m^3/Kg SS	0,100	SVI	$\frac{(1{,}2*Re)}{\left[\left(\frac{M}{10}\right)+(Re*M)\div 1000\right]}\div 1000$
DESARROLLO				
AREA 1	m²	4,00	A1s	$\frac{Qhp}{So}$
AREA 2	m²	3,30	A2s	$\frac{Qhp*M*SVI}{SL}$
AREA TANQUE SED.	m²	4,0000	As	MAYOR DE ARRIBA
VOLUMEN TANQUE SED.	m^3	16,40	Vs	$Qhp*TRS$
PROFUNDIDAD MEDIA	m	4,10	Hms	$\frac{Vs}{As}$
L MINIMA VERTEDERO	m	0,20	Lmv	As/(5*Hms) $\frac{As}{5*Hms}$
SI TANQUE CIRCULAR				
DIAMETRO TANQUE SED.	m	2,3	Ds	$\sqrt{\frac{4*As}{\pi}}$
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	7,20	Lvs	$L=\frac{2*\pi*Ds}{2}$
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,58	Sor	PI*Ds^2/4
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
SI EL TANQUE RECTANGULAR				
BORDE LIBRE	m	0,4	Bl	
ALTURA LODOS ASUMIDO	m	1	Hl	
ALTURA TOTAL	m	5,50	Hts	Bl+Hl+Hms
RELACION LARGO:ANCHO		2	raw	
ANCHO SEDIMENTADOR	m	2,40	Ast	(As/raw)^0.5
LONG. EFECTIVA SEDIMENT.	m	1,67	Lsd	Ast*raw
ESPACIO CANAL DE ENTRADA	m	0,2	Lsi	
ESPACIO CANAL SALIDA	m	0,2	Lse	
LONGITUD TOTAL SEDIMENT.	m	2,1	LsT	
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,64	Sor	Qhp/(Ast*Lsd)
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	2,40	lv	
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Cada sedimentador tendrá las siguientes dimensiones:

- Longitud: 2.4m
- Ancho:2.1m
- Altura lámina de agua: 3.32 m
- Altura total: 4.75m
- Numero de tolvas en el fondo: 2 unidades fondo tronco cónico
- Estos sedimentadores irán adosados a los tanques de aireación.

9.2.1.5 Dimensionamiento deshidratación de lodos

Teniendo en cuenta que la producción de lodos generada por el sistema anaerobio es de 0.34 m³/día y la generación de lodos del sistema aerobio es de 2.2 m³/día, no se consideró en el marco de la presente consultoría, la implementación de unidades más especializadas como los filtros prensa o tornillos deshidratadores, puesto que son equipos que pueden tratar mayores volúmenes de lodos, y adicionalmente aumentan el consumo energético de la alternativa.

Dado que la generación de lodos en este caso es baja, se considera técnica y económicamente más viable la implementación de lechos de secado, los cuales son adecuados para volúmenes menores, ofreciendo una solución de bajo costo y mantenimiento sencillo.

Por esta razón, en la Tabla 29 se presenta el diseño correspondiente de la unidad de deshidratación de lodos mediante lechos de secado, aplicable a todo el sistema de tratamiento.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 29. Dimensionamiento deshidratación de lodos

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 DISEÑO DESHIDRATACION DE LODOS AEROBIOS				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA O ECUACION**
CAUDAL AR	m^3/hr	13,14	Q	
DBO in	ppm	292,00	DBO IN	
DBO out	ppm	7,00	DBO OUT	
DBO in	Kg/d	92,09	DBO in	$DBO\ \text{in} = \text{DBO in X Q}$
DBO out	Kg/d	2,21	DBO out	$DBO\ \text{out} = \text{DBO out X } 0{,}1$
DBO removida	Kg/d	89,88	DBO Remov	$DBO\ \text{rem} = \text{DBO out} - \text{DBO in}$
Factor prod. lodos	lodos/BDO remov.	0,25	F-LOD	
Producción de Lodos	Kg/d	22,47	LOD	$LOD = F - LOD\ x\ DBO\ Remo$
TOTAL LODOS	**Kg/d**	**22,47**	**TOTAL LOD**	
LODOS DEL sedimentador				
FLUJO LODOS	GPM	**0,004**	**Q LODOS**	
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/h	0,00094	VOL. LODOS/TANQUE	$V\,Lodos/tanqu = \left(Qlodos * \frac{3{,}7853}{1000}\right) * 60$
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/d	**0,022**	**VOL. LODOS/TANQUE**	
VOLATILES	%	**0,100**	**% VOLATILES**	
DESTRUIDOS	%	**0,100**	**% DESTRUIDOS**	
LODOS NETOS	m3/d	0,022	LODOS NETOS	$Lodos\ netos = Vol.\ Lodos/tanque * \left(1 - \frac{Volatiles}{100} * \frac{Destruidos}{100}\right)$
LODOS DEL ESPESADOR				
% SOLIDOS	%	1,0	%S	
LODOS PRODUCIDOS	m^3/d	2,25	LODOS P	$LODOS\ P = \frac{LODOS\ NETO}{\%S}$
TIEMPO DE BOMBEO	horas	4,000	TIEMPO B	
TASA DE BOMBEO	m^3/h	0,562	TB	$TB = \frac{LODOS\ P}{TIEMPO\ B}$
LECHOS SECADO LODOS				
TIEMPO DE SECADO	días	5	TS	
VOLUMEN LODOS TOTAL	m^3	11,23	VLT	$\text{VLT} = LODOS\ P\ \text{X TS}$
PROFUNDIDAD TORTA	m	0,3	PRO	
AREA LECHOS	m^2	37,45	A L	$AL = VLT\ /\ \text{PRO}$
LADO 1 CELDA 1	m	3,5	LA 1 C 1	
LADO 2 CELDA 1	m	2	LA 2 C 2	
AREA TOTAL CELDA 1	m^2	7	AT C1	$AT\ C1 = LA\ 1\ C\ 1\ X\ LA\ 2\ C\ 2$
NUMERO DE CELDAS	-	5,35	NC	
NUMERO DE CELDAS REAL	**-**	**5,00**	**NCR**	$\text{NC} = A\ L\ /\ \text{AT C1}$

Fuente: Consultoría

Según la Tabla 29 Los lechos de secado tendrán las siguientes dimensiones:

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

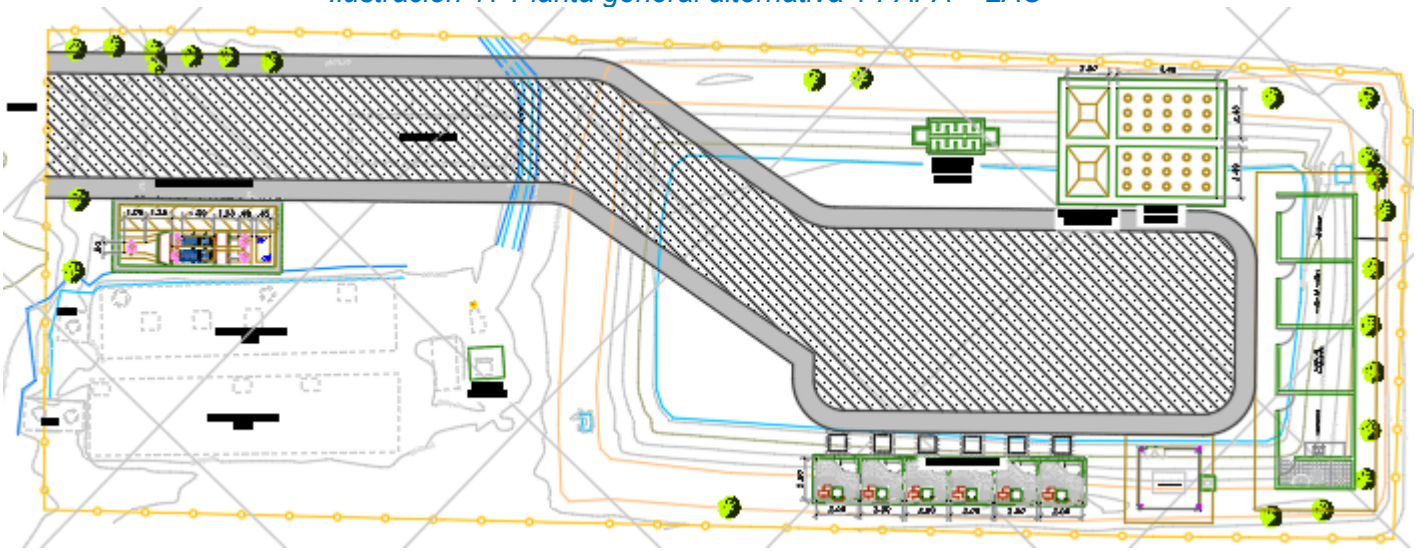
- Numero de celdas: 6 – Por dimensionamiento se requieren de cinco (5) celdas, se deja una (1) celda adicional para en el caso de los mantenimientos no detener la operación del sistema
- Longitud de la celda: 3,50 m
- Ancho de la celda: 2.0 m
- Altura útil, material de filtrado y lodos: 1,00 m
- Altura Total: 1,50 m

.

Lodo deshidratado: Es el lodo que se retira de los lechos de secado, el cual puede ser dispuesto en un relleno sanitario o utilizarlo como mejorador de suelos.

A continuación, se presenta el plano de planta general e implantación de la alternativa 1 FAFA + LAC y todas las unidades de tratamiento que conforman esta alternativa

Ilustración 17 Planta general alternativa 1 FAFA + LAC



Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

9.2.2 Alternativa No. 2 RAP+ Lodos activados (LAC)+ sedimentación secundaria+ Desinfección + lechos de secado

Para esta alternativa se dimensionarán todas las unidades de tratamiento que la conforman

9.2.2.1 Dimensionamiento Reactores de flujo a pistón (RAP)

Para los reactores anaerobios de flujo a pistón, se ha considerado usar los tanques existentes de la STAR, se proyectará del mismo modo dos trenes de tratamiento, a continuación, se muestra el dimensionamiento de los mismos.

Tabla 30. Dimensionamiento RAP

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO A PISTON					
PARAMETRO	**UNIDAD**	**PARAMETROS**	**FLUJO ASCENDENTE**	**SIMBOLO**	**FÓRMULA**
NUMERO DE MODULOS	**un**		2,00		
CAUDAL A TRATAR	**l/s**		3,65		
CAUDAL A TRATAR MODULO	m3/h		6,57	Q	
CONCENTRACION DQO	mg/L		310,00	DBO AFLU	DBO AFLUEN= $DQO\ AFLUE$ x Q_D
CARGA DQO	Kg/d		48,88	$C\ DBO$	C DBO AFLUEN= $DQO\ AFLUE$ x Q_D
TEMPERATURA	oC	10 A 35	18,22	T	
CAMARA 1					
CARGA VOLUMETRICA	kg DQO /m^3.día	0,5-3	1,71	C_{vol}	Según RAS,por temperatura
PRODUCCIÓN DE LODOS	kg SS/ Kg DQO rev.	12% DQO REMOVIDA	2,60	C_{orga} $Prod_{Lodos}$	$Prod_{Lodos} = DQO\ x\ Eficie\ 1$
VOLUMEN REACTOR LECHO FIJO	**m^3**		28,50	$V_{r\ fijo}$	$V_{r\ fijo} = DQO\ /Carga_{vol}$
ALTURA UTIL DE RELLENO	m		1,60	$H_{relleno}$	
ALTURA FASE MEZCLA Y CLARIFICADO	m		0,50	$H_{mezclad\ -clarifi}$	
BORDE LIBRE	m		0,50		
ALTURA TOTAL TK	**m**		2,60	H_{Total}	$H_{Total} = H_{relleno} + H_{mezclad\ -clarifi}$
ANCHO	m		2,93	A_{Tanque} $Ancho$	
LONGITUD	m		6,08	L1	
AREA REAL TANQUE	m2		17,81	$A_{TK\ CIRCU}$	
CAUDAL DE RECIRCULACION	%		1,00	$\%Q_R$	
CARGA HIDRAULICA EN LA CÁMARA	**m^3/m^2/hora**	**< 5**	0,37	CH	CH Q / A_{Tanque}
CAUDAL DE ACIDIFICACION/RECIRCULACION	m^3/h		6,64	Q_R	$Q_R = Q\ x\ (1 + \%Q_R/100)$
TIEMPO DE RETENCION	horas		4,34	T_R	$T_R = \left(\frac{V_{r\ fijo}}{Q}\right) + \frac{(A_{Tanque}\ x\ H_{mezclad\ -clarifi})}{Q}$
EFICIENCIA	%		**44%**	EF 1	EF= $\frac{1-T_R\ ^{-0.5}}{1}$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

CAMARA 2					
PARAMETRO	**UNIDAD**	**PARAMETROS**	**FLUJO DESCENDENTE**	**SIMBOLO**	**FÓRMULA**
CAUDAL A TRATAR	m3/h		6,57	Q	
CONCENTRACION DQO	mg/L		172,36	$[DQO]$	$[DBO]$ = DBO AFLU X (1- EF1)
CARGA DQO	Kg/d		27,18	$C\ DQO$	C DBO = Q X $[DQO]$
TEMPERATURA	°C	10 A 35	18,22	T	
CARGA VOLUMETRICA	kg DQO /m^3.día	0,5-3	1,93	C_{vol}	
PRODUCCIÓN DE LODOS	kg SS/ Kg DQO rev.	12% DQO REMOVIDA	0,86	$Prod_{Lodos}$	$Prod_{Lodos} = DBO\ x\ Eficie\ 2$
VOLUMEN REACTOR LECHO FIJO	m^3		14,11	$V_{2r\ fijo}$	$V_{2r\ fijo} = DQO\ /Carga_{vol}$
ALTURA UTIL DE RELLENO	m		1,60	$H_{relleno}$	
ALTURA FASE MEZCLA Y CLARIFICADO	m		0,50	$H_{mezclad\ -clarifi}$	
BORDE LIBRE	m		0,50		
ALTURA TOTAL LAMINA AGUA TK	m		2,60	H_{Total}	$H_{Total} = H_{relleno} + H_{mezclad\ -clarifi}$
AREA TANQUE	m2		8,82	A_{Tanque}	$A_{Tanque} = V_{r\ fijo}/H_{relleno}$
ANCHO TK RECTANGULAR	m		2,93	$Ancho_{REC}$	
LONGITUD	m		3,01	L 2	L 2=$\frac{A_{Tanque}}{Ancho}$
CARGA HIDRAULICA EN LA CÁMARA	m^3/m^2/hora	<5	0,74	CH	CH = Q / A_{Tanque}
TIEMPO DE RETENCION	horas		2,15	T_{R2}	$T_{R2} = \left(\frac{V_{r\ fijo}}{Q}\right) + \frac{(A_{Tanque} \times H_{mezclad\ -clarifi})}{Q}$
EFICIENCIA	%		26%	EF 2	$EF2 = \frac{1 - T_R\ ^{-0.4}}{1}$

CAMARA 3					
PARAMETRO	**UNIDAD**	**PARAMETROS**	**FLUJO ASCENDENTE**	**SIMBOLO**	**FORMULA**
CAUDAL A TRATAR	m^3/h		6,57	Q	
CONCENTRACION DQO	mg/l		126,95	$[DQO]$	$[DBO]$ = Q X (1- EF1)
CARGA DQO	Kg/d		20,02	C DQO	C DBO = Q X $[DQO]$
TEMPERATURA	°C	10 A 35	18,22	T	
CARGA VOLUMETRICA	kg DQO /m^3.día	0.5 - 3	1,03	C_{vol}	
CARGA ORGANICA (ACT. METANOGENICA)*	kg DQO/Kg SSV.día	0.5 - 1.3	0,50		
PRODUCCIÓN DE LODOS	kg SS/ Kg DQO rev.	12% DQO REMOVIDA	0,85	$Prod_{Lodos}$	$Prod_{Lodos} = DQO\ x\ Eficie\ 2$
VOLUMEN REACTOR LECHO FIJO	m^3		19,46	$V_{3r\ fijo}$	$V_{3r\ fijo} = DQO\ /Carga_{vol}$
ALTURA UTIL DE RELLENO	m		1,60	$H_{relleno}$	
ALTURA FASE MEZ CLA Y CLARIFICADO	m		0,50	$H_{mezclad\ -clarifi}$	
BORDE LIBRE	m		0,50		
ALTURA TOTAL LÁMINA DE AGUA TK	m		2,60	H_{Total}	$H_{Total} = H_{relleno} + H_{mezclad\ -clarifi}$
AREA TANQUE	m2		12,16	A_{Tanque}	$A_{Tanque} = V_{r\ fijo}/H_{relleno}$
ANCHOTK RECTANGULAR	m		2,93	$Ancho_{REC}$	
LONGITUD	m		4,15	L 3	L 3=$\frac{A_{Tanque}}{Ancho}$
CARHA HIDRAULICA	m^3/m^2/hora	0.5 - 2.0	0,54	CH	CH Q / A_{Tanque}
TIEMPO DE RETENCION	horas	2.5 - 10	2,96	T_{R3}	$T_{R3} = \left(\frac{V_{r\ fijo}}{Q}\right) + \frac{(A_{Tanque} \times H_{mezclad\ -clarifi})}{Q}$
EFICIENCIA	%		35%	EF 3	$EF3 = \frac{1 - T_R\ ^{-0.4}}{1}$

