

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(129)

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	JEAN FRANCO PARRA MENDEZ
FACULTAD	DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL
DIRECTOR	LUIS ORLANDO VERGEL GRANADOS
TÍTULO DE LA TESIS	FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CURUMANÍ – CESAR

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN TAMBIÉN CONOCIDAS COMO LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN SON EXCAVACIONES EN EL SUELO DONDE SE ALMACENA AGUA RESIDUAL PARA SU TRATAMIENTO POR MEDIO DE LA ACTIVIDAD BACTERIANA CON ACCIONES SIMBIÓTICAS DE LAS ALGAS Y OTROS ORGANISMOS. SE HA OPTADO POR IMPLEMENTAR ESTE MÉTODO PORQUE ES UNA DE LAS ALTERNATIVAS QUE MÁS LOGRA REUNIR LAS CONDICIONES ECONÓMICAS, TANTO POR SU BAJO COSTO COMO POR SU FÁCIL CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 129	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 45	CD-ROM: 1
---------------------	------------------	--------------------------	------------------



**FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y
OPTIMIZACIÓN DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE
CURUMANÍ - CESAR.**

AUTOR

JEAN FRANCO PARRA MENDEZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental

DIRECTOR

LUIS ORLANDO VERGEL GRANADOS

Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Agosto, 2019

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo A Dios y a la Santísima Trinidad por estar conmigo en este proceso de formación, por darme la sabiduría, el entendimiento, la paciencia, la humildad y la entrega necesaria para alcanzar todas mis metas propuestas.

A la empresa de servicios públicos de Curumaní – Cesar ACUACUR E.S.P por abrirme las puertas durante estos meses y poderme aportar a mi desarrollo profesional. Especialmente al señor Gerente Cesar Centeno Cadena por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis de grado en las instalaciones de la empresa y por confiar en mis capacidades como profesional.

A mis Padres, Hermanos y Amigos de infancia que me ayudaron en este proceso, que siempre han creído en mí, en mis capacidades humanas y profesionales, sin el apoyo de ellos tal vez no hubiese sido posible alcanzar todos los resultados esperados en este proceso.

A mi maestro el profesor Luis Augusto Jácome Gómez (QEPD) por ayudarme en este proceso, ser mi guía para realizar este trabajo y aportarme los conocimientos necesarios para realizarme profesionalmente. Mi gratitud eternamente para usted, nunca voy a olvidar todos sus consejos, asesorías y su calidad humana y profesional.

A mi director el Ingeniero Luis Orlando Vergel Granados, por brindarme todos sus conocimientos adquiridos en su experiencia y ser un buen guía en el proceso.

Al ingeniero Edwin José Miranda Jácome por estar ahí siempre, ser mi apoyo, mi amigo, mi hermano y mi tutor durante este trabajo. Me enseñó que todo en esta vida se puede cumplir si lo hacemos con mucho esfuerzo y dedicación.

A la Universidad Francisco de Paula Santander por ser una institución formadora de profesionales con valores y excelentes conocimientos. A mis compañeros de estudio y grandes amigos que me dejó el paso por esta gran universidad, especialmente a Juan de Dios, Alejandro Domínguez, 5 años aprendiendo de ustedes espero sean más. Muchas gracias.

¡Recuerden Que Dios Nunca Miente!

Jean Franco Parra Méndez.

Índice

Capítulo 1. “Formulación de alternativas para mejorar el rendimiento y optimización de las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní – Cesar”	1
1.1 Problema de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Justificación	3
1.6 Delimitaciones	6
1.6.1 Delimitación conceptual	6
1.6.2 Delimitación geográfica	6
1.6.3 Delimitación temporal	7
1.6.4 Delimitación operativa	7
Capítulo 2. Marco referencial	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Marco histórico	11
2.2.1 Reseña histórica	11
2.3 Reseña histórica STAR	12
2.4 Marco contextual	14
2.5 Marco conceptual	16
2.5.1 Lagunas de oxidación	16
2.5.2 Agua residual	19
2.5.3 Parámetros fisicoquímicos	20
2.5.4 Demanda biológica de oxígeno (DBO)	20
2.5.5 Demanda química de oxígeno (DQO)	21
2.5.6 Sólidos suspendidos totales (SST)	21
2.5.7 Grasas y aceites	21
2.5.8 Contaminantes habituales en las aguas residuales	22
2.5.9 El efluente	22
2.5.10 Punto de descarga	22
2.5.11 Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR)	22
2.5.12 Tasa retributiva por vertimientos puntuales	23
2.5.13 La tasa retributiva	23
2.5.14 Los vertimientos	23
2.5.15 Plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV)	24
2.6 Marco teórico	25
2.7 Marco legal	27
Capítulo 3. Diseño metodológico	31
3.1 Tipo de investigación	31
3.2 Población	32
3.3 Muestra	33

3.4 Recolección de información	34
3.5 Análisis de la información	38
Capítulo 4. Presentación de resultados	39
4.1 Elaborar un diagnóstico actual de la situación ambiental en las lagunas de oxidación de Curumaní – César y evaluar la remoción de carga contaminante con sus respectivos parámetros.....	39
4.2 Determinar los impactos ambientales generados por las lagunas de oxidación a través de los procesos de remoción de la materia orgánica.	72
4.3 Matriz subjetiva de evaluación de los impactos ambientales originados en el sistema de tratamientos de aguas residuales. (STAR).....	74
4.4 Formular estrategias que permitan la optimización del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de oxidación de Curumaní – Cesar.....	77
5. Conclusiones.....	99
6. Recomendaciones	101
Referencias.....	105
Apéndices.....	112

Lista de tablas

Tabla 1 Porcentaje de remoción.....	56
Tabla 2. Los diferentes impactos generados	72
Tabla 4. Matriz Subjetiva de evaluación de impactos ambientales	74
Tabla 5. Probabilidad del impacto ambiental	76
Tabla 6. Gravedad del impacto ambiental	76
Tabla 7. Frecuencia de aplicación de los biosólidos.....	88