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

9.2.2.2 Dimensionamiento reactor lodos activados

Se diseñarán dos (2) tanques de aireación con las siguientes especificaciones:

- Geometría: Rectangular
- Material construcción: Concreto reforzado 4.000 psi
- Aireación: A través de sopladores y difusor es

Se calculará el sistema de lodos activados por aireación extendida como se muestran en la Tabla 31. En primer lugar, aparecen los parámetros de diseño, luego las dimensiones del tanque de aireación, posterior la cantidad de aire a suministrar y por último la potencia de los equipos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 31. Dimensionamiento Reactor lodos activados

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO REACTOR AEROBIO DE LODOS ACTIVADOS				
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAUDALES				
Q DE DISENO PTAR	l/s	3,65	QMM	
Q DE DISENO PTAR	m^3/hr	13,14		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	3,65	QMH	
NUMERO DE MODULOS	UN	2,00	N	
CAUDALES POR MÓDULO				
Q DE DISEÑO PTAR	l/s	1,83	Qd	
Q DE DISEÑO PTAR	m^3/hr	6,60		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	1,83	Qp	
Q HORA. PICO PROYECT.	m^3/hr	6,57		
DBO5	mg/L	78,84	DBO	
CARGA DBO5	Kg/d	12,49	CDBO	
N AFLUENTE	mg/L	35,57	N	
CARGA N	Kg/dia	5,63	CN	
P AFLUENTE	mg/L	9,11	P	
CARGA P	Kg/dia	1,44	CP	
CARGAS				
DBO5 TOTAL	Kgr/DIA	12,49	LT	$LT = \frac{q * P}{1000}$
REDUCCIÓN DE LA DBO	%	91,12	Eb	
CARGA MASICA	Kg DBO/Kg-MLSS-D	0,2	Ls	
CONC.LODOS ACTIVADOS	Kg/m3	3,00	M	
CARGA NITROGENO	g N/ca-día	5634,5143	n	
N-NH4 TOTAL	Kg NH4-N/día	5,63	LN	$LN = \frac{n * Pp}{1000}$
CARGA HORARIA N-NH4	Kg N-NH4/hr	0,23	LNd	$LNd = \frac{LN}{10}$
DESARROLLO				
REMOCION EN PRIMARIO	%/100	0,00	rp	
CARGA AL TANQUE AIR.	Kg DBO/DIA	12,49	L	$L = LT - rp * l$
PESO SECO LODOS	Kg	65,04	WL	$WL = {}^{L}/_{Ls}$
PRODUCCION DE LODOS	Kg MLSS/DIA	9,34	PL	$PL = 1{,}2 * (LS^{0.23}) * (Eb/100) * L$
PESO SOLIDOS	%	0,5	PS	
PESO DE AGUA	%	99,5	PA	
DENSIDAD LODOS	Kg/m^3	5	DL	$DL = (PS/100) * 100($
VOLUMEN LODOS	m^3 MLSS/DIA	1,87	VL	$VL = PL/DL$
N LODO EXCESO	Kg N/día	0,37	NLex	$NLex = PL * 6/100$
EDAD DEL LODO	DIAS	7,0	Le	Le =WL/PL

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
TIPO AIREACION		**CONVENCIONAL**		
VOLUMEN EFECTIVO TANQUE	m3	22	VT	$VT = \text{WL/M}$
t AIREACION REAL	HORAS	3,33	TTAT	$TTAT = VT/Qhp$
t AIREACION TEORICO	HORAS	3,33	TTAR	$VT/Qhp\ SI\ > 18\ o\ < 24$
CARGA VOLUMETRICA	Kg DBO/m3-d	0,57	CV	$CV = L/VT$
PROF. LAMINA AGUA	m	5	H	
NUMERO DE TANQUES	UNIDAD	1		
AREA POR TANQUE AIR.	m²	4,40	AT	$AT = \frac{VT}{H}$
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
DIAMETRO	m	2,37	r	$r = HT/2$
GEOMETRIA DEL TANQUE				
SI TANQUE CUADRADO:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
LADO DEL TANQUE	m	2,10	l	$I = AT^{0.5}$
SI TANQUE RECTANGULAR:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
RELACION LARGO/ANCHO		2	lt:w	
ANCHO DEL TANQUE	m	1,50	wt	$wt = \frac{AT}{i:w}$
LONGITUD DEL TANQUE	m	3,00	lt	$It = wt * (It:w)$
SI TANQUES CONCENTRICOS CON SEDIMENTADOR:				
AREA TOTAL	m²	8,36	ATC	$ATC = A_S + A_t$
DIAMETRO TOTAL	m	3,26	DTC	$DTC = \left(4 * \frac{ATC}{¾}\right)^{0.5}$
ANCHO TANQUE AIR.	m	0,51	WTA	$WTA = (DTC - Ds)/2$
OXIGENACION				
TASA O2 RESPIRACION M.O.	KgO2/KgDBO	0,5	a	
TASA O2 RESP. ENDOGENA	KgO2/KgMLSS-día	0,1	KRE	
O2 NITRIFICACION	Kg N/día	5,26	LNOX	$LNOX = LN - NLex$
TASA O2 PARA OXIDAR N	KgO2/KgN	4,5	ON	Por cada molécula de N requiero 4,5 moléculas de O
HORAS MAXIMA CARGA	HORAS	24	hMAX	
CARGA MASICA HORARIA	factor (1/HORAS)	0,04	hhr	$hhr = \frac{1}{hMAX}$
CONSUMO O2 LODOS ACT.				
O2 RESPIR. SUSTRATO (M.O)	KgO2/hr	0,24	O2S	$O_{2s} = hhr * a * Eb/100$
O2 RESPIRACION ENDOGENA	KgO2/hr	0,27	O2E	$O_{2E} = \left(\frac{1}{24}\right) * KRE * W$
O2 NITRIFICACION	KgO2/hr	0,99	O2N	$O_{22N} = hhr * ON * LNO$
CONSUMO TOTAL 02 L.ACTIV.	**KgO2/hr**	**1,49**	**OL-h**	$OL\text{-}h = O2S + O2E + O2N$

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
CAPACIDAD OXIGENACION				
CONC.02(26°C)	g/m3	8,22	CL10	VER TABLAS T=26^{O}C
CONC.O2 ACTUAL(18°C)	g/m3	6	CLT	6 para 2500 msnm y 8 a 0 msnm
CONC.O2 EN TANQUE	g/m3	2	CL	Entre 1,5 y 2,5
FACTOR USO O2 LODOS	-	0,9000	A	VER TABLAS (0,6 Y 0,95)
FACTOR CORRECCION TEMP.		0,8299	B	VER TABLAS
CAPACIDAD DE OXIGENACION	KgO2/hr	2,83	COh	$COh = \left(\frac{OLh}{A}\right) * \left[\frac{CL10}{CLT - CL}\right] *$
CWTR	KG O2/BHP-HR	1,50		Entre1,4 A 1,7 Dependiendo el equipo
POTENCIA	HP	1,89		
DEMANDA DE HP		**2,00**	**HP**	
SUMINISTRO DE AIRE				
SUMERGENCIA DIFUSORES	m	5	Di	
CONCENTR. O2 EN AIRE	KgO2/m3 aire	0,28	CA	
RAZON FLUJO AIRE ESPECIF.	m3 aire/hr-m tubo	12	f	
RAZON ABSORCION ESPECIF.	%	5,4	n'	
RAZON DE ABSORCION	%	27	n	$n = Di\ x\ n'$
CANTIDAD DE AIRE OXIG.	m3 aire/hr	37,46	AR	$AR = (COh * 100)/(n * CA$
AIRLIFT				
TASA RETORNO LODOS	%	50	Re	
CAUDAL DE RETORNO	m3/hr	3,29	QRe	$Q_{Re} = Qhp * Re/100$
FACTOR AIRE RETORNO		1	fre	
CANT. AIRE AIRLIFT	m3/hr	3,29	AAL	$AAL = QRe * fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	m3/hr	40,74	ART	$ART = (AR + AAL)\ x\ fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	**CFM**	**24**	**ART**	
TUBERÍA OXIGENACION				
LONG.TEORICA TUBERIA OXIG.	m	3,12	Lta	$Lt = \left(\frac{AR}{f}\right)$
LONG.TOTAL TUBERIA OXIG.	m	3,40	Ltt	
VELOCIDAD POR TUBERIA	m/s	15	vt	
DIAMETRO TUBERIA	in	0,248	dt	$dt = \left[4 * \frac{\left(\frac{AR}{3600}\right)}{PI * vt}\right]^{0.5} \left(\frac{100}{12}\right)$
DIAMETRO COMERCIAL	in	1/2	dc	
CAPACIDAD TEORICA SOPLADOR				
DENSIDAD AIRE	Kg/m3	1,2	da	
POTENCIA TEORICA	HP	**2,00**	P	$P = \left(\frac{ART}{3.6}\right) * (Di + 1{,}7) x\ da/(76 * 0.6$

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los cálculos de la Tabla 31 se evidencian las siguientes dimensiones:

- Numero de Tanques: 2
- Longitud del tanque: 3.0
- Ancho del tanque: 1.5 m

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Altura total del tanque: 5.0 m
- Altura lámina de agua: 5.5 m
- Volumen total del tanque: 22 m^3
- Potencia del soplador: 2.0 HP(Se requieren dos sopladores + un stand by)
- Numero de difusores por Tanque: 8 UN de 9

9.2.2.3 Dimensionamiento sedimentador secundario

Para el dimensionamiento del sedimentador secundario que se evidencia en la Tabla 32 se realizó con el caudal máximo horario de acuerdo con la resolución 0330 y 0799 del 2021. Para la alternativa serán dos sedimentadores cada uno para la mitad del caudal.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 32. Dimensionamiento sedimentador secundario

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO SEDIMENTACIÓN				
CRITERIOS DE DISEÑO				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA**
CAUDAL HORARIO QMH	l/s	3,65		
N DE SEDIMENTADORES	UN	2,00		
CAUDAL HORARIO	m^3/hr	6,57	Qhp	$\frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{3600s}{1hr} = \frac{m^3}{hr}$
CARGA SUPERFICIAL TEORICA	m3/m²-hr	1,66	So	ENTRE QMH 1,66 Y 2,66 o QMM 0,67 a 1,17 m3/m2h
CARGA SUP. VOL.LODOS	m3/m²-hr	0,8	SL	
TIEMPO DE RETENCION	hr	2	TRS	2 a 3,5 horas
TASA RETORNO	%	50	Re	
INDICE VOL.LODOS	m^3/Kg SS	0,100	SVI	$\frac{(1,2 * Re)}{\left[\left(\frac{M}{10}\right) + (Re * M) \div 1000\right]} \div 1000$
DESARROLLO				
AREA 1	m²	4,00	A1s	$\frac{Qhp}{So}$
AREA 2	m²	3,30	A2s	$\frac{Qhp * M * SVI}{SL}$
AREA TANQUE SED.	m²	4,00	As	MAYOR DE ARRIBA
VOLUMEN TANQUE SED.	m^3	13,10	Vs	$Qhp * TRS$
PROFUNDIDAD MEDIA	m	3,28	Hms	$\frac{Vs}{As}$
L MINIMA VERTEDERO	m	0,24	Lmv	As/(5*Hms) $\frac{As}{5 * Hms}$
SI TANQUE CIRCULAR				
DIAMETRO TANQUE SED.	m	2,3	Ds	$\sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	7,20	Lvs	$L = \frac{2 * \pi * Ds}{2}$
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,58	Sor	PI*Ds^2/4
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
SI EL TANQUE RECTANGULAR				
BORDE LIBRE	m	0,3	Bl	
ALTURA LODOS ASUMIDO	m	0,8	Hl	
ALTURA TOTAL	m	4,38	Hts	Bl+Hl+Hms
RELACION LARGO:ANCHO		2	raw	
ANCHO SEDIMENTADOR	m	1,50	Ast	(As/raw)^0.5
LONG. EFECTIVA SEDIMENT.	m	2,67	Lsd	Ast*raw
ESPACIO CANAL DE ENTRADA	m	0,2	Lsi	
ESPACIO CANAL SALIDA	m	0,2	Lse	
LONGITUD TOTAL SEDIMENT.	m	3,07	LsT	
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,64	Sor	Qhp/(Ast*Lsd)
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	1,50	lv	
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

La geometría seleccionada para el sedimentador es rectangular, con los cálculos de la Tabla 32 se evidencian las siguientes dimensiones:

- Longitud: 3.1 m
- Ancho:1.5
- Altura lámina de agua:3.35 m
- Altura total: 4.4 m
- Volumen tanque sedimentador: 13.10 m3

9.2.2.4 Dimensionamiento deshidratación de lodos

Teniendo en cuenta que la producción de lodos generada por el sistema anaerobio es de 0.23 m³/día y la generación de lodos del sistema aerobio es de 1.13 m³/día, no se consideró en el marco de la presente consultoría, la implementación de unidades más especializadas como los filtros prensa o tornillos deshidratadores, puesto que son equipos que pueden tratar mayores volúmenes de lodos, y adicionalmente aumentan el consumo energético de la alternativa.

Dado que la generación de lodos en este caso es baja, se considera técnica y económicamente más viable la implementación de lechos de secado, los cuales son adecuados para volúmenes menores, ofreciendo una solución de bajo costo y mantenimiento sencillo.

Por esta razón, en la Tabla 33 se presenta el diseño correspondiente de la unidad de deshidratación de lodos mediante cuatro (4) lechos de secado.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 33. Dimensionamiento lechos de secado

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 DISEÑO DESHIDRATACION DE LODOS AEROBIOS				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA O ECUACION**
CAUDAL AR	m^3/hr	13,14	Q	
DBO in	ppm	292,00	DBO IN	
DBO out	ppm	7,00	DBO OUT	
DBO in	Kg/d	92,09	DBO in	DBO in = DBO in X Q
DBO out	Kg/d	2,21	DBO out	DBO out = DBO out X 0,1
DBO removida	Kg/d	89,88	DBO Remov	DBO rem = DBO out − DBO in
Factor prod. lodos	lodos/BDO remov.	0,25	F-LOD	
Producción de Lodos	Kg/d	22,47	LOD	$LOD = F - LOD\ x\ DBO\ Remo$
TOTAL LODOS	**Kg/d**	**22,47**	**TOTAL LOD**	
LODOS DEL sedimentador				
FLUJO LODOS	GPM	**0,004**	**Q LODOS**	
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/h	0,00094	VOL. LODOS/TANQUE	$V\,Lodos/tanqu = \left(Qlodos * \frac{3,7853}{1000}\right) * 60$
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/d	**0,022**	**VOL. LODOS/TANQUE**	
VOLATILES	%	**0,100**	**% VOLATILES**	
DESTRUIDOS	%	**0,100**	**% DESTRUIDOS**	
LODOS NETOS	m3/d	0,022	LODOS NETOS	$Lodos\ netos = Vol.\,Lodos/tanque * \left(1 - \frac{Volatiles}{100} * \frac{Destruidos}{100}\right)$
LODOS DEL ESPESADOR				
% SOLIDOS	%	1,0	%S	
LODOS PRODUCIDOS	m^3/d	2,25	LODOS P	$LODOS\ P = \frac{LODOS\ NETO}{\%S}$
TIEMPO DE BOMBEO	horas	4,000	TIEMPO B	
TASA DE BOMBEO	m^3/h	0,562	TB	$TB = \frac{LODOS\ P}{TIEMPO\ B}$
LECHOS SECADO LODOS				
TIEMPO DE SECADO	días	5	TS	
VOLUMEN LODOS TOTAL	m^3	11,23	VLT	VLT= $LODOS\ P$ X TS
PROFUNDIDAD TORTA	m	0,3	PRO	
AREA LECHOS	m^2	37,45	A L	$AL = VLT$ / PRO
LADO 1 CELDA 1	m	3,5	LA 1 C 1	
LADO 2 CELDA 1	m	2	LA 2 C 2	
AREA TOTAL CELDA 1	m^2	7	AT C1	$AT\ C1 = LA\ 1\ C\ 1\ X\ LA\ 2\ C\ 2$
NUMERO DE CELDAS	-	5,35	NC	
NUMERO DE CELDAS REAL	**-**	**5,00**	**NCR**	NC = $A\ L$ / AT C1

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los cálculos que se evidencian en la Tabla 33 se pueden evidenciar las dimensiones de las celdas de los lechos de secado.

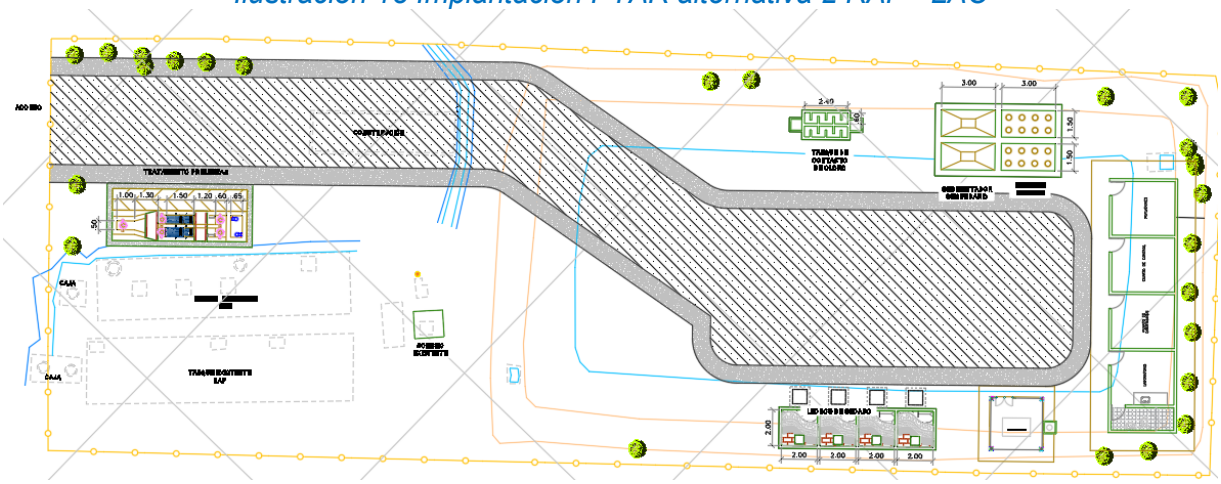
- Numero de celdas: 4
- Longitud: 3,50 m

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Ancho : 2 m
- Altura útil: 1,0 m
- Altura total de la celda: 1,5 m

Teniendo en cuenta que, como se muestra en la Tabla 33, se evidencian tres (3) celdas; sin embargo, se contempla una celda adicional para completar un total de seis. Esta celda extra se adecúa con el fin de realizar los mantenimientos necesarios sin afectar la continuidad de la operación.

Ilustración 18 Implantación PTAR alternativa 2 RAP +LAC



Fuente: Consultoría

9.2.3 Alternativa No. 3 Lodos activados (LAC) en dos fases + sedimentación secundaria+ Desinfección + lechos de secado

Para esta alternativa se dimensionarán todas las unidades de tratamiento que la conforman

9.2.3.1 Dimensionamiento LAC primera Fase

Para los reactores aerobio de lodos activados , se ha considerado usar los tanques existentes de la STAR, se proyectará del mismo modo dos trenes de tratamiento, a continuación, se muestra el dimensionamiento de los mismos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 34. Dimensionamiento LAC primera fase I

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO REACTOR AEROBIO DE LODOS ACTIVADOS FASE 1				
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAUDALES				
Q DE DISENO PTAR	l/s	3,65	QMM	
Q DE DISENO PTAR	m^3/hr	13,14		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	3,65	QMH	
NUMERO DE MODULOS	UN	2,00	N	
CAUDALES POR MÓDULO				
Q DE DISEÑO PTAR	l/s	1,83	Qd	
Q DE DISEÑO PTAR	m^3/hr	6,60		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	1,83	Qp	
Q HORA. PICO PROYECT.	m^3/hr	6,57		
DBO5	mg/L	292,00	DBO	
CARGA DBO5	Kg/d	46,25	CDBO	
N AFLUENTE	mg/L	35,57	N	
CARGA N	Kg/dia	5,63	CN	
P AFLUENTE	mg/L	9,11	P	
CARGA P	Kg/dia	1,44	CP	
CARGAS				
DBO5 TOTAL	Kgr/DIA	46,25	LT	$LT = \frac{q * P}{1000}$
REDUCCIÓN DE LA DBO	%	48,63	Eb	
CARGA MASICA	Kg DBO/Kg-MLSS-D	0,2	Ls	
CONC.LODOS ACTIVADOS	Kg/m3	3,50	M	
CARGA NITROGENO	g N/ca-día	5634,5143	n	
N-NH4 TOTAL	Kg NH4-N/día	5,63	LN	$LN = \frac{n * Pp}{1000}$
CARGA HORARIA N-NH4	Kg N-NH4/hr	0,23	LNd	$LNd = \frac{LN}{10}$
DESARROLLO				
REMOCION EN PRIMARIO	%/100	0,00	rp	
CARGA AL TANQUE AIR.	Kg DBO/DIA	46,25	L	$L = LT - rp * i$
PESO SECO LODOS	Kg	231,26	WL	$WL = {}^{L}/_{Ls}$
PRODUCCION DE LODOS	Kg MLSS/DIA	18,64	PL	$PL = 1{,}2 * (LS^{0.23}) * (Eb/100) * L$
PESO SOLIDOS	%	0,5	PS	
PESO DE AGUA	%	99,5	PA	
DENSIDAD LODOS	Kg/m^3	5	DL	$DL = (PS/100) * 100($
VOLUMEN LODOS	m^3 MLSS/DIA	3,73	VL	$VL = PL/DL$
N LODO EXCESO	Kg N/día	0,75	NLex	$NLex = PL * 6/100$
EDAD DEL LODO	DIAS	12,4	Le	Le =WL/PL

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
TIPO AIREACION			CONVENCIONAL	
VOLUMEN EFECTIVO TANQUE	m3	66	VT	$VT = WL/M$
t AIREACION REAL	HORAS	10,00	TTAT	$TTAT = VT/Qhp$
t AIREACION TEORICO	HORAS	10,00	TTAR	$VT/Qhp\ SI\ > 18\ o\ < 24$
CARGA VOLUMETRICA	Kg DBO/m3-d	0,70	CV	$CV = L/VT$
PROF. LAMINA AGUA	m	2,5	H	
NUMERO DE TANQUES	UNIDAD	1		
AREA POR TANQUE AIR.	m²	26,40	AT	$AT = \frac{VT}{H}$
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	3	HT	$HT = H + BL$
DIAMETRO	m	5,80	r	$r = HT/2$
GEOMETRIA DEL TANQUE				
SI TANQUE CUADRADO:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	3	HT	$HT = H + BL$
LADO DEL TANQUE	m	5,14	l	$l = AT^{0.5}$
SI TANQUE RECTANGULAR:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
RELACION LARGO/ANCHO		2	lt:w	
ANCHO DEL TANQUE	m	2,90	wt	$wt = \frac{AT}{l:w}$
LONGITUD DEL TANQUE	m	9,10	lt	$lt = wt * (lt:w)$
SI TANQUES CONCENTRICOS CON SEDIMENTADOR:				
AREA TOTAL	m²	30,36	ATC	$ATC = A_S + A_t$
DIAMETRO TOTAL	m	6,22	DTC	$DTC = \left(4 * \frac{ATC}{¾}\right)^{0.5}$
ANCHO TANQUE AIR.	m	1,99	WTA	$WTA = (DTC - Ds)/2$
OXIGENACION				
TASA O2 RESPIRACION M.O.	KgO2/KgDBO	0,5	a	
TASA O2 RESP. ENDOGENA	KgO2/KgMLSS-día	0,1	KRE	
O2 NITRIFICACION	Kg N/día	4,89	LNOX	$LNOX = LN - NLex$
TASA O2 PARA OXIDAR N	KgO2/KgN	4,5	ON	Por cada molécula de N requiero 4,5 moléculas de O
HORAS MAXIMA CARGA	HORAS	24	hMAX	
CARGA MASICA HORARIA	factor (1/HORAS)	0,04	hhr	$hhr = \frac{1}{hMAX}$
CONSUMO O2 LODOS ACT.				
O2 RESPIR. SUSTRATO (M.O)	KgO2/hr	0,47	O2S	$O_{2S} = hhr * a * Eb/100$
O2 RESPIRACION ENDOGENA	KgO2/hr	0,96	O2E	$O_{2E} = \left(\frac{1}{24}\right) * KRE * W$
O2 NITRIFICACION	KgO2/hr	0,92	O2N	$O_{22N} = hhr * ON * LNO$
CONSUMO TOTAL 02 L.ACTIV.	**KgO2/hr**	**2,35**	**OL-h**	$OL\text{-}h = O2S + O2E + O2N$
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAPACIDAD OXIGENACION				
CONC.02(26°C)	g/m3	8,22	CL10	VER TABLAS T=26°C
CONC.O2 ACTUAL(18°C)	g/m3	6	CLT	6 para 2500 msnm y 8 a 0 msnm
CONC.O2 EN TANQUE	g/m3	2	CL	Entre 1,5 y 2,5
FACTOR USO O2 LODOS	-	0,9000	A	VER TABLAS (0,6 Y 0,95)
FACTOR CORRECCION TEMP.		0,8299	B	VER TABLAS
CAPACIDAD DE OXIGENACION	KgO2/hr	4,45	COh	$COh = \left(\frac{OLh}{A}\right) * \left[\frac{CL10}{CLT - CL}\right] *$
CWTR	KG O2/BHP-HR	1,50		Entre1,4 A 1,7 Dependiendo el equipo
POTENCIA	HP	2,97		
DEMANDA DE HP		**3,00**	**HP**	

SUMINISTRO DE AIRE				
SUMERGENCIA DIFUSORES	m	2,5	Di	
CONCENTR. O2 EN AIRE	KgO2/m3 aire	0,28	CA	
RAZON FLUJO AIRE ESPECIF.	m3 aire/hr-m tubo	12	f	
RAZON ABSORCION ESPECIF.	%	5,4	n'	
RAZON DE ABSORCION	%	13,5	n	$n = Di\ x\ n'$
CANTIDAD DE AIRE OXIG.	m3 aire/hr	117,75	AR	$AR = (COh * 100)/(n * CA$
AIRLIFT				
TASA RETORNO LODOS	%	50	Re	
CAUDAL DE RETORNO	m3/hr	3,29	QRe	$Q_{Re} = Qhp * Re/100$
FACTOR AIRE RETORNO		1	fre	
CANT. AIRE AIRLIFT	m3/hr	3,29	AAL	$AAL = QRe * fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	m3/hr	121,04	ART	$ART = (AR + AAL)\ x\ fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	**CFM**	**71**	**ART**	
TUBERÍA OXIGENACION				
LONG.TEORICA TUBERIA OXIG.	m	9,81	Lta	$Lt = \left(\frac{AR}{f}\right)$
LONG.TOTAL TUBERIA OXIG.	m	10,10	Ltt	
VELOCIDAD POR TUBERIA	m/s	15	vt	
DIAMETRO TUBERIA	in	0,439	dt	$dt = \left[4 * \frac{\left(\frac{AR}{3600}\right)}{PI * vt}\right]^{0.5} \left(\frac{100}{12}\right)$
DIAMETRO COMERCIAL	in	1/2	dc	
CAPACIDAD TEORICA SOPLADOR				
DENSIDAD AIRE	Kg/m3	1,2	da	
POTENCIA TEORICA	HP	**4,00**	P	$P = \left(\frac{ART}{3.6}\right) * (Di + 1{,}7)x\ da/(76 * 0.6$
Resumen lodos activados				
DBO Entrada	**mg/l**	**292,00**	DBOe	**-**
EFICIENCIA	**%**	**0,91**	E	**-**
DBO SALIDA	**mg/l**	**26,28**	DBOs	DBOefluente= $DBO\ entrada - (DBOentrada * E)$
VOLUMEN TANQUE	**m3**	**66,00**	V	**-**
TIEMPO DE RETENCIÓN	**hr**	**10,00**	Tr	**-**
LONGITUD TANQUE	**m**	**7,20**	L	**-**
ANCHO DEL TANQUE	**m**	**3,60**	B	**-**
H LAMINA DE AGUA	**m**	**2,5**	Hl	**-**
H TOTAL	m	**3,00**	Ht	-
AIRE REQUERIDO	m3/h	**121**	Ar	-
POTENCIA REQUERIDA	HP	**4,00**	**P**	-
NÚMERO DE DIFUSORES 9"	UND	**24**	N	Capacidad por difusor =5Nm3/h(9") y 7Nm3/h (12")

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Este sistema de aireación se implementará en los dos tanques existentes para lo cual se utilizarán sopladores centrífugos regenerativos y se instalan el sistema de distribución de aires en a través de difusores de 12 “ con capacidad de 7 a 9 m3/ h a continuación se presenta el dimensionamiento para la segunda fase para lo cual se construirán nuevos tanques

9.2.3.2 Dimensionamiento reactor lodos activados FASE II

Se diseñarán dos (2) tanques de aireación con las siguientes especificaciones:

- Geometría: Rectangular
- Material construcción: Concreto reforzado 4.000 psi
- Aireación: A través de sopladores y difusor es

Se calculará el sistema de lodos activados por aireación extendida como se muestran en la Tabla 31. En primer lugar, aparecen los parámetros de diseño, luego las dimensiones del tanque de aireación, posterior la cantidad de aire a suministrar y por último la potencia de los equipos.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 35. Dimensionamiento Reactor lodos activados

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO REACTOR AEROBIO DE LODOS ACTIVADOS FASE II				
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAUDALES				
Q DE DISENO PTAR	l/s	3,65	QMM	
Q DE DISENO PTAR	m^3/hr	13,14		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	3,65	QMH	
NUMERO DE MODULOS	UN	2,00	N	
CAUDALES POR MÓDULO				
Q DE DISEÑO PTAR	l/s	1,83	Qd	
Q DE DISEÑO PTAR	m^3/hr	6,60		
Q HORA. PICO PROYECT.	l/s	1,83	Qp	
Q HORA. PICO PROYECT.	m^3/hr	6,57		
DBO5	mg/L	292,00	DBO	
CARGA DBO5	Kg/d	46,25	CDBO	
N AFLUENTE	mg/L	35,57	N	
CARGA N	Kg/dia	5,63	CN	
P AFLUENTE	mg/L	9,11	P	
CARGA P	Kg/dia	1,44	CP	
CARGAS				
DBO5 TOTAL	Kgr/DIA	46,25	LT	$LT = \frac{q * P}{1000}$
REDUCCIÓN DE LA DBO	%	48,63	Eb	
CARGA MASICA	Kg DBO/Kg-MLSS-D	0,2	Ls	
CONC.LODOS ACTIVADOS	Kg/m3	3,50	M	
CARGA NITROGENO	g N/ca-día	5634,5143	n	
N-NH4 TOTAL	Kg NH4-N/día	5,63	LN	$LN = \frac{n * Pp}{1000}$
CARGA HORARIA N-NH4	Kg N-NH4/hr	0,23	LNd	$LNd = \frac{LN}{10}$
DESARROLLO				
REMOCION EN PRIMARIO	%/100	0,00	rp	
CARGA AL TANQUE AIR.	Kg DBO/DIA	46,25	L	$L = LT - rp * l$
PESO SECO LODOS	Kg	231,26	WL	$WL = {}^{L}/_{L_s}$
PRODUCCION DE LODOS	Kg MLSS/DIA	18,64	PL	$PL = 1{,}2 * (LS^{0.23}) * (Eb/100) * L$
PESO SOLIDOS	%	0,5	PS	
PESO DE AGUA	%	99,5	PA	
DENSIDAD LODOS	Kg/m^3	5	DL	$DL = (PS/100) * 100($
VOLUMEN LODOS	m^3 MLSS/DIA	3,73	VL	$VL = PL/DL$
N LODO EXCESO	Kg N/día	0,75	NLex	$NLex = PL * 6/100$
EDAD DEL LODO	DIAS	12,4	Le	Le =WL/PL