Lista de figuras

Figura 1. Sistema de tratamiento de agua residual del municipio de Curumaní – Cesar	7
Figura 2. Cobertura de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio de Curumaní	13
Figura 3. Imagen satelital del casco urbano y rural del municipio de Curumaní-Cesar	15
Figura 4. Imagen satelital de las lagunas de oxidación del municipio de Curumaní-Cesar	15
Figura 5. Red de alcantarillado del municipio.	44
Figura 6. Red de alcantarillado del municipio.	44
Figura 7. Red de alcantarillado del municipio.	45
Figura 8. Imagen satelital municipio de curumaní.....	46
Figura 9. Tratamiento preliminar del sistema.	47
Figura 10. Distribución y esquema general del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Curumaní.....	48
Figura 11. Laguna de tipo facultativo	50
Figura 12. Laguna de maduración	51
Figura 13. Toma de muestra y medición de caudal en la canaleta parshall.....	53
Figura 14. Toma de muestra punto medio del sistema.	53
Figura 15. Toma de muestra salida del sistema.	54
Figura 16. Informe de los parámetros fisicoquímicos	54
Figura 17. Área de influencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la vereda San Rafael y el barrio Santa Elena.....	57
Figura 18. Sabe o conoce el término de laguna de oxidación.....	58
Figura 19. Se ha visto afectado en algún momento por vivir cerca de la laguna de oxidación	58
Figura 20. Cree que las lagunas de oxidación generan problemas ambientales	59
Figura 21. Ha presentado problemas de salud en los últimos 5 años a causa de vivir cerca de las lagunas	59
Figura 22. Ha sido bueno el mantenimiento de las lagunas de oxidación por parte de la empresa de servicios públicos del municipio.....	60
Figura 23. Cuenta con el servicio de alcantarillado.....	60
Figura 24. Está conectado a la red de alcantarillado o tiene pozo séptico.....	61
Figura 25. Hasta la fecha ha presentado olores ofensivos cerca de su casa.....	61
Figura 26. Conoce el caño San Ignacio como fuente receptora del efluente de las lagunas de oxidación.....	62
Figura 27. Cree que la alcaldía municipal ha estado involucrada con el mejoramiento del sistema de alcantarillado del municipio.....	62
Figura 28. En los últimos años se ha hecho algún recambio de tubería de alcantarillado por parte de la empresa de servicio público del municipio.....	63
Figura 29. Ha sido capacitado por parte de empresa de servicios públicos en cuanto al PSMV .	63
Figura 30. Cree usted que la cobertura del alcantarillado ha mejorado durante los últimos años	64
Figura 31. Sabe o conoce el término de laguna de oxidación.....	64
Figura 32. Se ha visto afectado en algún momento por vivir cerca de la laguna de oxidación	65
Figura 33, Cree que las lagunas de oxidación generan problemas ambientales	65
Figura 34. Ha presentado problemas de salud en los últimos 5 años a causa de vivir cerca de las lagunas	66
Figura 35. Ha sido bueno el mantenimiento de las lagunas de oxidación por parte de la empresa de servicios públicos del municipio.....	66

Figura 36. Cuenta con el servicio de alcantarillado	67
Figura 37. Tiene pozo séptico	67
Figura 38. Hasta la fecha ha presentado olores ofensivos cerca de su casa.....	68
Figura 39. Conoce el caño San Ignacio como fuente receptora del efluente de las lagunas de oxidación.....	68
Figura 40. Cree que la alcaldía municipal ha estado involucrada con el mejoramiento del sistema de alcantarillado del municipio.....	69
Figura 41. En los últimos años se ha hecho algún recambio de tubería de alcantarillado por parte de la empresa de servicio público del municipio	69
Figura 42. Ha sido capacitado por parte de empresa de servicios públicos en cuanto al PSMV	70
Figura 43. Cree usted que la cobertura del alcantarillado ha mejorado durante los últimos años	70
Figura 44. Diagrama del proceso de generación de energía	80
Figura 45. Aplicación de los lodos biosólidos resultantes del STAR.....	85
Figura 46. Diseño de siembra para especies rompe vientos	98

Lista de apéndices

Apéndice A. Encuesta para los habitantes del área de influencia de la laguna de oxidación del municipio de Curumaní – Cesar	113
Apéndice B. Resultados de las muestras del laboratorio en la salida del sistema.	115
Apéndice C. Resultados de las muestras del laboratorio en la entrada del sistema.	116
Apéndice D. Registros Fotográficos	117

Introducción

Anteriormente las lagunas de oxidación del municipio poseían una alta eficiencia en cuanto a la remoción de las cargas contaminantes y para degradar la materia orgánica, pero a través de los años y debido a La alta sobre población que ha tenido el municipio de Curumaní - Cesar estas lagunas han perdido eficiencia debido a que no hubo un plan de manejo, evaluación y seguimiento para mejorar el funcionamiento eficiente de las mismas por tal motivo se ha ocasionado que las descargas al caño san Ignacio que es la fuente hídrica receptora final presente contaminación por materia orgánica que estas lagunas no alcanzan a degradar en su proceso de descomposición de dicha materia orgánica, después de que los desechos salen de las lagunas de oxidación estos van en aumento, puesto que las lagunas no son suficientes para el abastecimiento del municipio que tiene cerca de 50.000 habitantes según las cifras realizadas por el DANE para el año 2018. Esta problemática puede alterar la salud pública de los habitantes del municipio, así como la de las fuentes hídricas aledaña al caño san Ignacio y también a las personas que aguas abajo se abastecen de esta red fluvial para el uso agrícola. (Pallares, 2015)

Capítulo 1. “Formulación de alternativas para mejorar el rendimiento y optimización de las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní – Cesar”

1.1 Problema de investigación

Pocas alternativas de mejoramiento y rendimiento en las lagunas de oxidación.

1.2 Planteamiento del problema

En Colombia existe una alta deficiencia en la cobertura del tratamiento de sus aguas residuales, es por esto que, las corporaciones autónomas de todo el país han puesto como meta principal, dentro de los programas de descontaminación del recurso hídrico, la promoción y financiación de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. Esto ha llevado a implementar diversos tipos de tratamiento y como es lógico se han encontrado inconvenientes en su funcionamiento que apenas se comienzan a detectar (Restrepo G. , 2008)

En el año 2002, Colombia contaba con 237 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en 235 municipios, lo que representaba una cobertura de 21% en población. Al finalizar el 2013 el número de plantas aumentó a 401 en 345 municipios, alcanzando una cobertura de 31%, incluyendo 10 sistemas en construcción. Pese a este esfuerzo, que resulta importante, todavía hay 753 municipios sin plantas lo que equivale al 69% de la población del país (Ministerio de medio ambiente, 2014)

Los datos anteriores representan para Colombia una alta deficiencia en la cobertura del tratamiento de sus aguas residuales, es por esto que, las corporaciones autónomas han puesto Como meta principal, dentro de los programas de descontaminación del recurso hídrico, la promoción y financiación de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Esto ha llevado a implementar diversos tipos de tratamiento y como es lógico se han encontrado inconvenientes en su funcionamiento que apenas se comienzan a detectar (Restrepo G. , 2008)

Las lagunas de oxidación también conocidas como lagunas de estabilización son una excavación en el suelo donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos (CNA, 1996).De acuerdo con el contenido de oxígeno las lagunas pueden clasificarse en aeróbicas, aireadas con mezcla parcial, facultativas y anaeróbicas; En el país se ha optado por implementar este método ya que es una de las alternativas que más se acerca a reunir condiciones económicas, tanto por su bajo costo como por su fácil construcción y operación. Sin embargo, en la implementación de estas lagunas, se han encontrado algunos problemas de funcionamiento.

1.3 Formulación del problema

¿Qué alternativas se plantearían con respecto a la situación actual que presentan las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní César, teniendo en cuenta los problemas de deficiencia, saturación y el manejo de las aguas residuales que estas lagunas presentan?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Formular alternativas para mejorar el sistema de tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní – César.

1.4.2 Objetivos específicos. Elaborar un diagnóstico actual de la situación ambiental en las lagunas de oxidación de Curumaní – César y evaluar la remoción de carga contaminante con sus respectivos parámetros.

Determinar los impactos ambientales generados por las lagunas de oxidación a través de los procesos de remoción de la materia orgánica.

Formular estrategias que permitan la optimización del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de oxidación de Curumaní – Cesar.