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR	SÍMBOLO	FÓRMULA O ECUACIÓN
TIPO AIREACION		CONVENCIONAL		
VOLUMEN EFECTIVO TANQUE	m3	66	VT	$VT = WL/M$
t AIREACION REAL	HORAS	10,00	TTAT	$TTAT = VT/Qhp$
t AIREACION TEORICO	HORAS	10,00	TTAR	$VT/Qhp\ SI\ > 18\ o\ < 24$
CARGA VOLUMETRICA	Kg DBO/m3-d	0,70	CV	$CV = L/VT$
PROF. LAMINA AGUA	m	5	H	
NUMERO DE TANQUES	UNIDAD	1		
AREA POR TANQUE AIR.	m²	13,20	AT	$AT = \frac{VT}{H}$
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
DIAMETRO	m	4,10	r	$r = HT/2$
GEOMETRIA DEL TANQUE				
SI TANQUE CUADRADO:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
ALTURA TOTAL	m	5,5	HT	$HT = H + BL$
LADO DEL TANQUE	m	3,63	l	$l = AT^{0.5}$
SI TANQUE RECTANGULAR:				
BORDE LIBRE	m	0,5	BL	
RELACION LARGO/ANCHO		2	lt:w	
ANCHO DEL TANQUE	m	2,60	wt	$wt = \frac{AT}{l:w}$
LONGITUD DEL TANQUE	m	5,20	lt	$lt = wt * (lt:w)$
SI TANQUES CONCENTRICOS CON SEDIMENTADOR:				
AREA TOTAL	m²	17,16	ATC	$ATC = A_S + A_t$
DIAMETRO TOTAL	m	4,67	DTC	$DTC = \left(4 * \frac{ATC}{¾}\right)^{0.5}$
ANCHO TANQUE AIR.	m	1,21	WTA	$WTA = (DTC - Ds)/2$
OXIGENACION				
TASA O2 RESPIRACION M.O.	KgO2/KgDBO	0,5	a	
TASA O2 RESP. ENDOGENA	KgO2/KgMLSS-día	0,1	KRE	
O2 NITRIFICACION	Kg N/día	4,89	LNOX	$LNOX = LN - NLex$
TASA O2 PARA OXIDAR N	KgO2/KgN	4,5	ON	Por cada molécula de N requiero 4,5 moléculas de O
HORAS MAXIMA CARGA	HORAS	24	hMAX	
CARGA MASICA HORARIA	factor (1/HORAS)	0,04	hhr	$hhr = \frac{1}{hMAX}$
CONSUMO O2 LODOS ACT.				
O2 RESPIR. SUSTRATO (M.O)	KgO2/hr	0,47	O2S	$O_{2S} = hhr * a * Eb/100$
O2 RESPIRACION ENDOGENA	KgO2/hr	0,96	O2E	$O_{2E} = \left(\frac{1}{24}\right) * KRE * W$
O2 NITRIFICACION	KgO2/hr	0,92	O2N	$O_{22N} = hhr * ON * LNO$
CONSUMO TOTAL 02 L.ACTIV.	**KgO2/hr**	**2,35**	**OL-h**	$OL\text{-}h = O2S + O2E + O2N$
PARÁMETROS DE DISEÑO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SÍMBOLO**	**FÓRMULA O ECUACIÓN**
CAPACIDAD OXIGENACION				
CONC.02(26°C)	g/m3	8,22	CL10	VER TABLAS T=26^{O}C
CONC.O2 ACTUAL(18°C)	g/m3	6	CLT	6 para 2500 msnm y 8 a 0 msnm
CONC.O2 EN TANQUE	g/m3	2	CL	Entre 1,5 y 2,5
FACTOR USO O2 LODOS	-	0,9000	A	VER TABLAS (0,6 Y 0,95)
FACTOR CORRECCION TEMP.		0,8299	B	VER TABLAS
CAPACIDAD DE OXIGENACION	KgO2/hr	4,45	COh	$COh = \left(\frac{OLh}{A}\right) * \left[\frac{CL10}{CLT - CL}\right] *$
CWTR	KG O2/BHP-HR	1,50		Entre1,4 A 1,7 Dependiendo el equipo
POTENCIA	HP	2,97		
DEMANDA DE HP		**3,00**	**HP**	

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

SUMINISTRO DE AIRE				
SUMERGENCIA DIFUSORES	m	5	Di	
CONCENTR. O2 EN AIRE	KgO2/m3 aire	0,28	CA	
RAZON FLUJO AIRE ESPECIF.	m3 aire/hr-m tubo	12	f	
RAZON ABSORCION ESPECIF.	%	5,4	n'	
RAZON DE ABSORCION	%	27	n	$n = Di\ x\ n'$
CANTIDAD DE AIRE OXIG.	m3 aire/hr	58,88	AR	$AR = (COh * 100)/(n * C$
AIRLIFT				
TASA RETORNO LODOS	%	50	Re	
CAUDAL DE RETORNO	m3/hr	3,29	QRe	$Q_{Re} = Qhp * Re/100$
FACTOR AIRE RETORNO		1	fre	
CANT. AIRE AIRLIFT	m3/hr	3,29	AAL	$AAL = QRe * fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	m3/hr	62,16	ART	$ART = (AR + AAL)\ x\ fre$
AIRE TOTAL REQUERIDO	**CFM**	**37**	**ART**	
TUBERÍA OXIGENACION				
LONG.TEORICA TUBERIA OXIG.	m	4,91	Lta	$Lt = \left(\frac{AR}{f}\right)$
LONG.TOTAL TUBERIA OXIG.	m	5,20	Ltt	
VELOCIDAD POR TUBERIA	m/s	15	vt	
DIAMETRO TUBERIA	in	0,310	dt	$dt = \left[4 * \frac{\left(\frac{AR}{3600}\right)}{PI * vt}\right]^{0.5} \left(\frac{100}{12}\right)$
DIAMETRO COMERCIAL	in	1/2	dc	
CAPACIDAD TEORICA SOPLADOR				
DENSIDAD AIRE	Kg/m3	1,2	da	
POTENCIA TEORICA	HP	**3,00**	P	$P = \left(\frac{ART}{3.6}\right) * (Di + 1{,}7)x\ da/(76 * 0.6$
Resumen lodos activados				
DBO Entrada	**mg/l**	**292,00**	DBOe	-
EFICIENCIA	**%**	**0,91**	E	-
DBO SALIDA	**mg/l**	**26,28**	DBOs	DBOefluente= $DBO\ entrada - (DBOentrada * E)$
VOLUMEN TANQUE	**m3**	**66,00**	V	-
TIEMPO DE RETENCIÓN	**hr**	**10,00**	Tr	-
LONGITUD TANQUE	**m**	**5,20**	L	-
ANCHO DEL TANQUE	**m**	**2,60**	B	-
H LAMINA DE AGUA	**m**	**5**	Hl	-
H TOTAL	m	**5,50**	Ht	-
AIRE REQUERIDO	m3/h	**62**	Ar	-
POTENCIA REQUERIDA	HP	**3,00**	**P**	-
NÚMERO DE DIFUSORES 9"	UND	**12**	N	Capacidad por difusor =5Nm3/h(9") y 7Nm3/h (12")

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

De acuerdo con los cálculos de la Tabla 31 se evidencian las siguientes dimensiones:

- Numero de Tanques: 2
- Longitud del tanque: 5,20
- Ancho del tanque: 2,60 m
- Altura total del tanque: 5.50 m
- Altura lámina de agua: 5.0 m
- Volumen total del tanque: 66 m^3
- Potencia del soplador: 3.0 HP(Se requieren dos sopladores + un stand by)
- Caudal del soplador 65 Nm3/H
- Presión de la descarga 6,5 m.c.a
- Numero de difusores por Tanque: 12 UN de 9

9.2.3.3 Dimensionamiento sedimentador secundario

Para el dimensionamiento del sedimentador secundario que se evidencia en la Tabla 32 se realizó con el caudal máximo horario de acuerdo con la resolución 0330 y 0799 del 2021. Para la alternativa serán dos sedimentadores cada uno para la mitad del caudal.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 36. Dimensionamiento sedimentador secundario

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO SEDIMENTACIÓN				
CRITERIOS DE DISEÑO				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA**
CAUDAL HORARIO QMH	l/s	3,65		
N DE SEDIMENTADORES	UN	2,00		
CAUDAL HORARIO	m^3/hr	6,57	Qhp	$\frac{l}{s} * \frac{1m^3}{1000l} * \frac{3600s}{1hr} = \frac{m^3}{hr}$
CARGA SUPERFICIAL TEORICA	m3/m²-hr	1,66	So	ENTRE QMH 1,66 Y 2,66 o QMM 0,67 a 1,17 m3/m2h
CARGA SUP. VOL.LODOS	m3/m²-hr	0,8	SL	
TIEMPO DE RETENCION	hr	2	TRS	2 a 3,5 horas
TASA RETORNO	%	50	Re	
INDICE VOL.LODOS	m^3/Kg SS	0,100	SVI	$\frac{(1,2 * Re)}{\left[\left(\frac{M}{10}\right) + (Re * M) \div 1000\right]} \div 1000$
DESARROLLO				
AREA 1	m²	4,00	A1s	$\frac{Qhp}{So}$
AREA 2	m²	3,30	A2s	$\frac{Qhp * M * SVI}{SL}$
AREA TANQUE SED.	m²	4,00	As	MAYOR DE ARRIBA
VOLUMEN TANQUE SED.	m^3	13,10	Vs	$Qhp * TRS$
PROFUNDIDAD MEDIA	m	3,28	Hms	$\frac{Vs}{As}$
L MINIMA VERTEDERO	m	0,24	Lmv	As/(5*Hms) $\frac{As}{5 * Hms}$
SI TANQUE CIRCULAR				
DIAMETRO TANQUE SED.	m	2,3	Ds	$\sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	7,20	Lvs	$L = \frac{2 * \pi * Ds}{2}$
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,58	Sor	PI*Ds^2/4
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
SI EL TANQUE RECTANGULAR				
BORDE LIBRE	m	0,3	Bl	
ALTURA LODOS ASUMIDO	m	0,8	Hl	
ALTURA TOTAL	m	4,38	Hts	Bl+Hl+Hms
RELACION LARGO:ANCHO		2	raw	
ANCHO SEDIMENTADOR	m	1,50	Ast	(As/raw)^0.5
LONG. EFECTIVA SEDIMENT.	m	2,67	Lsd	Ast*raw
ESPACIO CANAL DE ENTRADA	m	0,2	Lsi	
ESPACIO CANAL SALIDA	m	0,2	Lse	
LONGITUD TOTAL SEDIMENT.	m	3,07	LsT	
CARGA SUPERFICIAL REAL	m^3/m^2-hr	1,64	Sor	Qhp/(Ast*Lsd)
CHEQUEO CARGA SUPERFICIAL				O.K.
LONGITUD VERTEDERO SALIDA	m	1,50	lv	
CHEQUEO VERTEDERO SALIDA				O.K.

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

La geometría seleccionada para el sedimentador es rectangular, con los cálculos de la Tabla 32 se evidencian las siguientes dimensiones:

- Longitud: 3.1 m
- Ancho:1.5
- Altura lámina de agua:3.35 m
- Altura total: 4.4 m
- Volumen tanque sedimentador: 13.10 m3

9.2.3.4 Dimensionamiento deshidratación de lodos

Teniendo en cuenta que la producción de lodos generada por el sistema anaerobio es de 0.23 m³/día y la generación de lodos del sistema aerobio es de 1.13 m³/día, no se consideró en el marco de la presente consultoría, la implementación de unidades más especializadas como los filtros prensa o tornillos deshidratadores, puesto que son equipos que pueden tratar mayores volúmenes de lodos, y adicionalmente aumentan el consumo energético de la alternativa.

Dado que la generación de lodos en este caso es baja, se considera técnica y económicamente más viable la implementación de lechos de secado, los cuales son adecuados para volúmenes menores, ofreciendo una solución de bajo costo y mantenimiento sencillo.

Por esta razón, en la Tabla 33 se presenta el diseño correspondiente de la unidad de deshidratación de lodos mediante cuatro (4) lechos de secado.

Tabla 37. Dimensionamiento lechos de secado

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO DISEÑO SEGÚN RESOLUCIÓN 330 DEL 2017, 799 DEL 2021 DISEÑO DESHIDRATACION DE LODOS AEROBIOS				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA O ECUACION**
CAUDAL AR	m^3/hr	13,14	Q	
DBO in	ppm	292,00	DBO IN	
DBO out	ppm	7,00	DBO OUT	
DBO in	Kg/d	92,09	DBO in	DBO in = DBO in X Q
DBO out	Kg/d	2,21	DBO out	DBO out = DBO out X 0,1
DBO removida	Kg/d	89,88	DBO Remov	DBO rem = DBO out − DBO in
Factor prod. lodos	lodos/BDO remov.	0,50	F-LOD	
Producción de Lodos	Kg/d	44,94	LOD	$LOD = F - LOD\ x\ DBO\ Remo$
TOTAL LODOS	**Kg/d**	**44,94**	**TOTAL LOD**	
LODOS DEL sedimentador				
FLUJO LODOS	GPM	**0,008**	**Q LODOS**	
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/h	0,00187	VOL. LODOS/TANQUE	$V\,Lodos/tanqu = \left(Qlodos * \frac{3,7853}{1000}\right) * 60$
VOL. LODOS/TANQUE	m^3/d	**0,045**	**VOL. LODOS/TANQUE**	
VOLATILES	%	**0,100**	**% VOLATILES**	
DESTRUIDOS	%	**0,100**	**% DESTRUIDOS**	
LODOS NETOS	m3/d	0,045	LODOS NETOS	$Lodos\ netos = Vol.\ Lodos/tanque * \left(1 - \frac{Volatiles}{100} * \frac{Destruidos}{100}\right)$
LODOS DEL ESPESADOR				
% SOLIDOS	%	1,0	%S	
LODOS PRODUCIDOS	m^3/d	4,49	LODOS P	$LODOS\ P = \frac{LODOS\ NETO}{\%S}$
TIEMPO DE BOMBEO	horas	4,000	TIEMPO B	
TASA DE BOMBEO	m^3/h	1,123	TB	$TB = \frac{LODOS\ P}{TIEMPO\ B}$
LECHOS SECADO LODOS				
TIEMPO DE SECADO	días	5	TS	
VOLUMEN LODOS TOTAL	m^3	22,47	VLT	VLT= $LODOS\ P$ X TS
PROFUNDIDAD TORTA	m	0,3	PRO	
AREA LECHOS	m^2	74,90	A L	$AL = VLT$ / PRO
LADO 1 CELDA 1	m	5	LA 1 C 1	
LADO 2 CELDA 1	m	3	LA 2 C 2	
AREA TOTAL CELDA 1	m^2	15	AT C1	$AT\ C1 = LA\ 1\ C\ 1\ X\ LA\ 2\ C\ 2$
NUMERO DE CELDAS	-	4,99	NC	
NUMERO DE CELDAS REAL	-	**5,00**	**NCR**	NC = $A\ L$ / AT C1

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los cálculos que se evidencian en la Tabla 33 se pueden evidenciar las dimensiones de las celdas de los lechos de secado.

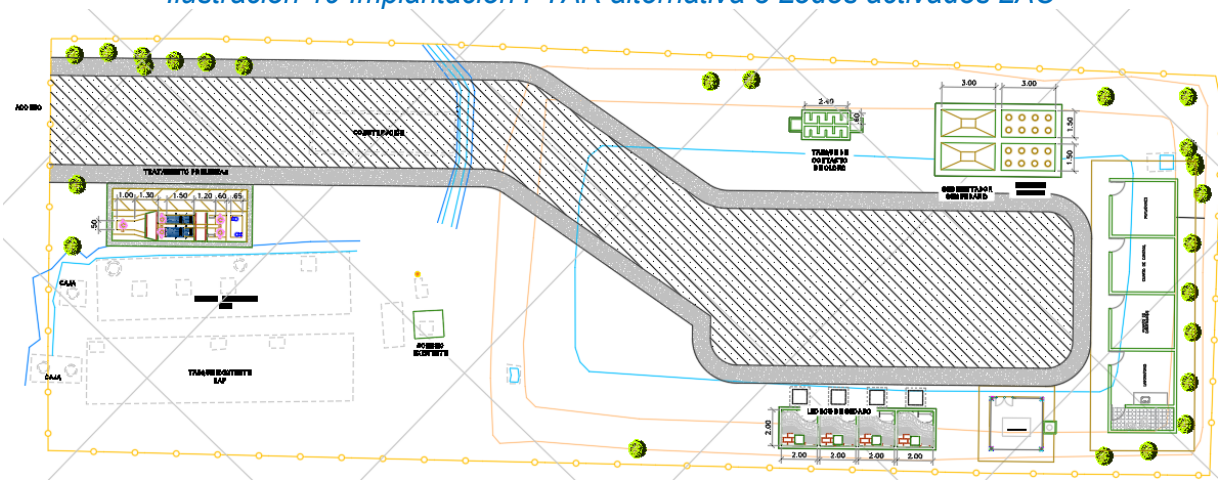
- Numero de celdas: 6
- Longitud: 5,00 m

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Ancho : 3 m
- Altura útil: 1,0 m
- Altura total de la celda: 1,5 m

Teniendo en cuenta que, como se muestra en la Tabla 33, se evidencian cinco (5) celdas; sin embargo, se contempla una celda adicional para completar un total de seis. Esta celda extra se adecúa con el fin de realizar los mantenimientos necesarios sin afectar la continuidad de la operación.

Ilustración 19 Implantación PTAR alternativa 3 Lodos activados LAC



Fuente: Consultoría

9.3 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA DE DESINFECCIÓN

El sistema de desinfección es el mismo para todas las alternativas propuestas el dimensionamiento de este se debe realizar con el caudal de aguas residuales tal como lo establece la resolución 799 de 2021. El sistema propuesto para la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales de la zona de influencia de el Olivo en Cogua consistirá en la aplicación de hipoclorito de sodio, el cual será dosificado mediante bombas dosificadoras.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

No se consideraron sistemas más automatizados como lámpara UV debido a que estos equipos, si bien ofrecen mayores niveles de eficiencia, implican una inversión inicial considerable más alta. Además, son tecnologías delicadas que pueden requerir mantenimiento frecuente, lo que podría comprometer la continuidad operativa del sistema. En casos críticos, incluso podría dejar inactiva una línea de tratamiento o, en el peor de los escenarios, paralizar por completo la planta. Por esta razón, se optó por incorporar en estos procesos tecnologías convencionales y de bajo costo que cumplen con los porcentajes de eficiencia requeridos.

En conclusión, se seleccionó una cámara de contacto con dosificación de hipoclorito de sodio mediante una bomba dosificadora. En la Tabla 38 se presenta el dimensionamiento correspondiente de este sistema.

Tabla 38. Dimensionamiento cámara de contacto de cloro

DISEÑO GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
DEL MUNICIPIO DE COGUA- SECTOR EL OLIVO				
DISEÑO TRATAMIENTO DESINFECCION				
CAMARA CONTACTO CLORO				
PARAMETRO	**UNIDAD**	**VALOR**	**SIMBOLO**	**FORMULA**
CAUDAL	l/s	3,65	Qc	Qhp/60
Numero de Tanques	UNIDAD	2,00		
CAUDAL	m^3/min	0,11	Qc	Qhp/60
TIEMPO DE RETENCION	min	30	TRe	
RELACION L/a		3	L/ac	
PROFUNDIDAD	m	2	Hc	
DESARROLLO				
CAPACIDAD TANQUE	m^3	3,30	Vc	Qc*TRe
AREA EFECTIVA	m^2	1,70	Ae	Vc/Hc
ANCHO EFECTIVO	m	0,80	ae	(Ae/(L/ac))^0.5
LARGO EFECTIVO	m	2,40	le	ae*(L/ac)
CAPACIDAD MEDIO ELIPSE	m^3	1,51	Vce	(PI*ae*Lsd/2)/2

Fuente: Consultoría

De acuerdo con la Tabla 38 se pueden evidenciar las dimensiones de la cámara de desinfección las cuales se muestran a continuación:

- Numero de cámaras: 2

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Longitud del tanque: 2.40 m
- Ancho del tanque: 0.80 m
- Altura total del tanque: 2.30 m
- Altura lámina de agua: 2,00 m
- Tiempo de retención: 30 minutos

Además de lo anterior hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Un área para la preparación y dosificación del cloro, mediante una solución líquida de hipoclorito de sodio que incluye tanques en PRFV, agitadores y bombas dosificadoras.
- El tanque será en concreto reforzado con tabiques divisorios.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

10 ÁREAS NECESARIAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS

Con base en los dimensionamientos de las tres alternativas se realizaron planos de planta general e implantaciones para poder determinar a las áreas ocupadas por cada uno de los sistemas, en la Tabla 39 se presentan las áreas de ocupación de las estructuras por alternativa. Sin embargo, los planos se encuentran anexos a este documento.

En los planos referenciados se presenta el área del predio donde se encuentra la PTAR actual y la implantación de las alternativas y además el dato del área de las unidades de proceso de acuerdo con cada alternativa.

Tabla 39 Áreas de ocupación de las estructuras por alternativa

ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	ÁREAS DE LAS ESTRUCTURAS
Alternativa 1 FAFA+ LAC	828 m^2
Alternativa 2 RAP+ LAC	770.5 m^2
Alternativa 3 LAC FASE1+ LAC FASE II	770.5 m^2

Fuente: Consultoría

Con base a los diseños, se implantaron las estructuras, evidenciando que es posible construir la PTAR en el lote existente de la STAR, teniendo en cuenta que se deberán demoler las estructuras existentes.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

11 COSTOS DE INVERSIÓN

Con respecto a los costos de inversión se realizaron presupuestos detallados para cada una de las alternativas teniendo en cuenta que el tratamiento preliminar es igual para todas las alternativas, así como el proceso de desinfección, se presentan presupuestos para el componente de obra civil, Suministro e instalación de equipos y obra mecánica, obra eléctrica y arranque y puesta en marcha. Estos se presentan como anexo.

Al final se presentará un cuadro comparativo para todas las tres alternativas.

11.1 INVERSIÓN TRATAMIENTO PRELIMINAR

Tabla 40. Inversión tratamiento preliminar

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO ONRAS CIVILES- TRATAMIENTO PRELIMINAR					
ITEM	CAPITULO	UNIDAD	#MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	CANAL DE LLEGADA	UN	1	$ 18.235.035,0	$ 18.235.035,0
2,00	CANAL DE CRIBADO/DESARENADO	UN	2	$ 149.864.169,0	$ 299.728.338,0
3,00	TRAMPA DE GRASAS	UN	1	$ 22.458.935,0	$ 22.458.935,0
TOTAL COSTOS DIRECTOS- OBRAS CIVILES TRATAMIENTO PRELIMINAR					$ 340.422.308,0

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO EQUIPAMENTO - TRATAMIENTO PRELIMINAR					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	**ESTRUCTURA DE ALIVIO Y PRELIMINAR CRIBADO Y DESARENADO**	UN	1	$ 69.418.605,00	**$ 69.418.605,00**
2,00	**TRAMPA GRASAS**	UN	1	$ 4.396.036,00	**$ 4.396.036,00**
TOTAL COSTOS DIRECTOS EQUIPAMENTO - TRATAMIENTO PRELIMINAR					$ 73.814.641,00

Fuente: Consultoría

11.2 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 1 FAFA+LAC

Tabla 41. Inversión obra civil alternativa No.1. FAFA+ LAC

RESUMEN OBRAS CIVILES ALTERNATIVA 1 FAFA-LAC					
ITEM	CAPITULO	UNIDADES	#MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	**POZO DE BOMBEO INICIAL**	**UN**	1	**$ 26.217.880,0**	$ 26.217.880,0
2,00	REACTOR LAC	UN	1	$ 237.877.927,0	$ 237.877.927,0
3,00	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	UN	1	$ 185.418.790,0	$ 185.418.790,0
4,00	TANQUE DE CONTACTO	UN	2	$ 33.758.940,0	$ 67.517.880,0
5,00	POZO DE LODOS BIOLOGICOS	UN	1	$ 30.077.058,0	$ 30.077.058,0
6,00	LECHOS DE SECADO	UN	1	$ 119.154.696,0	$ 119.154.696,0
7,00	LINEA DE AGUA TRATADA A LA FUENTE RECEPTORA	UN	1	$ 229.050.762,00	$ 229.050.762,0
8,00	CASETA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL	UN	1	$ 123.482.405,6	$ 123.482.405,6
9,00	CASETA DE DESINFECCIÓN	UN	1	$ 47.225.066,3	$ 47.225.066,3
10,00	URBANISMOS + REDES DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES	UN	1	$ 142.998.107,4	$ 142.998.107,4
TOTAL COSTOS DIRECTOS - OBRAS CIVILES DE ALTERNATIVA 1 - FAFA + LAC					$ 1.209.020.572,3

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 42. Inversión equipamiento Alternativa No. 1 FAFA+ LAC

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 1 - FAFA+LAC					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	POZO DE BOMBEO	UN	1	$ 36.120.000,00	$ 36.120.000,00
2,00	FILTRO ANAEROBIO DE FLUO ASCENDENTE FAFA	UN	1	$ 211.045.840,00	$ 211.045.840,00
3,00	REACTOR LAC	UN	1	$ 164.141.660,00	$ 164.141.660,00
4,00	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	UN	1	$ 22.749.772,00	$ 22.749.772,00
5,00	TANQUE CLORACIÓN	UN	1	$ 143.562.828,00	$ 143.562.828,00
6,00	POZO DE LODOS Y LINEAS DE LODOS	UN	1	$ 39.343.280,00	$ 39.343.280,00
7,00	LECHOS DE SECADO	UN	1	$ 38.755.200,00	$ 38.755.200,00
8,00	INSTRUMENTACION	UN	1	$ 90.846.880,00	$ 90.846.880,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 1 - FAFA+LAC				$ 746.565.460,00

Fuente: Consultoría

Tabla 43. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 1 FAFA+ LAC

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 1 -FAFA+LAC					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	TABLERO CCM	UN	1	$ 80.500.000,00	$ 80.500.000,00
2,00	TABLERO DE CONTROL	UN	1	$ 55.000.000,00	$ 55.000.000,00
3,00	ACOMETIDAS ELECTRICAS FUERZA Y CONTROL	UN	1	$ 129.500.000,00	$ 129.500.000,00
4,00	EXTERIORES Y EDIFICIOS	UN	1	$ 90.000.000,00	$ 90.000.000,00
5,00	PLANTA DE EMERGENCIA	UN	1	$ 38.500.000,00	$ 38.500.000,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 1 - FAFA+LAC				$ 393.500.000,00

Fuente: Consultoría

Tabla 44. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 1 FAFA+ LAC

ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA ALTERNATIVA 1 FAFA + LAC						
ITEM	CARGO	CANTIDAD	SALARIO	FM	PLAZO/MESES	VALOR TOTAL
1,00	PERSONAL					
	SUB-TOTAL PERSONAL					$ 167.618.860,00
2,00	COSTOS DE LABORATORIOS	UNIDAD	CANTIDAD		VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	Ensayos de laboratorio					
	SUB-TOTAL LABORATORIOS					$ 64.217.853,00
	TOTAL ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA					$ 231.836.713,00

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

11.3 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 2 RAP+LAC

Tabla 45. Inversión obra civil alternativa No.2. RAP+LAC

RESUMEN OBRAS CIVILES ALTERNATIVA 2 RAP+LAC					
ITEM	CAPITULO	UNIDADES	#MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	POZO DE BOMBEO INICIAL	UN	1	$ 26.230.897,0	$ 26.230.897,0
2,00	REACTOR LAC	UN	1	$ 214.203.799,0	$ 214.203.799,0
3,00	SEDIMENTADOR SECUNDARIO (RECTANGULAR)	UN	1	$ 188.235.937,0	$ 188.235.937,0
4,00	TANQUE DE CONTACTO	UN	2	$ 34.582.328,0	$ 69.164.656,0
5,00	POZO DE LODOS BIOLOGICOS	UN	1	$ 22.385.616,0	$ 22.385.616,0
6,00	LECHOS DE SECADO	UN	1	$ 87.009.122,0	$ 87.009.122,0
7,00	LINEA DE AGUA TRATADA A LA FUENTE RECEPTORA	UN	1	$ 217.441.437,00	$ 217.441.437,0
8,00	CASETA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL	UN	1	$ 113.342.029,2	$ 113.342.029,2
9,00	CASETA DE DESINFECCIÓN	UN	1	$ 46.275.646,4	$ 46.275.646,4
10,00	URBANISMOS + REDES DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES	UN	1	$ 146.257.114,1	$ 146.257.114,1
TOTAL COSTOS DIRECTOS - OBRAS CIVILES DE OBRAS CIVILES ALTERNATIVA 2 RAP+LAC					$ 1.130.546.253,6

Fuente: Consultoría

Tabla 46. Inversión equipamiento Alternativa No. 2 RAP+LAC

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 2 - RAP+LAC					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	**POZO DE BOMBEO**	UN	1	$ 34.926.000,00	**$ 34.926.000,00**
2,00	**RAP**	UN	1	$ 227.716.840,00	**$ 227.716.840,00**
3,00	**REACTOR LAC**	UN	1	$ 150.827.760,00	**$ 150.827.760,00**
4,00	**SEDIMENTADOR SECUNDARIO**	UN	1	$ 14.225.008,00	**$ 14.225.008,00**
5,00	**TANQUE CLORACIÓN**	UN	1	$ 141.036.828,00	**$ 141.036.828,00**
6,00	**POZO DE LODOS Y LINEAS DE LODOS**	UN	1	$ 34.641.680,00	**$ 34.641.680,00**
7,00	**LECHOS DE SECADO**	UN	1	$ 26.032.720,00	**$ 26.032.720,00**
8,00	**INSTRUMENTACION**	UN	1	$ 90.846.880,00	**$ 90.846.880,00**
	TOTAL COSTOS DIRECTOS EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 2 -				**$ 720.253.716,00**

Fuente: Consultoría

Tabla 47. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 2 RAP+LAC

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 2-RAP+LAC					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	**TABLERO CCM**	UN	1	$ 72.500.000,00	**$ 72.500.000,00**
2,00	**TABLERO DE CONTROL**	UN	1	$ 50.000.000,00	**$ 50.000.000,00**
3,00	**ACOMETIDAS ELECTRICAS FUERZA Y CONTROL**	UN	1	$ 110.500.000,00	**$ 110.500.000,00**
4,00	**EXTERIORES Y EDIFICIOS**	UN	1	$ 83.000.000,00	**$ 83.000.000,00**
5,00	**PLANTA DE EMERGENCIA**	UN	1	$ 36.800.000,00	**$ 36.800.000,00**
TOTAL COSTOS DIRECTOS COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 2 - RAP+LAC					**$ 352.800.000,00**

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 48. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 2 rap Lodos activados

PRESUPUESTO ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - MUNICIPIO DE COGUA, CUNDINAMARCA, SECTOR EL OLIVO (QMM)=3,65 L/S ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA ALTERNATIVA 2 RAP+LAC						
1,00	PERSONAL					
	SUB-TOTAL PERSONAL					$ 167.618.860,00
2,00	COSTOS DE LABORATORIOS	UNIDAD	CANTIDAD		VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	SUB-TOTAL LABORATORIOS					$ 60.252.258,00
	TOTAL ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA					$ 227.871.118,00