1.5 Justificación

El recurso agua es indispensable en las actividades del ser humano por tal motivo las actividades realizadas deben ser responsables en el manejo de este importante recurso, actualmente se plantean tecnologías para el manejo y cuidado por lo que se han venido implementando normativas que permitan cumplir con este propósito.

Las lagunas de oxidación son alternativas que han venido aplicándose alrededor de los últimos años para que se realice un tratamiento a las aguas residuales debido a que implican

bajos costos de implementación y los resultados son los deseados según los resultados presentados por los municipios de influencia, actualmente la empresa de servicios públicos de cada municipio en el que se implementan estas técnicas de manejo de aguas residuales, los cuales buscan como finalidad tener un mayor prestigio y cumplir con su responsabilidad ambiental por lo que han optado por estrategias limpias y eficientes para sus efluentes.

Por lo general las empresas generan efluentes con altas cargas de contaminantes y por tal motivo tienen el desafío de establecer tecnologías que permitan devolver el agua en las condiciones especificadas pero que a la vez impliquen costos bajos en la realización de este fin (Toscano, 2014)

Se realizara un diseño para mejorar el estado actual de las lagunas de oxidación lo cual sirva como un modelo de evaluación integral que sea viable y eficiente reconociendo que es un proceso que puede producir efluentes de una calidad tal que se puede utilizar para riego en la agricultura, acuicultura, entre otros, Se han obtenido resultados efectivos del proceso de tratamiento, específicamente en la remoción de los residuos generados y vertidos, los cuales sirven para estudiar con mayor detalle la eficiencia de las lagunas (Martinez, 2003)

En la literatura referida a las lagunas de estabilización, se le reconoce que es el único proceso que puede producir efluentes de una calidad tal que se puede utilizar para riego en la agricultura, acuicultura, entre otros, y que la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de sólidos sedimentables (SS) en éstas, es comparable con los otros sistemas de

tratamiento, los cuales requieren cloración como un proceso terciario para obtener una remoción de bacterias, igual al que las lagunas pueden alcanzar mediante un proceso secundario.

A través del estudio y evaluación de los sistemas de lagunas de estabilización que se encuentran en funcionamiento en el mundo, se han obtenido resultados efectivos del proceso de tratamiento, específicamente en la remoción de patógenos, los cuales sirven para estudiar con mayor detalle otras Lagunas (Guzmán, 2003)

En este orden se tiene en la actualidad que el aprovechamiento de los recursos hídricos, espacio y recursos en un proceso de tratamiento de agua, y que su disposición final es normalmente un cuerpo receptor que encausa las aguas tratadas a un lugar específico, se reconoce la necesidad de darle atención a la parte de administración, operación y mantenimiento.

También tiene mucha importancia realizar este estudio, debido a que las zonas de Colombia que cuentan con sistemas de lagunas oxidación construidas hace más de 15 años muestran una deficiencia en el sistema debido al crecimiento poblacional en los últimos años, hasta el día de hoy han funcionado con un mínimo de operación y mantenimiento, y, a su vez, no se cuenta con información suficiente del comportamiento de las mismas, la de proponer las alternativas de manejo de las lagunas que mejoren la remoción de un vertido mejor al caño (Martinez, 2003)

Mi aporte como profesional va enfocado en el mejoramiento y optimización de las lagunas de oxidación, esto quiere decir; para que el sistema de tratamiento sea más óptimo y eficiente se

tiene que tener en cuenta lo que se especifica en RAS 2017 en cuanto a la construcción óptima con todos los requisitos civiles y ambientales, con sus respectivas técnicas de biorremediación, aplicaciones de producción más limpias y también en las distintas alternativas existentes para solucionar esta problemática se deben a la necesidad de realizar estudios que analicen el funcionamiento de las lagunas implementadas en nuestro país, se hace prioritaria, puesto que estos sistemas deberán ser bien fundamentados en diseños futuros, para minimizar de esta manera problemas de funcionamiento y/o impacto ambiental que se percibe en la mayoría de ellos.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Delimitación conceptual. Se tendrá en cuenta todo tipo de conceptos fundamentales sobre procesos de biorremediación, técnicas de mitigación y mejoramientos de las aguas residuales, evaluaciones de los impactos ambientales ocasionados en el área de influencia. Los cuales referencien los procesos de los vertimientos y eficiencia en las lagunas de oxidación o estabilización, guías ambientales, marcos legales constituidos que nos permita un buen desarrollo de los planes de gestión integral de los residuos líquidos, manejo de aguas residuales y de lagunas de oxidación, todo soportado en la normativa legal vigente.

1.6.2 Delimitación geográfica. Este proyecto se llevará a cabo en el sector rural, específicamente en la vereda San Rafael del municipio de Curumaní – cesar lugar donde se encuentran las lagunas de oxidación y que sus aguas son depositadas en el caño San Ignacio.

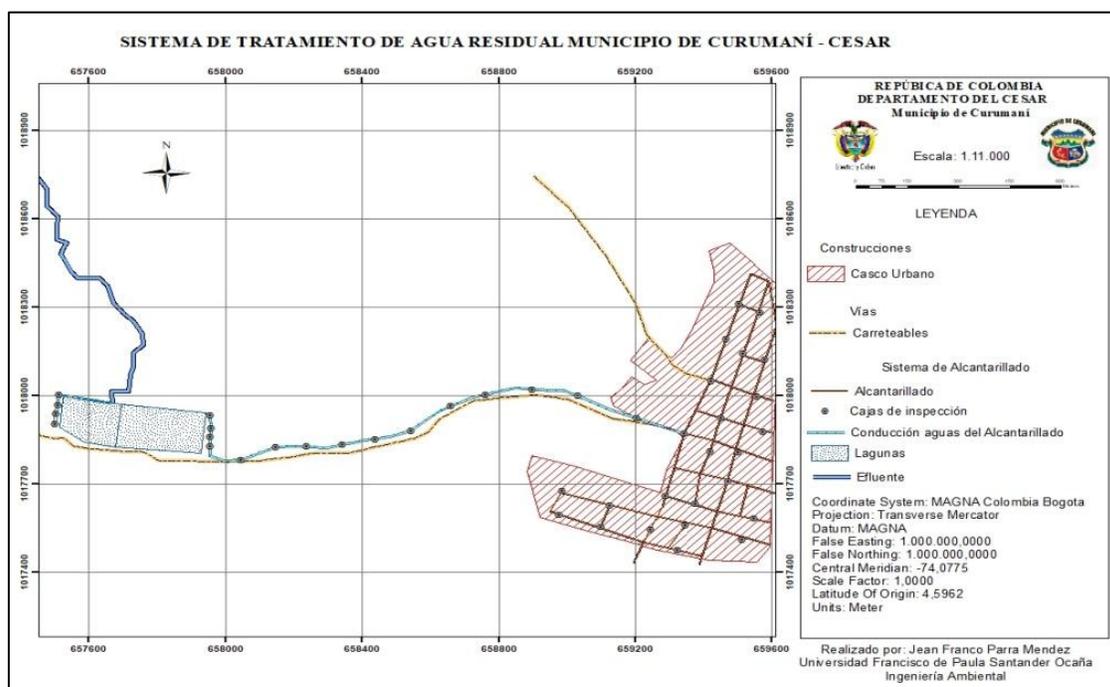


Figura 1. Sistema de tratamiento de agua residual del municipio de Curumaní – Cesar
Fuente: Autor

1.6.3 Delimitación temporal. El presente proyecto se planea realizar en cuatro (4) meses, a partir de la aceptación del anteproyecto.