Fuente: Consultoría

11.4 INVERSIÓN ALTERNATIVA No. 3 LAC FASE I +LAC FASE II

Tabla 491.1 Inversión obra civil alternativa No.3 FASE I +LAC FASE II

RESUMEN OBRAS CIVILES ALTERNATIVA 3 LAC I+LA CII					
ITEM	CAPITULO	UNIDADES	#MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	POZO DE BOMBEO INICIAL	UN	1	$ 26.230.897,0	$ 26.230.897,0
2,00	REACTOR LAC	UN	1	$ 248.202.596,0	$ 248.202.596,0
3,00	SEDIMENTADOR SECUNDARIO (RECTANGULAR)	UN	1	$ 207.134.470,0	$ 207.134.470,0
4,00	TANQUE DE CONTACTO	UN	2	$ 34.582.328,0	$ 69.164.656,0
5,00	POZO DE LODOS BIOLOGICOS	UN	1	$ 34.812.353,0	$ 34.812.353,0
6,00	LECHOS DE SECADO	UN	1	$ 87.009.122,0	$ 87.009.122,0
7,00	LINEA DE AGUA TRATADA A LA FUENTE RECEPTORA	UN	1	$ 217.441.437,00	$ 217.441.437,0
8,00	CASETA DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL	UN	1	$ 113.342.029,2	$ 113.342.029,2
9,00	CASETA DE DESINFECCIÓN	UN	1	$ 46.275.646,4	$ 46.275.646,4
10,00	URBANISMOS + REDES DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES	UN	1	$ 146.257.114,1	$ 146.257.114,1
TOTAL COSTOS DIRECTOS - OBRAS CIVILES DE OBRAS CIVILES ALTERNATIVA 3 LAC I + LAC II					$ 1.195.870.320,6

Fuente: Consultoría

Tabla 50. Inversión equipamiento Alternativa No. 3 LAC I+LAC II

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 3 - LAC I + LAC II					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	POZO DE BOMBEO	UN	1	$ 36.120.000,00	$ 36.120.000,00
2,00	REACTOR AEROBIO CON TANQUES EXISTENTES FASE I	UN	1	$ 202.105.160,00	$ 202.105.160,00
3,00	REACTOR AEROBIO FASE II	UN	1	$ 164.141.660,00	$ 164.141.660,00
4,00	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	UN	1	$ 22.749.772,00	$ 22.749.772,00
5,00	TANQUE CLORACIÓN	UN	1	$ 143.562.828,00	$ 143.562.828,00
6,00	POZO DE LODOS Y LINEAS DE LODOS	UN	1	$ 39.343.280,00	$ 39.343.280,00
7,00	LECHOS DE SECADO	UN	1	$ 38.755.200,00	$ 38.755.200,00
8,00	INSTRUMENTACION	UN	1	$ 90.846.880,00	$ 90.846.880,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS EQUIPAMENTO DE ALTERNATIVA 3 - LAC I + LAC II				$ 737.624.780,00

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 51. Inversión componente eléctrico Alternativa No. 3 LAC I + LAC II

RESUMEN GENERAL COSTO DIRECTO COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 3 -LAC I + LAC II					
ITEM	CAPITULO	UND	# DE MODULOS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,00	TABLERO CCM	UN	1	$ 114.500.000,00	$ 114.500.000,00
2,00	TABLERO DE CONTROL	UN	1	$ 55.000.000,00	$ 55.000.000,00
3,00	ACOMETIDAS ELECTRICAS FUERZA Y CONTROL	UN	1	$ 158.500.000,00	$ 158.500.000,00
4,00	EXTERIORES Y EDIFICIOS	UN	1	$ 90.000.000,00	$ 90.000.000,00
5,00	PLANTA DE EMERGENCIA	UN	1	$ 58.500.000,00	$ 58.500.000,00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS COMPONENTE ELECTRICO DE ALTERNATIVA 3 - LAC I + LAC II				$ 476.500.000,00

Fuente: Consultoría

Tabla 52. Inversión arranque y puesta en marcha Alternativa No. 3 LAC I + LAC II

PRESUPUESTO ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - MUNICIPIO DE COGUA, CUNDINAMARCA, SECTOR EL OLIVO (QMM)=3,65 L/S ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA ALTERNATIVA 2 RAP+LAC						
1,00	PERSONAL					
	SUB-TOTAL PERSONAL					$ 167.618.860,00
2,00	COSTOS DE LABORATORIOS	UNIDAD	CANTIDAD		VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	SUB-TOTAL LABORATORIOS					$ 60.252.258,00
	TOTAL ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA					$ 227.871.118,00

FUENTE: CONSULTORÍA

11.5 RESUMEN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN PARA LAS 3 ALTERNATIVAS

Con base en los análisis de los presupuestos de inversión se realiza la comparación de cada una de las alternativas para pode identificar cual es la que menor costo de inversión tiene y las diferencia entre cada una de ellas

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 53. Resumen de costos de inversión (CAPEX) alternativas

RESUMEN GENERAL DE COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVAS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - MUNICIPIO DE COGUA, CUNDINAMARCA, SECTOR EL OLIVO (QMM)=3,65 L/S

ITEM	DESCRIPCION	1.FAFA+LAC	2. RAP+LAC	3. LODOS ACTIVADOS
1	OBRAS CIVILES - PRELIMINAR	$ 340.422.308,00	$ 340.422.308,00	$ 340.422.308,00
2	OBRAS MECANICAS - PELIMINAR	$ 72.794.641,00	$ 72.794.641,00	$ 72.794.641,00
3	OBRAS CIVILES - ALTERNATIVAS	$ 1.209.020.572,28	$ 1.130.546.253,63	$ 1.195.870.320,63
4	OBRAS MECANICAS - ALTERNATIVAS	$ 746.565.460,00	$ 720.253.716,00	$ 737.624.780,00
5	OBRAS ELECTRICAS	$ 393.500.000,00	$ 352.800.000,00	$ 476.500.000,00
6	ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA	$ 231.836.713,00	$ 227.871.118,00	$ 227.871.118,00
	VALOR COSTO DIRECTO	**$ 2.994.139.694,28**	**$ 2.844.688.036,63**	**$ 3.051.083.167,63**
	AIU (32.5%)	$ 973.095.401,00	$ 924.523.612,00	$ 991.602.029,00
	TOTAL DEL PROYECTO	**$ 3.967.235.095,00**	**$ 3.769.211.649,00**	**$ 4.042.685.197,00**
	DIFERENCIA COSTOS DE INVERSIÓN	**$ 198.023.446,00**		$ 273.473.548,00
	% RESPECTO A LA MAS ECONOMICA	**5%**		**7%**
	INTERVENTORIA (7%)	**$ 277.706.456,65**	**$ 263.844.815,43**	**$ 282.987.963,79**

Como se puede observar en la Tabla 53 la alternativa No. 2 es la más favorable en cuanto costos de inversión con un valor de $ **3.769,211.649**

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12 COSTOS DE OPERACIÓN

Para poder determinar los costos de operación de cada una de las alternativas se discriminaron en costos de energía, costos de productos químicos, costos de personal y los costos de manejo de los lodos producidos en cada una de las alternativas.

Con base en esto se determinaron los costos de operación mensual junto con el precio por m^3 de agua tratada y al final se pudo determinar las diferencias en costos de operación para cada una de las alternativas.

Tabla 54. Costos y consumos de energía Alternativa No. 1

REALACIÓN DE MOTORES Y CONSUMO ENERGIA								
ALTERNATIVA No. 1 FAFA+LAC								
ITEM	**EQUIPO**	**CAN**	**DESCRIPCION**	**HP**	**VOL**	**% OPER**	**CONSUMO KW-H**	**POT. INST. KW**
1	Bomba sumergible pozo bombeo	3	Bombeo a lodos activos	0,50	460	66	0,74	1,12
2	Sopladores de aire	3	Tratamiento aerobio	3,00	460	66	4,43	6,71
3	Bombas de recirculacion	0	Lodos activos	0,50	460	50	0,00	0,00
4	Sistema dosificacion cloro	1	Desinfeccion	1,00	460	100	0,75	0,75
	CAUDAL DE LA PLANTA m^3/h	**13,1**						
	TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA (kW/h)						**5,91**	**8,58**
	CONSUMO TOTAL KW /m^3 AGUA TRATADA						0,45	
	CONSUMO TOTAL KW /DIA						141,92	
	VALOR ENERGIA POR M3						382,53	
	VALOR KW						850,00	
	VALOR ENERGIA DIA						120.633	
VALOR ENERGIA MES							**3.619.001**	

Fuente: Consultoría

Tabla 55. Costos de operación de energía Alternativa No. 2

REALACION DE MOTORES Y CONSUMO ENERGIA								
ALTERNATIVA No.2 RAP+LAC								
ITEM	**EQUIPO**	**CAN**	**DESCRIPCION**	**HP**	**VOL**	**% OPER**	**CONSUMO KW-H**	**POT. INST. KW**
1	Bomba sumergible pozo bombeo	3	Bombeo a lodos activos	0,50	460	66	0,74	1,12
2	Sopladores de aire	3	Tratamiento aerobio	2,00	460	66	2,95	4,47
3	Bombas de recirculacion	0	Lodos activos	0,50	460	80	0,00	0,00
4	Sistema dosificacion cloro	1	Pozo de lodos	1,00	460	100	0,75	0,75
		13,14						
	TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA (kW/h)						**4,44**	**6,34**
	CONSUMO TOTAL KW /m^3 AGUA TRATADA						0,34	
	CONSUMO TOTAL KW /DIA						106,49	
	VALOR ENERGIA POR M3						287,02	
	VALOR KW						850,00	
	VALOR ENERGIA DIA						90.513	
VALOR ENERGIA MES							**2.715.392**	

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 56 Costos de operación de energía Alternativa No. 3

REALACION DE MOTORES Y CONSUMO ENERGIA								
ALTERNATIVA No.3 LAC I + LAC II								
ITEM	**EQUIPO**	**CAN**	**DESCRIPCION**	**HP**	**VOL**	**% OPER**	**CONSUMO KW-H**	**POT. INST. KW**
1	Bomba sumergible pozo bombeo	3	Bombeo a lodos activos	0,50	460	66	0,74	1,12
2	Sopladores de aire	6	Tratamiento aerobio	3,00	460	66	8,86	13,42
3	Bombas de recirculacion	0	Lodos activos	0,50	460	80	0,00	0,00
4	Sistema dosificacion cloro	1	Pozo de lodos	1,00	460	100	0,75	0,75
		13,14						
	TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA (kW/h)						**10,34**	**15,29**
6	CONSUMO TOTAL KW /m^3 AGUA TRATADA						0,79	
7	CONSUMO TOTAL KW /DIA						248,23	
8	VALOR ENERGIA POR M3						669,06	
9	VALOR KW						850,00	
10	VALOR ENERGIA DIA						210.994	
VALOR ENERGIA MES							**6.329.830**	

Fuente: Consultoría

Como se evidencia en las tablas de costos de operación para cada una de las alternativas, la tecnología que cuenta con mayor consumo energético en la operación corresponde a la alternativa No. 3. Lodos activados fase I+ Lodos Activados Fase II pues requiere por ser solo un sistema aerobio sin embargo se debe realizar el siguiente análisis que el sistema de filtro anaerobio de flujo ascendente es un poco menos eficiente que el sistema anaerobio de flujo a pistón RAP, haciendo así que el sistema aerobio de la alternativa 1. Sea un poco más grande y por ende requiera de más oxígeno, haciendo así que los sopladores tengan un consumo eléctrico mayor.

12.1 COSTOS DE OPERACIÓN DE USO DE QUÍMICOS PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS

En la Tabla 57 se puede evidenciar los costos de los productos químicos para las tres (3) alternativas, teniendo en cuenta que solo se tiene contemplado el uso de cloro para el tratamiento de desinfección.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Tabla 57. Costos de productos químicos para las 2 alternativas

	COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO					
ALTERNATIVAS No. 1, 2 y 3						
REACTIVOS PARA UN (1) MES						
ITEM	**DESCRIPCION**	**UNIDAD**	**CONSUMO DIA**	**VALOR UNITARIO $**	**TIEMPO DIAS**	**VALOR TOTAL $**
1	CLORO	Kg/d	3,15	4.500,00	30,0	425.736
VALOR REACTIVOS						**425.736**

Fuente: Consultoría

El costo de los productos químicos es igual para las tres alternativas ya que el caudal es igual y las concentraciones de dosificación de hipoclorito

12.2 COSTOS OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LODOS PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS.

Tabla 58. Producción y Costos de Manejo de Lodos por Alternativa

COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO						
ALTERNATIVAS No. 1 , 2 Y 3						
PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LODOS						
ITEM	**DESCRIPCION**	**UNIDAD**	**PRODUCION DIA**	**VALOR MANEJO UNITARIO $**	**TIEMPO DIAS**	**VALOR MANEJO TOTAL $**
1	ALTERNATIVA FAFA + LAC	m^3/dia	0,12	200.000,00	30,0	720.000,00
2	ALTERNATIVA RAP+ LAC	m^3/dia	0,12	200.000,00	30,0	720.000,00
3	ALTERNATIVA LAC I + LAC II	m^3/dia	0,25	200.000,00	30,0	1.500.000,00

Fuente: Consultoría

Como se puede evidenciar en Tabla 58 los costos de operación en el manejo de lodos son menor en la alternativa No. 1 y 2 con una producción de lodos de 0,12 m^3/d, ya que el proceso anaerobio disminuye la producción de lodos debido a la eficiencia obtenida en el sistema FAFA y RAP mientras que la alternativa 3 producción 0,25 m^3/día por ser solo un proceso aerobio la producción de lodos es mayor que un sistema combinado .

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

12.3 COSTOS OPERACIÓN PERSONAL DE TODAS LAS ALTERNATIVAS

Tabla 59. Costos de personal y control para las 3 alternativas

COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO						
ALTERNATIVAS No. 1, 2 y 3						
PERSONAL Y LABORATORIO						
I. OPERACIÓN POR UN (1) MES						
ITEM	DESCRIPCION	CANT	SALARIO MENSUAL	FACTOR MULTIPLI.	TIEMPO MESES	VALOR TOTAL
1	OPERARIO	4	2.000.000,0	1,6	0,5	6.400.000,00
2	INGENIERO O TECNOLOGO	1	4.000.000,0	1,6	0,3	1.920.000,00
3	ENSAYOS DE LABORATORIO TRIMESTRAL	1	2.666.666,7	1,0	0,3	800.000,00
TOTAL PERSONAL						9.120.000,00

Fuente: Consultoría

Los costos de personal son los mismos para las tres (3) tecnologías de tratamiento como se puede evidenciar en Tabla 59, estos contemplan operarios, un ingeniero o tecnólogo y los ensayos de laboratorio, los cuales se contemplaron que se realizan de manera trimestral.

Se ha contemplado dentro de los costos de operación referente a el personal que este personal puede operar las Dos PTAR Tanto para la Plazuela y el Olivo

12.4 RESUMEN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN

Teniendo en cuenta todos los componentes que intervienen para calcular los costos de operación, se presenta los costos mensuales para cada una de las alternativas, además de los costos por m^3 de agua tratada.

Tabla 60. Resumen general por mes y por m3

COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO						
TODAS LAS ALTERNATIVAS						
RESUMEN GENERAL POR MES Y POR m^3 DE AGUA TRATADA						
CAUDAL 3,65 L/s						
TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	ENERGÍA	QUÍMICOS	PERSONAL	MANEJO DE LODOS	TOTAL OPERACIÓN	COSTO OPER POR m^3
ALT 1 FAFA+ LAC	3.619.001	425.736	9.120.000	720.000	13.884.737	1.468
ALT 2 RAP+ LAC	2.715.392	425.736	9.120.000	720.000	12.981.128	1.372
ALT 3 LAC I + LAC II	6.329.830	425.736	9.120.000	1.500.000	17.375.566	1.837

Fuente: Consultoría

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Como se puede evidenciar en la Tabla 60, el costo de operación más económico por m^3 de agua tratada, corresponde a la alternativa No. 2 RAP+ LAC con un valor de 1,372 pesos por m^3 ; de agua tratada esto puede darse a que la tecnología requiere de equipos sopladores consumen menos energía que los equipos de la alternativa 1 y 3 , del mismo modo, la producción de lodos es menor en esta alternativa.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

En la selección de la tecnología para el tratamiento de las aguas residuales del municipio de Cogua en el sector El Olivo, se han considerado, en su orden: aspectos sociales de la comunidad, procesos tecnológicos, aspectos ambientales de la localidad, reúso y el aprovechamiento de subproductos del proceso, manejo de lodos excedentes, costos de inversión y de operación y mantenimiento, tarifas, capacidad y disponibilidad de pago.

Con el objeto de obtener la alternativa óptima se realizó un análisis, considerando factores técnicos, sociales, ambientales y económicos, que permiten comparar integralmente las alternativas y seleccionar el enfoque de manejo más adecuado para el proyecto; los criterios de evaluación para la matriz y la asignación de los puntajes se indican a continuación. El puntaje de los aspectos anteriores, se asignarán considerando dimensionamiento, cálculos, evaluación de costos (tanto de inversión como de operación), área ocupada e incidencias en el medio ambiente.

13.1 ASPECTOS TÉCNICOS DE (0 a 15)

Área requerida (0-2): Este aspecto es de gran importancia y considera las condiciones topográficas existentes de forma local, para la PTAR. A menor requerimiento de área mayor puntaje. La asignación del puntaje es inversamente proporcional al área de terreno que ocupe la PTAR con la tecnología evaluada.

Características del agua a tratar (0-2): Se valoran las características del agua a tratar frente a la capacidad de la tecnología para aceptar concentraciones contaminantes severas, sin desestabilizar el proceso. El criterio de calificación será: mala para la tecnología que no admite una concentración fuerte (0), media para una concentración típica (1) y buena para la que soporta una concentración fuerte (2).

Complejidad de la tecnología (0-2): A menor complejidad de la tecnología mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta para tecnologías con elevadas exigencias de materiales, equipos y con una operación sofisticada y con escasa experiencia en la región y el país (0), media para tecnologías moderadamente fáciles de operar y de conocida aplicación

(1), y baja aplicable a tecnologías de escasos requerimientos de equipos y de operación sencilla, de probada aplicación y experiencia regional (2).

Facilidad de ampliación o compatibilidad con nuevos componentes (0-2): Se evalúa la flexibilidad para la introducción de nuevos componentes que propenderán por mejorar la prestación del servicio con calidad, eficiencia y cobertura. A mayor facilidad o compatibilidad del sistema mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), media (1) y alta (2).

Eficiencia del tratamiento (0-2): La variable relaciona la alternativa o escenario tecnológico con la suficiencia en la eficiencia lograda en la remoción de las cargas impuestas al sistema. A mayor eficiencia del tratamiento mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), media (1) y alta (2).

Requerimiento de equipos para mantenimiento y operación (0-2): Este criterio está asociado a la vulnerabilidad, facilidad de operación y mantenimiento de los componentes evaluados. A mayor requerimiento de equipos sofisticados menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0), medio (1) y bajo (2).

Vulnerabilidad de la tecnología (0-2): Abarca la existencia de riesgos físicos naturales que pueden afectar parcial o totalmente las estructuras. A mayor vulnerabilidad menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto riesgo (0), mediano riesgo (1) y bajo riego (2).

Vida útil (0-1): A mayor vida útil mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0) y mediana (1).

13.1.1. Exigencias operativas y de mantenimiento (0-15)

Facilidad operativa (0-5): El escenario tecnológico apropiado debe estar acorde con el desarrollo de la infraestructura de servicios y así no incurrir en la adopción de sistemas que utilicen procesos demasiado complejos tanto en la construcción como en la operación, los cuales posteriormente pueden ser abandonados, por no contar con el avance tecnológico necesario. A mayor facilidad operativa mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0-1), media (2-3) y alta (4-5).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

Facilidad de mantenimiento (0-5): El escenario óptimo debe adaptarse a las condiciones de desarrollo municipal y requerir de equipos complejos, herramientas y personal de fácil consecución, haciendo viable o factible el mantenimiento que se le deba dar al sistema. A mayor facilidad de mantenimiento mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0-1), media (2-3) y alta (4-5).

Requerimientos de energía para la operación y funcionamiento (0-5): Está asociado a la necesidad de energía para el funcionamiento y operación. A mayor requerimiento de energía menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0-1), moderado (2-3) y bajo (4-5).

13.2. ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES (0-30)

13.2.1. Afectación Antrópica (0-10)

Calidad de vida (0-3): Está ligado al bienestar que el escenario tecnológico brinda a la población beneficiada y que ocasiona menores inconvenientes en las actividades de la misma población. A mayor calidad de vida mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), moderada (1-2) y alta (3).

Generación de empleo (0-3): La ejecución de este tipo de obras, generan mano de obra, especialmente la mano de obra no calificada, hecho que redunda en la ayuda directa de la población. A mayor generación de empleo mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), moderada (1-2) y alta (3).

Riesgo para la salud (0-4): La variable está asociada a la incidencia del escenario tecnológico en la salud de los moradores de la localidad o del sitio adyacente al predio de la planta. Los riesgos en salud para la población están generados por la presencia de malos olores y por vectores (moscas, mosquitos, ratas, etc.). A mayor riesgo para la salud menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto riesgo (0), mediano riesgo (1-2) y bajo riesgo (3-4).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13.2.2. Afectación Biótica y Abiótica (0-10)

Régimen de vientos (0-1): Esta hace referencia al régimen de vientos debido a la propagación de olores, y a la incidencia que éstos puedan generar en el clima. A régimen de vientos menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0) y bajo (1).

Limitaciones climáticas (0-1): Algunas tecnologías poseen limitaciones por diversos factores climáticos que pueden afectar ostensiblemente la eficiencia de la tecnología. A mayores limitaciones climáticas menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (3).

Limitaciones ambientales (0-2): A mayor afectación ambiental menor puntaje. La afectación ambiental está vinculada a la ejecución de las obras y la operación del escenario tecnológico. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).

Generación de ruidos, olores y contaminación atmosférica (0-2): Se refiere a los evidentes efectos negativos o incomodidades que causan el funcionamiento operación y mantenimiento del sistema. A mayor generación de efectos menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).

Contaminación de fuentes superficiales (0-2): Las actividades originadas para el funcionamiento, operación y mantenimiento, y que ocasionan la disposición de líquidos o sólidos en suspensión en la fuente superficial contaminándola. A mayor contaminación de fuentes superficiales menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).

Calidad visual del paisaje (0-1): La calidad visual puede afectarse con la descarga de cargas orgánicas con el escenario de la tecnología que se implante; además de obras que impacten visualmente el aspecto natural del lugar. A mayor afectación del paisaje menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (1).

Generación de lodos y sólidos (0-1): Este criterio está asociado con la tecnología y la producción de sólidos y de lodos. A menor producción de sólidos mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (1).

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

13.3. ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS (0-50)

13.3.1. Inversión Inicial

Valor de lotes (0-5): El máximo puntaje se asignará al escenario de menor costo, y a los otros se asignará de manera proporcional, dependiendo del área ocupada, la cual también dependerá del sitio de localización de la PTAR.

Costos de construcción (0-15): El máximo puntaje se asignará al escenario de menor costo de inversión y a los otras se asignarán de manera proporcional, dependiendo el valor de la inversión , de la PTAR.

13.3.2. Costos de Operación (0-25)

Infraestructura institucional (0-5): A mayor necesidad de infraestructura institucional menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0-1), moderado (2-3) y bajo (4-5).

Insumos químicos, consumo de electricidad, disposición de lodos (0-10): Se evaluará los costos de energía, productos químicos, manejo de lodos necesarios para el funcionamiento y operación del sistema, valor de la mano de obra necesarios. Con estos costos se calculará el costo de tratamiento por m^3, al menor valor se le otorgará la calificación más alta (10), el segundo tendrá una calificación moderada (5) y al de mayor valor una calificación baja (1), lo que indica que la ponderación es inversamente proporcional al valor de consumo de costos de operación.

Requiere de personal calificado (0-2): A menor necesidad de personal calificado mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).

Requiere de personal no calificado (0-3): A menor necesidad de personal no calificado menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0-1), moderada (2) y baja (3).

Aprovechamiento de subproductos Biogás y Lodos (0-5): Corresponde a la tecnología que proporciona subproductos para el aprovechamiento en la generación de energía y lodos

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

estabilizados para el aprovechamiento como mejoradores de suelos. Los criterios de calificación serán: alta (5), moderada (3) y baja (1).

13.3.3. Costos de Mantenimiento (0-5)

Requiere de personal calificado (0-2): A menor necesidad de personal calificado mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).

Requiere de personal no calificado (0-3): A menor necesidad de personal no calificado menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1-2) y baja (3).

14 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA

A partir de los análisis efectuados se presenta la calificación de cada una de las alternativas en la matriz de evaluación que se encuentra en el anexo 4. Matriz de evaluación, ubicado en la carpeta 2. Alternativas, el cual se presenta a continuación en la Tabla 61.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

MATRIZ DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO
PTAR MUNICIPIO DE COGUA-ELOLIVO

Tabla 61. Matriz de evaluación

ítems	Puntaje	Rango	Criterios de Evaluación	Puntos	Alt. No. 1 FAFA+LAC	Alt.No. 2 RAP+LAC	Alt.No. 3 SOLO LAC
1	30	0-15	**Tecnología Apropiada**				
			Área requerida Este aspecto es de gran importancia y considera las condiciones topográficas existentes de forma local, para la PTAR. A menor requerimiento de área mayor puntaje. La asignación del puntaje es inversamente proporcional al área de terreno que ocupe la PTAR con la tecnología evaluada A menor requerimiento de área mayor puntaje.	0-2	1	2	2
			Características del agua a tratar (0-2): Se valoran las características del agua a tratar frente a la capacidad de la tecnología para aceptar concentraciones contaminantes severas, sin desestabilizar el proceso. El criterio de calificación será: mala para la tecnología que no admite una concentración fuerte (0), media para una concentración típica (1) y buena para la que soporta una concentración fuerte (2).	0-2	1	1	1
			Complejidad de la tecnología (0-2): A menor complejidad de la tecnología mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta para tecnologías con elevadas exigencias de materiales, equipos y con una operación sofisticada y con escasa experiencia en la región y el país (0), media para tecnologías moderadamente fáciles de operar y de conocida aplicación (1), y baja aplicable a tecnologías de escasos requerimientos de equipos y de operación sencilla, de probada aplicación y experiencia regional (2).	0-2	2	2	1
			Facilidad de ampliación o compatibilidad con nuevos componentes (0-2): Se evalúa la flexibilidad para la introducción de nuevos componentes que propenderán por mejorar la prestación del servicio con calidad, eficiencia y cobertura. A mayor facilidad o compatibilidad del sistema mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), media (1) y alta (2).	0-2	2	2	2

ítems	Puntaje	Rango	Criterios de Evaluación	Puntos	Alt. No. 1	Alt.No. 2	Alt.No. 3
					FAFA+LAC	RAP+LAC	SOLO LAC
			Eficiencia del tratamiento (0-2): La variable relaciona la alternativa o escenario tecnológico con la suficiencia en la eficiencia lograda en la remoción de las cargas impuestas al sistema. A mayor eficiencia del tratamiento mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), media (1) y alta (2).	0-2	1	2	2
			Requerimiento de equipos para mantenimiento y operación (0-2): Este criterio está asociado a la vulnerabilidad, facilidad de operación y mantenimiento de los componentes evaluados. A mayor requerimiento de equipos sofisticados menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0), medio (1) y bajo (2).	0-2	1	2	1
			Vulnerabilidad de la tecnología (0-2): Abarca la existencia de riesgos físicos naturales que pueden afectar parcial o totalmente las estructuras. A mayor vulnerabilidad menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto riesgo (0), mediano riesgo (1) y bajo riego (2).	0-2	2	2	1
			Vida útil (0-1): A mayor vida útil mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0) y mediana (1).	0 -1	1	1	1
		0-15	**Exigencias operativas y de mantenimiento**				
			Facilidad operativa (0-5): El escenario tecnológico apropiado debe estar acorde con el desarrollo de la infraestructura de servicios y así no incurrir en la adopción de sistemas que utilicen procesos demasiado complejos tanto en la construcción como en la operación, los cuales posteriormente pueden ser abandonados, por no contar con el avance tecnológico necesario. A mayor facilidad operativa mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0-1), media (2-3) y alta (4-5).	0-3	3	3	1
			Facilidad de mantenimiento (0-5): El escenario óptimo debe adaptarse a las condiciones de desarrollo municipal y requerir de equipos complejos, herramientas y personal de fácil consecución, haciendo viable o factible el mantenimiento que se le deba dar al sistema. A mayor facilidad de mantenimiento mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0-1), media (2-3) y alta (4-5).	0-3	3	5	1
			Requerimientos de energía para la operación y funcionamiento (0-5): Está asociado a la necesidad de energía para el funcionamiento y operación. A mayor requerimiento de energía menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0-1), moderado (2-3) y bajo (4-5).	0-5	3	4	1

ítems	Puntaje	Rango	Criterios de Evaluación	Puntos	Alt. No. 1	Alt.No. 2	Alt.No. 3
					FAFA+LAC	RAP+LAC	SOLO LAC
2	20	0-10	**Afectación antrópica**				
			Calidad de vida (0-3): Está ligado al bienestar que el escenario tecnológico brinda a la población beneficiada y que ocasiona menores inconvenientes en las actividades de la misma población. A mayor calidad de vida mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), moderada (1-2) y alta (3).	0-2	2	2	2
			Generación de empleo (0-3): La ejecución de este tipo de obras, generan mano de obra, especialmente la mano de obra no calificada, hecho que redunda en la ayuda directa de la población. A mayor generación de empleo mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: baja (0), moderada (1-2) y alta (3).	0-1	3	3	3
			Riesgo para la salud (0-4): La variable está asociada a la incidencia del escenario tecnológico en la salud de los moradores de la localidad o del sitio adyacente al predio de la planta. Los riesgos en salud para la población están generados por la presencia de malos olores y por vectores (moscas, mosquitos, ratas, etc.). A mayor riesgo para la salud menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto riesgo (0), mediano riesgo (1-2) y bajo riesgo (3-4).	0-2	3	3	3
		0-10	**Afectación biótica y abiótica**				
			Régimen de vientos (0-1): Esta hace referencia al régimen de vientos debido a la propagación de olores, y a la incidencia que éstos puedan generar en el clima. A régimen de vientos menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0) y bajo (1).	0-1	1	1	1
			Limitaciones climáticas (0-1): Algunas tecnologías poseen limitaciones por diversos factores climáticos que pueden afectar ostensiblemente la eficiencia de la tecnología. A mayores limitaciones climáticas menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (3).	0-1	1	1	1
			Limitaciones ambientales (0-2): A mayor afectación ambiental menor puntaje. La afectación ambiental está vinculada a la ejecución de las obras y la operación del escenario tecnológico. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).	0-1	1	1	1

ítems	Puntaje	Rango	Criterios de Evaluación	Puntos	Alt. No. 1	Alt.No. 2	Alt.No. 3
					FAFA+LAC	RAP+LAC	SOLO LAC
			Generación de ruidos, olores y contaminación atmosférica (0-2): Se refiere a los evidentes efectos negativos o incomodidades que causan el funcionamiento operación y mantenimiento del sistema. A mayor generación de efectos menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).	0-3	2	2	2
			Contaminación de fuentes superficiales (0-2): Las actividades originadas para el funcionamiento, operación y mantenimiento, y que ocasionan la disposición de líquidos o sólidos en suspensión en la fuente superficial contaminándola. A mayor contaminación de fuentes superficiales menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).	0-2	2	2	2
			Calidad visual del paisaje (0-1): La calidad visual puede afectarse con la descarga de cargas orgánicas con el escenario de la tecnología que se implante; además de obras que impacten visualmente el aspecto natural del lugar. A mayor afectación del paisaje menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (1).	0-1	1	1	1
			Generación de lodos y sólidos (0-1): Este criterio está asociado con la tecnología y la producción de sólidos y de lodos. A menor producción de sólidos mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0) y baja (1).	0-1	1	1	0
3	50						
		0-20	**Inversión inicial**				
			Valor de lotes (0-5): El máximo puntaje se asignará al escenario de menor costo, y a los otros se asignará de manera proporcional, dependiendo del área ocupada, la cual también dependerá del sitio de localización de la PTAR.	0-5	4	5	2
			Costos de construcción (0-15): El máximo puntaje se asignará al escenario de menor costo de inversión y a los otras se asignarán de manera proporcional, dependiendo el valor de la inversión , de la PTAR	0-15	12	15	10
		0-25	**Costos de operación**				
			Infraestructura institucional (0-5): A mayor necesidad de infraestructura institucional menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alto (0-1), moderado (2-3) y bajo (4-5).	0-5	4	4	4

ítems	Puntaje	Rango	Criterios de Evaluación	Puntos	Alt. No. 1	Alt.No. 2	Alt.No. 3
					FAFA+LAC	RAP+LAC	SOLO LAC
			Insumos químicos, consumo de electricidad, disposición de lodos (0-10): Se evaluará los costos de energía, productos químicos, manejo de lodos necesarios para el funcionamiento y operación del sistema, valor de la mano de obra necesarios. Con estos costos se calculará el costo de tratamiento por m3, al menor valor se le otorgará la calificación más alta (10), el segundo tendrá una calificación moderada (5) y al de mayor valor una calificación baja (1), lo que indica que la ponderación es inversamente proporcional al valor de consumo de costos de operación.	0-5	4	5	2
			Requiere de personal calificado (0-2): A menor necesidad de personal calificado mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).	0-2	2	2	2
			Requiere de personal no calificado (0-3): A menor necesidad de personal no calificado menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0-1), moderada (2) y baja (3).	0-3	3	3	3
			Aprovechamiento de subproductos Biogás y Lodos (0-5): Corresponde a la tecnología que proporciona subproductos para el aprovechamiento en la generación de energía y lodos estabilizados para el aprovechamiento como mejoradores de suelos. Los criterios de calificación serán: alta (5), moderada (3) y baja (1).	0-5	1	1	1
		0-5	**Costos de mantenimiento**				
			Requiere de personal calificado (0-2): A menor necesidad de personal calificado mayor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1) y baja (2).	0-2	2	2	2
			Requiere de personal no calificado (0-3): A menor necesidad de personal no calificado menor puntaje. Los criterios de calificación serán: alta (0), moderada (1-2) y baja (3).	0-3	1	1	1
PUNTAJE TOTAL OBTENIDO					**70,00**	**81,00**	**57,00**
ORDEN DE ELEGIBILIDAD					**2**	**1**	**3**

Fuente: *Consultoría*

14.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Con base en la matriz de evaluación multicriterio, la alternativa No. 2, correspondiente al tren de tratamiento compuesto por reactor anaerobio de flujo a pistón (RAP), lodos activados (LAC), sedimentación secundaria, desinfección y lechos de secado, obtuvo el mayor puntaje total, con 81 puntos, seguida por la alternativa No. 1 FAFA + LAC con 70 puntos y la alternativa No. 3 LAC en dos fases con 57 puntos. En consecuencia, la alternativa No. 2 ocupa el primer orden de elegibilidad para continuar a la fase de diseños definitivos de la PTAR El Olivo.