1.6.4 Delimitación operativa. La ejecución de este proyecto puede ser afectado por diferentes externalidades debido a que se realizara en un sector de difícil acceso para particulares. Las Descripción de los procesos concernientes a las estrategias estarán enfocadas al mejoramiento de las lagunas de oxidación del municipio por medio de los distintos mecanismos que se empleen como técnicas de biorremediación, impactos ambientales y sociales, entre otros.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

La primera instalación de laguna de estabilización, al parecer fue construida como resultado de un proyecto de concreto para tratar aguas residuales domésticas que se encontraba en la ciudad de Dakota del norte, EE. UU en 1948. Las autoridades de la salud pública aprobaron este proyecto. A partir de entonces en distintos países de América y Europa fueron construidas una gran cantidad de estas instalaciones. Con base a estudios sobre terrenos realizados en las décadas de los años 40 y 50 se comenzó a desarrollar criterios que permitieron la idea de proyectos de laguna de forma racional. A partir de entonces se considera que este proceso de tratamiento ha sido objeto de suficiente estudio y se han introducido desarrollos de tal forma que el tratamiento de aguas residuales por lagunas de oxidación o estabilización puede clasificarse como uno de los más importantes en cuanto a tratamiento de aguas residuales de forma facultativa se refiere (Yanez, 1971).

El tratamiento se hacía mediante los vertimientos de las aguas residuales a la superficie del suelo en un principio, pero instantáneamente la superficie de los terrenos no fue suficiente para absorber el mayor volumen de las aguas residuales que eran allí depositadas. Después de la epidemia del cólera que se dio en Inglaterra a mitad del siglo XIX, se inició la construcción de los sistemas integrados de alcantarillado, pero el tratamiento de aguas residuales recibió una muy pequeña atención. Debido a que sus ríos en longitud y caudal no era lo suficientemente sustentable, debido a esto se generó demasiada contaminación en las fuentes hídricas, muy

pronto se convirtió en un problema. Al principio, el tratamiento estuvo dirigido a evitar problemas con la industria y agricultura más que a los problemas de salud a fin de evitar estos problemas se idearon y llevaron a la práctica nuevos métodos de tratamiento intensivo (Rojas R. , 2002)

Las primeras lagunas de oxidación fueron en realidad embalses construidos como sistemas reguladores de agua destinada para el riego. Se almacenaban los excedentes de agua residual utilizada sin tratamiento previo. En el curso de este almacenamiento se observó que la calidad del agua mejoraba sustancialmente, por lo que empezó a estudiarse la posibilidad de utilizar las lagunas como método de tratamiento de aguas residuales para obtener buenos resultados en cuanto al manejo de las aguas residuales y no obstante se les pueda dar el uso correspondiente en el sector agrícola (Hernandez C. , 2000).

La implementación de esta tecnología se ha definido como objetivos fundamentales, remover la materia orgánica de las aguas residuales son las principales receptoras las que ocasionan la contaminación en la fuente receptora y eliminar los microorganismos potencialmente patógenos que representan un grave peligro para la salud. Aunque en muchas ocasiones se presenta un tercer objetivo y es utilizar su efluente con otras finalidades, como agricultura o piscicultura (España. MOPT, 1991) como se citó en (Restrepo G. C., 2008).

Todos los países desarrollados han controlado esta situación utilizando sistemas de saneamiento y tratamiento de las aguas residuales previo a su descarga en la fuente receptora. Al igual que la tecnología de la evacuación de las aguas utilizadas, se han realizado grandes

esfuerzos para que haya una aplicación de los sistemas de depuración utilizados en los países que se encuentren en las condiciones socioeconómicas, climáticas y culturales de nuestro medio. Uno de los resultados obtenidos en estos esfuerzos es varios países se encuentran impedidos para pagar los altos costos de inversión y de operación de los sistemas tradicionales para el tratamiento de las aguas residuales.

A diferencia de otro tipo de servicios públicos, el tratamiento de las aguas residuales necesita de soluciones tecnológicas y técnicas de biorremediación que sean apropiadas para el medio climático y socioeconómico de los países en vías de desarrollo o los que implementen estas técnicas de manejo de agua residual, Una de las estrategias tecnológicas para la eliminación de las aguas residuales que ha tenido un gran desarrollo en las últimas décadas ha sido con la de los tratamientos biológicos en ambientes anaerobios (Gomez, 1993)

Dentro de los procesos de tratamiento de aguas residuales que son utilizados por los países del Tercer Mundo, el método más empleado ha sido el de las lagunas de oxidación, debido a su bajo costo de construcción y operación, a la disminución de los agentes patógenos, necesitan pocos componentes importados, bajo consumo energético, son simples de construir y operar, confiables y fáciles de mantener y sus efluentes tienen la posibilidad de ser reutilizados ya que son de alta calidad, lo cual es muy importante en el caso de los países en desarrollo donde no existen ni los recursos ni el personal necesario para utilizar las tecnologías de los países desarrollados (Aguirre, 2006).

2.2 Marco Histórico

2.2.1 Reseña Histórica. 1980 México: Podrían ubicarse a las lagunas de estabilización en una situación intermedia entre lo que ocurre en los cuerpos receptores de aguas y lo que se realiza en una planta de tratamiento (Vasquez, 2002).

Estados Unidos 1981: Actualmente existen plantas de tratamiento por lagunaje en todas las condiciones climáticas, desde los trópicos hasta Alaska. Sólo en Estados Unidos hay más de 5.000 instalaciones operadas por organismos públicos, y un tercio de las plantas de tratamiento municipales son depuradoras por lagunaje (Middlebrooks, 2003).

Décadas de 1990: la Organización Mundial de Salud y UNICEF formaron el Programa de Monitoreo de Agua y Saneamiento, con el propósito de mejorar planificación y manejo de agua y saneamiento a escala mundial (Oakley, 2005).

Brasil 1998: En este país se empezó a utilizar el agua tratada de lagunas de estabilización para sistemas de regadío (Mendonca, 2000).

Colombia 2005: Los conocimientos y procedimientos que se requieren para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales por lagunas aerobias, facultativas y anaerobias de estabilización natural, y de la metodología y criterios para su optimización mediante su conversión en algunas aireadas (Rojas J. , 2005)

La habana 2006: Las lagunas son estructuras simples de fácil operación y mantenimiento que se basan en el proceso de auto purificación (Mendez , 2009).

España 2009: la adaptación de los sistemas de lagunaje naturales o facultativos empleados a otros sistemas más eficientes incorporando tecnologías más avanzadas en el proceso de depuración de las aguas residuales (Pitarch, 2010).

Santa Fe de Antioquia 2011: La implementación de las lagunas de estabilización en algunos municipios colombianos ha sido muy acogida en términos económicos (Correa, 2012).

Santa Cruz 2013: Normalmente se diseña el proceso de laguna de estabilización y/o oxidación para la remoción de patógenos, DBO, y sólidos suspendidos (Mercado, 2013).