La selección no se sustenta únicamente en el menor costo inicial, sino en el mejor equilibrio entre desempeño técnico, eficiencia esperada de remoción, confiabilidad operacional, aprovechamiento de infraestructura existente, menor generación relativa de lodos frente a la alternativa exclusivamente aerobia y capacidad de cumplir los objetivos de calidad exigidos para el cuerpo receptor. El tren RAP + LAC permite combinar las ventajas de una etapa anaerobia de alta carga con una etapa aerobia de pulimento, condición técnica apropiada para aguas residuales domésticas con cargas orgánicas predominantes y con exigencias altas de remoción.

14.2 COMPATIBILIDAD CON LOS PARÁMETROS DE DISEÑO Y EL CUERPO RECEPTOR

El dimensionamiento se realizó para un caudal de diseño de 3,65 L/s, conforme al criterio aplicable al caudal máximo mensual adoptado en el estudio, con dos módulos de tratamiento de 1,83 L/s cada uno. Esta configuración modular permite mejorar la operación, facilitar mantenimientos programados y reducir el riesgo de suspensión total del tratamiento durante intervenciones puntuales en una línea de proceso.

La alternativa seleccionada responde a las condiciones de calidad requeridas para el vertimiento proyectado. El sistema combina remoción anaerobia de carga orgánica en el RAP, estabilización y pulimento mediante lodos activados, separación de biomasa en sedimentación secundaria y desinfección final. Esta secuencia incrementa la confiabilidad para alcanzar el objetivo de calidad asociado a DBO de 7 mg/L, y permite orientar el diseño definitivo hacia el

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

cumplimiento de los parámetros de salida considerados en el estudio para DBO, DQO, SST, pH y grasas y aceites.

Desde el punto de vista ambiental, la alternativa RAP + LAC es consistente con la necesidad de reducir la carga contaminante que llega al río Neusa y, por conexión hidrográfica, a la cuenca del río Bogotá. La incorporación de tratamiento biológico mixto evita depender de un solo mecanismo de remoción y permite que la etapa aerobia actúe como pulimento de la fracción orgánica remanente de la etapa anaerobia.

14.3 VENTAJAS HIDRÁULICAS Y DE PROCESO

El RAP permite desarrollar un régimen hidráulico de flujo a pistón, con control de tiempos de retención y contacto progresivo entre el agua residual y la biomasa anaerobia. Esta condición favorece la estabilización inicial de la carga orgánica, disminuye la demanda de oxígeno requerida en la etapa posterior y reduce el tamaño relativo de los equipos de aireación frente a una alternativa completamente aerobia. El proceso anaerobio también contribuye a una menor producción de lodos biológicos, lo cual disminuye cargas operacionales sobre el sistema de espesamiento, deshidratación y disposición final.

La etapa de lodos activados complementa el proceso anaerobio al proporcionar oxidación biológica, control operacional mediante aireación, recirculación de lodos y sedimentación secundaria. Esta etapa resulta determinante para garantizar el pulimento del efluente y mejorar la estabilidad de la calidad final. Al operar después del RAP, el reactor aerobio recibe una carga orgánica previamente atenuada, lo que reduce la exigencia energética y mejora la resiliencia del sistema frente a variaciones moderadas de carga.

La alternativa mantiene unidades comunes y convencionales de pretratamiento, desinfección y manejo de lodos: canal de entrada, rejillas, desarenador, vertedero Sutro, trampa de grasas, sedimentador secundario, cámara de contacto de cloro y lechos de secado. Esta condición facilita la operación por parte del prestador, disminuye la dependencia de equipos de alta complejidad y conserva una línea de tratamiento compatible con la disponibilidad técnica local.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

14.4 APROVECHAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA

La alternativa No. 2 permite aprovechar los tanques existentes de la STAR El Olivo como parte del tratamiento anaerobio, siempre que en la fase de diseño definitivo se verifique su condición estructural, estanqueidad, volumen útil, distribución hidráulica, accesibilidad, ventilación y requerimientos de impermeabilización. Este aprovechamiento reduce el volumen de obra civil nueva y mejora la viabilidad económica del proyecto sin comprometer la funcionalidad del proceso.

En la comparación de inversión, la alternativa RAP + LAC presenta el menor costo total de proyecto, con un valor estimado de $3.769.211.649, frente a $3.967.235.095 de la alternativa FAFA + LAC y $4.042.685.197 de la alternativa LAC en dos fases. Esta diferencia equivale aproximadamente a una reducción del 5% frente a la alternativa No. 1 y del 7% frente a la alternativa No. 3. En términos operacionales, el estudio identifica para la alternativa No. 2 el menor costo por metro cúbico tratado, reportado en $1.372/m3, lo cual fortalece su sostenibilidad financiera para el municipio y el operador.

El resultado económico se explica por la combinación de menor obra civil relativa, menor requerimiento de aireación frente a un esquema totalmente aerobio y producción de lodos inferior a la alternativa LAC en dos fases. Para el manejo de lodos, las alternativas con etapa anaerobia reportan una producción de 0,12 m3/día, mientras que la alternativa exclusivamente aerobia reporta 0,25 m3/día, condición que incide directamente en menores costos de retiro, transporte, secado y disposición.

14.5 CRITERIO FINAL DE SELECCIÓN

De acuerdo con lo anterior, la alternativa No. 2 RAP + LAC se justifica técnicamente por presentar el mejor balance entre eficiencia de tratamiento, costo de inversión, costo de operación, modularidad, aprovechamiento de infraestructura existente, menor producción de lodos y capacidad de cumplir los objetivos de calidad del vertimiento. Por tanto, se recomienda desarrollar los diseños definitivos de la PTAR El Olivo con base en esta alternativa,

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

incorporando en la fase siguiente la verificación estructural de las unidades existentes, el perfil hidráulico definitivo, el diseño electromecánico, el control de olores, el manejo de biogás, la instrumentación, la operación por módulos y el programa de seguimiento de calidad del efluente.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta consultoría, plantea tres (3) alternativas de tratamiento de aguas residuales, en las cuales se contemplan tecnologías anaerobias+ aerobias, con diferentes procesos para evaluar eficiencias de remoción y que den cumplimiento con los objetivos de calidad que emite el Acuerdo No. 17 del 2020.

Las alternativas planteadas fueron con el objetivo de reusar la infraestructura existente de la STAR, es por esto que no se han planteado otras alternativas y tecnologías.

Los sistemas de tratamiento dimensionados fueros proyectados con un horizonte al año 2052 es decir 27 años de los cuales dos serán para la construcción y puesta en marcha del proyecto.

Se realiza la matriz de evaluación para cada una de las alternativas contemplando aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales lo cual como se evidencia en la Tabla 61 la alternativa No.2 fue la de mejor puntaje con 81. La cual se destaca principalmente por presentar menores costos de inversión y bajos costos de operación.

Con base en el análisis técnico, ambiental y económico desarrollado para la PTAR El Olivo, se concluye que la alternativa No. 2, compuesta por RAP + lodos activados (LAC), sedimentación secundaria, desinfección y lechos de secado, es la alternativa recomendada para avanzar a la fase de diseños definitivos. Esta alternativa obtuvo el primer lugar en la matriz de evaluación multicriterio, con 81 puntos, superando a la alternativa No. 1 FAFA + LAC y a la alternativa No. 3 LAC en dos fases.

La alternativa seleccionada permite atender el caudal de diseño de 3,65 L/s mediante dos trenes de tratamiento de 1,83 L/s, lo cual proporciona modularidad, continuidad operativa y flexibilidad para realizar mantenimientos sin suspender totalmente el sistema. Esta configuración debe conservarse y detallarse en la ingeniería definitiva mediante válvulas de aislamiento, by-pass controlados, medición de caudal, distribución hidráulica equitativa y control de niveles entre unidades.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

El tren de tratamiento RAP + LAC es técnicamente conveniente porque integra remoción anaerobia inicial y pulimento aerobio. La etapa RAP reduce la carga orgánica y la producción de lodos, mientras que la etapa de lodos activados mejora la calidad final del efluente y aumenta la confiabilidad para cumplir las metas de vertimiento asociadas al río Neusa. Esta combinación es más equilibrada que una solución únicamente aerobia, dado que reduce costos energéticos y producción de lodos, y es más robusta que una solución exclusivamente anaerobia frente a exigencias altas de calidad del efluente.

Desde el punto de vista económico, la alternativa No. 2 presenta el menor costo total de inversión, estimado en $3.769.211.649, y el menor costo de operación por metro cúbico tratado, reportado en $1.372/m3. Esta condición es relevante para la sostenibilidad del proyecto, pues reduce la presión sobre la tarifa, mejora la capacidad de operación del prestador y permite orientar los recursos hacia el mantenimiento preventivo y el seguimiento de calidad.

Se recomienda que los diseños definitivos incluyan la verificación estructural y funcional de los tanques existentes que serán reutilizados como RAP, incluyendo inspección de fisuras, juntas, impermeabilización, estabilidad, volumen útil, distribución de flujo, dispositivos internos, ventilación, cubiertas, control de olores, extracción de lodos y manejo seguro de biogás. La reutilización de infraestructura solo debe adoptarse en la ingeniería de detalle si se comprueba su aptitud hidráulica, estructural y operativa.

Se recomienda desarrollar el perfil hidráulico completo de la PTAR, desde la llegada del alcantarillado hasta el punto de vertimiento final, verificando niveles máximos, pérdidas de carga, condiciones de operación por módulos, cotas de rebose, estructuras de alivio, drenajes internos, manejo de aguas lluvias y accesibilidad para operación y mantenimiento.

Para la etapa de lodos activados se recomienda definir con precisión la carga másica, edad del lodo, concentración de sólidos suspendidos en el licor mezcla, requerimientos de oxígeno, capacidad de sopladores, difusores, recirculación de lodos, purga, control de espumas y

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

puntos de muestreo. Estos criterios son determinantes para garantizar la estabilidad del proceso aerobio y la calidad del efluente final.

En materia ambiental, se recomienda incorporar un programa de monitoreo del afluente y efluente que incluya, como mínimo, DBO, DQO, SST, pH, grasas y aceites, caudal, coliformes y los parámetros adicionales que exija la autoridad ambiental en el permiso de vertimiento. También se recomienda dejar prevista la posibilidad de incorporar etapas futuras de remoción de nutrientes si los objetivos de calidad o la normativa ambiental se vuelven más exigentes.

El manejo de subproductos debe ser definido como parte integral del diseño definitivo. Se recomienda incluir manejo de biogás mediante conducción segura, venteo o quema controlada según producción estimada, y manejo de lodos mediante espesamiento, secado, almacenamiento temporal, caracterización y disposición final autorizada. La operación de lechos de secado debe contemplar alternancia de celdas, drenaje de lixiviados hacia cabecera de planta y protección frente a ingreso de aguas lluvias.

Se recomienda que la alternativa seleccionada sea complementada con manual de operación y mantenimiento, plan de arranque y estabilización biológica, programa de capacitación del operador, plan de contingencia, inventario de equipos críticos, protocolo de control de olores, señalización, cerramiento, seguridad industrial, edificio de operación, laboratorio básico, sistema eléctrico, planta de emergencia e instrumentación mínima para control de caudal, niveles, aireación y recirculación.

La alternativa RAP + LAC debe continuar a diseños definitivos manteniendo el enfoque de sostenibilidad técnica, ambiental y financiera. En consecuencia, el diseño final deberá priorizar eficiencia de remoción, simplicidad operativa, bajo consumo energético relativo, reducción de lodos, facilidad de mantenimiento, protección del cuerpo receptor y cumplimiento de la normativa aplicable al vertimiento.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

16 BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo 43 de 2006. Objetivos de calidad del Río Bogotá
- Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del Río Bogotá (POMCA), 2018.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Corporación Autónoma Regional de Guavio (CORPOGUAVIO), Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (CORPORINOQUIA). Resolución 0957 de 2019. Por medio de la cual se aprueba el ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá y se dictan otras disposiciones.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), RESOLUCIÓN DJUR No. 50207100889 de 17 JUL. 2020, Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV del municipio de Cogua.
- MAVDT, (1998). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Títulos E, F y G. Bogotá-Colombia.
- Ministerio de vivienda ciudad y territorio MAVDT (2017) Resolución 0330 de junio del 2017 reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS
- Ministerio de vivienda ciudad y territorio MAVDT (2021) Resolución 0799 del 09 de diciembre de 2021. Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017 reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS.
- Ministerio de vivienda ciudad y territorio MAVDT (2021) Resolución 0908 del 16 de diciembre de 2021. Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017 reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS.
- Metcalf & Eddy. (1991) Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse. Third Edition. U.S.A: Editorial Mc. Graw Hill, nc.
- Jairo Alberto Romero Rojas Tratamiento De Aguas Residuales Teoría Y Principios De Diseño tercera edición del 2004
- Alvaro Orozco Jaramillo (2014) Bioingenieria de Aguas Residuals
- James 1984, An Introduction to Water Quality Modelling: Department of Civil Engineering, University of Newcastle upon Tyne, UK.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia

- Bloom, Arthur. Geomorphology. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
- Cavalcanti, P. Lettinga G. Integrated Application of the UASB Reactor and Ponds for Domestic Sewage Treatment in Tropical Regions. Wageningen University. The Netherlands 2003.
- Danehy, Robert J., James M. Hassett. "Stream Habitat Quantification by Use of the Froude Number." Stream Notes. January 1996.
- French, Richard F. Open-Channel Hydraulics. New York: McGraw-Hill, Inc. 1985.
- Gupta, Ram S. Hydrology and Hydraulic Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989.
- Harrelson, Cheryl C., C.L. Rawlins, John P. Potyondy. Stream Channel Reference Sites: An Illustrated Guide to Field Technique. Fort Collins, Colorado: USDA Forest Service, 1994.
- New York State Department of Environmental Conservation, Division of Water, Bureau of Water Quality Management. Reducing the Impacts of Storm water Runoff from New Development. 1992
- Steven Chapra. Surface Water Quality Modelling: McGraw-Hill International Editions. Third Edition 1995.
- W. Wesley Eckenfelder, Jr. Principles of Water Quality Management: CBI Publishing Company, Inc –1980.

www.aquaplaneting.com
320 223 1797 – 601 749 5697 / Avenida el Dorado No. 68c 61 - Oficina 531 Edificio Torre Central Davivienda / Bogotá - Colombia