Envigado, Colombia 2014: la eliminación periódica de lodos suele ser inevitable y la sostenibilidad a largo plazo de estos sistemas dependerá de su gestión segura y eficaz, siendo necesario evacuarlos cada 5 a 10 años en la primera etapa de la vida útil de la laguna (Feria, 2013).

2.3 Reseña histórica STAR (Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Municipio de Curumaní)

El servicio de alcantarillado y de manejo de agua residuales para el municipio de curumaní comienza en el año 1994 donde se crea la empresa de servicios públicos del municipio mediante

el acuerdo número 41 del 25 de septiembre de 1994 por el concejo municipal (ACUACUR E.S.P, 2006)

Para el año 2000 había una población urbana de 18.000 habitantes lo que equivalía que para ese año la cobertura de alcantarillado estaba en un 25% (Alcaldía de Curumaní, 2008)

Para el año 2005 según el censo realizado por el DANE y a las proyecciones realizadas

Año	Categoría	Acueducto	Alcantarillado	Aseo
2003	Urb (%)	81,20	59,30	69,90
	Ru (%)	85,40	2,50	0,00
	CMP (%)	83,00	47,00	37,00
2004	Urb (%)	92,00	71,00	80,00
	Ru (%)	25,00	3,00	0,00
	CMP (%)	61,00	40,00	43,00
2005	Urb (%)	93,00	72,00	85,00
	Ru (%)	30,00	3,50	0,00
	CMP (%)	64,00	41,00	46,00
2006	Urb (%)	91,00	77,00	89,00
	Ru (%)	30,00	30,00	0,00
	CMP (%)	71,00	61,00	59,00

Figura 2. Cobertura de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del municipio de Curumaní

Fuente: (Alcaldía de Curumaní, 2008)

Para el año 2006, 2007 y 2008, en la población de curumaní se observó una leve disminución de 918 habitantes para cuatro años de proyección empezando con el 2005. La cobertura de alcantarillado para ese año fue de 72% para la zona urbana y se incluyó la zona aledaña al casco urbano en un 3,5%.

Para el año 2010 la cobertura de alcantarillado en el municipio estaba en un 87%.

(Municipio de curumaní, 2011)

Para el 2011 la cobertura de alcantarillado en el municipio fue de 94% teniendo en cuenta el cumplimiento del PSMV para esa fecha se hicieron unos ajustes en cuanto a los recambios de

tuberías que conducen a la laguna de oxidación, estas tuberías anteriormente eran de asbesto-cemento y se cambiaron por unas de PVC de 16 pulgadas (Municipio de curumaní, 2011)

Actualmente el sistema de tratamiento de agua residual en el municipio de curumaní consta de un tratamiento preliminar que está conformada por una rejilla de hierro de 60 cm. De ancho y 66 cm. De largo, compuesta por barras de 2 pulgadas, separadas entre sí cada 60mm. La rejilla está sumergida parcialmente en el canal de entrada de 8.6 m de longitud, por 0.60 m de ancho, construido en concreto ciclópeo, el ángulo de inclinación de las rejas con respecto a la horizontal del canal es de 58°. Un tratamiento secundario o biológico través, de dos lagunas de estabilización, de tipo facultativo ubicadas en serie, listas lagunas cumplen la función de remover parte de la materia orgánica mediante dos procesos aeróbico y anaeróbico llevados a cabo por microorganismos, bacterias y algas. Una vez terminado el tratamiento secundario del agua residual en la segunda laguna, el efluente pasa por 6 pozos de inspección en tubería de 16" en PVC que lo llevan a un canal abierto natural de 3120 m de longitud; este canal atraviesa seis parcelas dedicadas a la agricultura y ganadería. El destino del efluente conducido por el canal es el caño la cubana y este a su vez al caño San Ignacio, principal fuente hídrica de la vereda San Rafael y el corregimiento del Mamey (Municipio de curumaní, 2011)

2.4 Marco contextual

En el proceso de obtención de datos, caracterización y evaluación de datos, la zona a trabajar será en el sector rural, específicamente en la vereda San Rafael del municipio de

Curumaní – Cesar lugar donde se encuentran las lagunas de oxidación y lo cual sus aguas son depositadas en el caño San Ignacio, las coordenadas son $9^{\circ}12'23''N$ $73^{\circ}33'48.1''W$ a 62msnm.

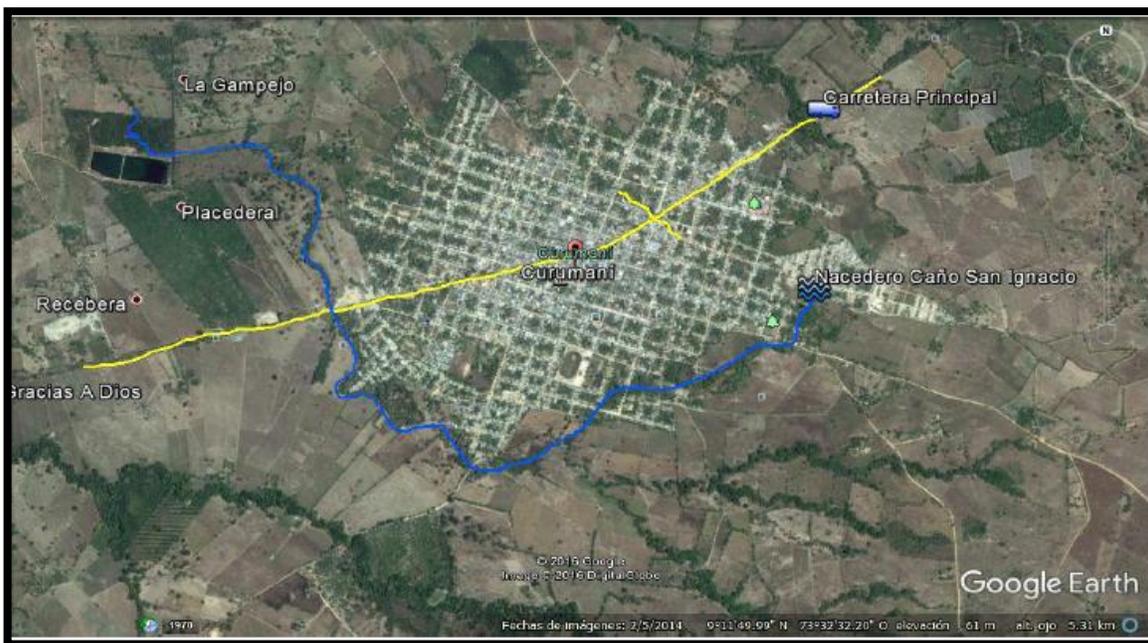


Figura 3. Imagen satelital del casco urbano y rural del municipio de Curumaní-Cesar.

Fuente: Google Earth



Figura 4. Imagen satelital de las lagunas de oxidación del municipio de Curumaní-Cesar

Fuente: Google Earth

El proyecto se ejecutará en las LAGUNAS DE OXIDACION del municipio de Curumaní cesar, la cual se debe evidenciar las grandes cantidades de residuos líquidos que son vertidos a estas lagunas que por tal motivo y debido al crecimiento poblacional tan acelerado que ha tenido el municipio actualmente se están mostrando deficiencia en el tratamiento de sus aguas residuales tanto industriales como domesticas ya que son las que en su mayoría se generan en este municipio.

2.5 Marco conceptual

2.5.1 Lagunas de oxidación. Las lagunas de oxidación, son excavaciones construidas por medio de la compactación y perforación de la tierra, que acumulan agua de cualquier calidad por un tiempo determinado en el cual se desarrolla una población microbiana compuesta por bacterias, algas y protozoos que conviven en forma simbiótica y eliminan en forma natural patógenos relacionados con excrementos humanos, sólidos en suspensión y materia orgánica, causantes de enfermedades (Bermudez, 2005)

El manejo del agua residual y la eficiencia energética, son su principal característica, Una laguna de oxidación o de estabilización es un proceso abierto en el cual el agua pasa a través de una cuenca, construida especialmente para tratar aguas residuales e industriales biodegradables por procesos naturales que implican bacterias y algas, Cuando el agua llega, se genera en forma espontánea un proceso de auto purificación o estabilización natural, en el que tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico (**Gonzales M. , 2017**)

Existen cuatro tipos de lagunas de oxidación o estabilización.

Las **Lagunas Aeróbicas** adquieren las aguas residuales que anteriormente han sido sometidas a un tratamiento y que contienen relativamente pocos sólidos en suspensión. En este tipo de lagunas se origina una degradación de la materia orgánica mediante toda la actividad o procesos que las bacterias aerobias usan, consumiendo el oxígeno producido fotosintéticamente por las algas (Bermudez, 2005), generalmente suelen medir de 1 a 1.5 m de profundidad de tal manera que la luz solar puede llegar hasta el fondo de la misma.

De esa misma manera se facilita a que haya un crecimiento de algas y que se produzcan oxígeno para las bacterias aerobias que se encuentran presentes (Gonzales, 2018)

Las **Lagunas Anaerobias** son el sistema de tratamiento más pequeño de aguas residuales por lagunas de estabilización. No obstante, por lo general estas poseen una profundidad entre 2.00 y 5.00 metros y reciben cargas de materia orgánica volumétricas mayores a 100 g DBO5/m³ día.

Estas altas cargas de materia orgánica se producen en muchos casos en condiciones anaerobias estrictas es decir que el oxígeno disuelto está ausente en todo el volumen de la laguna. Esta misma función es producida de modo similar en los tanques sépticos abiertos y trabajan en forma óptima en los climas calientes, tropicales y subtropicales, dado que la gran intensidad producida por el sol y la temperatura ambiente son factores claves para la eficiencia en los procesos de degradación de la materia orgánica (Navarro, 2018).

Las **Lagunas Facultativas** Son aquellas que presentan dos funciones, las cuales son la función aerobia y una anaerobia respectivamente estas funciones se dan en superficie y fondo. La principal finalidad de estas lagunas es que haya una estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado suministrando principalmente por las algas presentes. Estas lagunas tienen una profundidad que por lo general oscila entre los 1,5 y 2 metros. En estas zonas que estas lagunas poseen por lo que se pueden encontrar cualquier tipo de microorganismos desde anaerobios estrictos en los sedimentos del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie (Beltran, 2015).

El tratamiento de las lagunas facultativas se desarrolla por acción de bacterias aerobias en la capa superior y de bacterias anaerobias o anóxicas en la capa inferior, teniendo en cuenta el comportamiento de la mezcla que se induce por la acción del viento. El aporte de oxígeno se logra por la fotosíntesis y por la segregación natural superficial. Las lagunas facultativas pueden funcionar como lagunas con descarga controlada o lagunas de retención total, siempre y cuando en estas haya un buen sistema y almacenamiento para un tratamiento posterior sobre el suelo o donde se den las descargas (Gaitan, 2012).

Las **Lagunas de maduración** se construyen por lo general con poca profundidad de 2 a 4 m y que los períodos de retención sean relativamente de gran magnitud que por lo general suele tardar varios días. Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de oxidación, se realiza en las mismas, en forma espontánea, y se da un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de

materia orgánica biodegradable (Cardenas, 2004), En estas lagunas debe penetrar totalmente la luz, y que las condiciones aerobias deben darse en toda la laguna, lo cual se necesita asegurar la presencia de oxígeno. Su principal misión es la remoción de los restos de bacterias fecales, patógenas, etc., garantizando una cierta calidad sanitaria del agua.

Los principales fenómenos biológicos que se dan en ella son la oxidación de las bacterias aerobias y la fotosíntesis de las algas, que proliferan en gran medida (Pineda, 2018)

2.5.2 Agua residual. Se consideran Aguas Residuales a todo tipo de líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios) (**Esquivel, 2009**) Generalmente las aguas residuales suelen clasificarse como:

Las **Aguas Residuales Municipales**. Son los Residuos líquidos que son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y son tratados en una planta de tratamiento municipal

Las **Aguas Residuales Industriales**. Estas son provenientes de las descargas de las Industrias de Manufactura. Otra forma de denominar a las Aguas Residuales es en base al contenido de contaminantes que esta transporta, usualmente se conocen como:

Aguas negras a las **Aguas Residuales** provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan los desechos de excrementos de los humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

Aguas grises a las **Aguas Residuales** provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, entre otros.

Aguas negras industriales son la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes son provenientes de la descarga que están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos muchos efectos nocivos a la salud si no existe un control en los puntos de la descarga (Esquivel, 2009)

2.5.3 Parámetros Fisicoquímicos. Son los que definen las características del agua sea potable o residual que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato, los cuales pueden ser los sólidos suspendidos, turbidez, color, sabor, olor, conductividad y Resistividad.

2.5.4 Demanda Biológica de oxígeno (DBO). Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Este es un parámetro indispensable cuando se necesite determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, mayor es el oxígeno que necesitan sus microorganismos para oxidarla “degradarla” (Andreo, 2015)

2.5.5 Demanda química de oxígeno (DQO). Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua de forma química, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (Ideam, 2007)

2.5.6 Sólidos suspendidos totales (SST). Son los residuos no filtrable de una muestra de agua natural, residual, industrial o doméstica, lo cual se definen como la porción de sólidos que son retenidos por un filtro de fibra de vidrio y que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante (Eumed, 2018)

2.5.7 Grasas y aceites. Son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Se clasifican en grasas y aceites. Teniendo en cuenta su origen, pueden ser animales o vegetales:

Grasas animales, como el sebo extraído del tejido adiposo de bovinos y ovinos, grasa de cerdo, la manteca, etc.

Aceites animales, entre los que se encuentran los provenientes de peces como sardinas y salmones, del hígado del tiburón y del bacalao, o de mamíferos marinos como el delfín o la ballena; de las patas de vacunos, equinos y ovinos. Se extraen también aceites usados como lubricantes e impermeabilizantes.

Aceites vegetales, el grupo más numeroso; por sus usos pueden ser clasificados en alimenticios, como los de girasol, algodón, maní, soja, oliva, uva, maíz y no alimenticios.

Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética (Toapanta, 2013)

2.5.8 Contaminantes habituales en las aguas residuales. Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas sustancias suelen entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico que se le esté haciendo al agua, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual (Toapanta, 2013)

2.5.9 El Efluente. Son aquellas aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias (Conicet, 2018)

2.5.10 Punto de descarga. Son todo tipo de sitio en el cual se realiza un vertimiento, teniendo en cuenta que se deben llevar a cabo los muestreos y donde se encuentra ubicado antes de su incorporación a un cuerpo de agua.

2.5.11 Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR). Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. Tiene como función crear

un hábitat cómodo y saludable para los habitantes de una ciudad que les proporcione bienestar y calidad de vida. Además, protege el medio ambiente al permitir un proceso de tratamiento para las aguas residuales y devolver así a la naturaleza agua limpia, sin contaminantes y en mejores condiciones (Espinoza, 2016)

2.5.12 Tasa retributiva por vertimientos puntuales. Es un instrumento económico con el que la autoridad ambiental competente le cobrará a los usuarios por la utilización del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos o indirectos y también se cobrará por la totalidad de la carga contaminante descargada al recurso hídrico.

2.5.13 La tasa retributiva. Se cobra incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar (Ministerio de medio ambiente, 2018).

2.5.14 Los vertimientos. Es cualquier descarga final de un elemento, sustancia o compuesto que esté contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios, aguas negras o servidas, a un cuerpo de agua, a un canal, al suelo o al subsuelo (Guerrero, 2013)

Los **Vertimientos Puntuales** son los que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo (Guerrero, 2013)

La **Muestra Compuesta**. Es la integración de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcional al caudal durante el período de muestras (Cristo, 2018)

La **Muestra Puntual**. Es una muestra que se recoge manualmente. Se toma cuando el operador necesita conocer un dato del proceso inmediatamente después de la toma de muestra. Se toman sobre todo para determinar parámetros inestables como oxígeno disuelto, pH y temperatura (Calderon, 2007)

2.5.15 Plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV). Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente. Tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la autoridad ambiental competente.

El Plan deberá formularse teniendo en cuenta la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores. los criterios de priorización de proyectos definidos en el Reglamento Técnico del sector RAS 2000 o la norma que lo modifique o sustituya y lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento y Territorial, POT (Ministerio de Medio Ambiente, 2004)

2.6 Marco teórico

El crecimiento continuo de la población y el desarrollo industrial asociado han venido desmejorando la calidad de los recursos naturales sobre los que sustenta la vida, en especial sobre el recurso agua. Los países desarrollados han construido sistemas de mitigación de los impactos relacionados, tratando sus vertimientos. En nuestro medio las grandes ciudades han hecho esfuerzos en este sentido, sin embargo, dichas tecnologías son costosas y por lo tanto de difícil aplicación en pequeñas comunidades. Lo anterior hace necesario el desarrollo de tecnologías ambientalmente eficientes y económicamente viables para que haya un sistema óptimo de tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales por parte de todos los países que los generan (Artunduaga, 2006)

Actualmente, la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales no cuenta con una infraestructura apropiada, lo que las convierte en obsoletas y deficientes por lo que el impacto que generan está en desproporción con la capacidad del cuerpo receptor para auto depurarse. Dentro de este contexto, se ha estimado que el 80% de las aguas residuales generadas a nivel mundial no recibe tratamiento adecuado que permita descargarlas, sin ocasionar impactos negativos al medio ambiente y la salud, convirtiendo a los ríos, lagos y lagunas en sumideros naturales de los desechos provenientes de las actividades domésticas, industriales y comerciales de las poblaciones que, principalmente, han consolidado su núcleo urbanístico a orillas de los mismos, por la importancia que el agua representa para la vida y el desarrollo económico (Gil, 2016)

Los sistemas naturales ofrecen grandes potencialidades para el tratamiento de las aguas residuales a bajo costo, sin embargo no ofrecen suficiente eficiencia en la remoción de contaminantes, de estos sistemas de aguas residuales que cada vez gana más adeptos por sus mejores eficiencias de remoción de materia orgánica, contaminantes y patógenos, sin embargo, tradicionalmente, requieren de grandes áreas y se utilizan como sistemas de pulimento (Artunduaga, 2006)

El principio de operación del sistema de lagunas facultativas se fundamenta en la relación de simbiosis que existe entre la biocenosis presente, constituida por algas y bacterias, donde las algas gracias al proceso de fotosíntesis proveen de oxígeno molecular a las bacterias aerobias heterótrofas presentes en la superficie para la oxidación de la materia orgánica del agua residual (Gil, 2016)

Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la carga de sólidos. Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado (Ramos, 2013)

En el fondo de toda laguna facultativa predomina un ambiente anaerobio donde los electrones se transfieren en forma de átomos de hidrógeno a los aceptores finales que en este caso son exclusivamente el CO₂, los sulfatos y compuestos orgánicos. Gracias a estos tres ambientes se logra la estabilización de la materia orgánica en las lagunas facultativas, donde el

suministro de energía emitida a través de la radiación solar, aumenta la tasa de mortalidad de patógenos y la sedimentación de huevos de helmintos, favorecida por su prolongado tiempo de residencia hidráulico y por el aumento del pH debido a la actividad de las algas. En efecto, el tratamiento de aguas residuales por el sistema de lagunas de oxidación posibilita el reúso del recurso, en actividades de mantenimiento de parques y cultivos de productos agrícolas como cereales, praderas, forrajeros y árboles. Otra ventaja es que se requiere de un nivel de operación y mantenimiento básico, que implica bajos costos; no obstante, su principal desventaja es que se requiere disponibilidad de terreno con bajo costo (Gil, 2016)

2.7 Marco legal

Constitución Política de Colombia de 1991

Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente

Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Decreto ley 2811 del 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En el artículo 8. Factores que deterioran el ambiente (Decreto 2811 , 1974, pág. 64).

Ley 9 de 1979. Denominada código sanitario nacional en ella se especifica los aspectos relacionados con residuos líquidos (Ley 9, 1979, págs. 1- 82)

Decreto 1594 1984. por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos (Decreto 1594, 1984, pág. 41).

Decreto 901 de 1997. Reglamenta la ley 99/93 (artículos 42 y 43), respecto a la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a un cuerpo de agua, la tasa es planteada como el costo que debe asumir el estado en recuperar la calidad del recurso hídrico por permitir usar el medio ambiente como receptor de vertimientos y plantea el cobro por la descarga de dos parámetros, indicadores de contaminación; la demanda biológica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST), los cuales son el reflejo de la más generalizada contaminación de los cuerpos de agua del país (Decreto 901, 1997, pág. 10)

Decreto 609 de 1998 Ministerio de Obras Públicas. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillados. El objeto de la misma es mejorar la calidad ambiental de las aguas

residuales que los servicios públicos de disposición de estas vierten a los cuerpos de agua terrestres. Así mismo de proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas residuales mediante el control de descargas de residuos líquidos que puedan producir interferencias con los sistemas de tratamientos de aguas residuales (Decreto 609 , 1998, pág. 41)

Conpes 3177 de 2002 Acciones Prioritarias y Lineamientos para la Formulación del Plan Nacional de Manejo de aguas residuales (PMAR): Define las acciones prioritarias y los lineamientos con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la nación (Conpes 3177, 2002, pág. 27)

Decreto 3100 de 2003. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones (Decreto 3100 , 2003, pág. 20).

Resolución 1433 de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones (Resolución 1433, 2004, pág. 30)

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones (Decreto 3930, 2010).

Resolución 631 de 2015. Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público (Resolución 631, 2015, pág. 25)

Decreto 1076 de 2015. Reglamento único ambiental (Decreto 1076 , 2015).

Resolución 0330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Resolución 0330, 2017)

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

Investigación científica Es un proceso que, mediante la aplicación del método científico de investigación, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. Además, la investigación posee una serie de características que ayudan al investigador a regirse de manera eficaz en la misma, es tan compacta que posee formas, elementos, procesos, diferentes tipos, entre otros (Ecured, 2018)

Dado el tipo de estudio y los objetivos planteados anteriormente la metodología es de tipo cuantitativo ya que se centra en los aspectos observables susceptibles de cuantificación, y utiliza la estadística para el análisis de los datos (Pachecho, 2015). Debido a que se propuso un diseño de alternativas para mejorar el rendimiento y optimización de las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní - Cesar, buscando disminuir los impactos ambientales que se puedan producir en el proceso realizado.

En el desarrollo de los procesos de diseño del sistema, se dispondrá de las siguientes metodologías de investigación de profundización:

La investigación es de tipo descriptiva, ya que “responde a las preguntas quién, qué, cuándo, dónde y cómo” (Hurtado, 2010), Esto quiere decir que el objetivo principal es caracterizar la situación o problema que se presenta en el área de estudio, mediante el respectivo

registro, análisis e interpretación de los datos recopilados, los cuales se obtienen de diferentes maneras.

La investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. (Investigacion, 2018)

Para la realización de este proyecto se evaluará todos los procesos realizados en el STAR de Curumaní-Cesar, con el fin de realizar un diagnóstico, se analizará el estado actual del sistema con la normatividad ambiental vigente, para formular medidas ambientales en la ejecución de la gestión interna y externa, por último para el desarrollo de lo anterior se utilizará un plazo de cuatro meses.

3.2 Población

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado (Hurtado, 2010).

La población en este caso hace referencia a la totalidad de las aguas residuales, que llegan al sistema de tratamiento de aguas por medio de las lagunas de oxidación del STAR de Curumaní-Cesar, la cual está a cargo de la empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P. del municipio de Curumaní-Cesar.

3.3 Muestra

La Muestra es “un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación, es una parte representativa de la población” (Hurtado, 2010)

Diariamente por el sistema recorre un caudal de entrada aproximado de 120 l/s. En promedio en épocas de lluvias y en épocas de sequía recorre un promedio 85 l/s. De aguas residuales, para el afluente de salida en épocas de lluvias es en promedio de 60 l/s. Y en épocas de sequía es de 40 l/s. Aunque este valor se calculó experimentalmente por medio del método de flotador con el fin de calcular el caudal de entrada y de salida del sistema.

El tiempo de retención de la materia orgánica en la laguna de oxidación es de 48 horas promedio de retención y la cantidad de sedimentos diarios varía de acuerdo a la carga de residuos.

La zona delimitada a trabajar mediante la caracterización respectiva se realiza mediante la designación de diferentes puntos estratégicos a tener en cuenta y que son en el lugar de la captación, entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales, en la parte baja de las lagunas más específicamente en el caño San Ignacio donde es vertida después de hacer todo el proceso de tratamiento, esto para corroborar con los parámetros la reducción de los contaminantes presentes en la parte alta del sistema que se va a evaluar, teniendo en cuenta los resultados arrojados con los parámetros.

3.4 Recolección de información

Se llevarán a cabo entrevistas y encuestas para el reconocimiento del área de estudio y sacar los objetivos propuestos en este proyecto, como bien se conoce el ambiente que se maneja en sector es un poco difícil de acceder por lo que las parcelas y fincas aledañas están bastante separadas las unas de las otras y que las vías de acceso a la laguna no se encuentran en muy buenas condiciones lo cual se hace un poco difícil el acceso, también al bajo grado de escolaridad de la persona que laboran en este sector ya que la gran mayoría de habitantes son campesinos por ende la comunicación con la comunidad será un poco tediosa debido a todas las circunstancias que se expusieron, pero se espera llevar la actividades normalmente con los permisos respectivos de la administración municipal y la empresa de servicios públicos de Curumaní ACUACUR para la culminación de las actividades propuestas y poder cumplir con los objetivos propuestos y contribuir presentar esta alternativa para atender la problemática que vienen presentando las lagunas de oxidación del municipio.

Para el manejo de la muestra, para la obtención de datos se realizará, mediante:

- La observación de las lagunas de oxidación.
- Recopilación documental de lo pertinente de la gestión ambiental de los sistemas de tratamientos de las aguas residuales para la interpretación actual, generando un diagnóstico.
- Entrevista, será un diálogo entre los habitantes, campesinos y los dueños de las fincas cercanas a las lagunas de oxidación para tener más información de las afectaciones que estas generan.

- Encuesta, acerca de la gestión de los residuos líquidos con la comunidad aledaña a las lagunas de estabilización.

Las técnicas e instrumentos de recolección de la información constaran de las siguientes fases:

Fase I. Diagnóstico ambiental de la situación actual del manejo de las aguas residuales que se presenta por medio de las lagunas de oxidación en el municipio de Curumaní-Cesar. Mediante el seguimiento de las actividades realizadas más significativas en las lagunas, también mediante la recopilación de la información o datos históricos, proporcionados directamente de la población aledaña y también de la empresa de servicios públicos, acueducto y alcantarillado de Curumaní ACUACUR E.S.P. Contando con técnicas básicas de manejo de aguas residuales y de información tales como:

- Identificación de actores involucrados en el PSMV del municipio de Curumaní.
- Reconocimiento de la red de alcantarillado del municipio y puntos de vertimientos.
- Registros fotográficos pertinentes
- Indagar mediante encuesta a la población cercana al STAR sobre el PSMV.
- Inspección y análisis del estado de las lagunas de estabilización en su funcionamiento.

Fase II. En la fase de evaluación principalmente se determinarán los parámetros correspondientes al tratamiento de las aguas residuales en la laguna, la respectiva toma de muestras en los principales puntos en el afluente para determinar las cantidades de contaminantes

presentes en las lagunas de estabilización, lo anterior se hará efectiva mediante a las siguientes actividades.

- Realización de toma de muestras en la entrada y en la salida del sistema de tratamiento para toma de parámetros.
- Análisis de parámetros de DBO5, SST, DQO, aceites y grasas para comparación con la resolución 0631 de 2015.
- Determinación de parámetros máximos permisibles por ley para vertimientos.
- Registros fotográficos como evidencias
- Firmas correspondientes del profesional a cargo de la laguna de oxidación de la empresa de servicios públicos de Curumaní ACUACUR E.S.P.

Fase III. Realizar una caracterización de los aspectos e impactos ambientales generados por medio de las lagunas de oxidación y así mismo se definirán cuáles son los impactos y aspectos más significativos o de mayor relevancia en la zona tanto de la laguna y de la zona de afectación de estas, con los cuales se generarán las estrategias para mitigar estos impactos y aspectos ambientales, se realizarán por medio de las siguientes actividades contempladas:

- Identificación de los aspectos ambientales dentro de la zona de influencia a la laguna de estabilización.
- Identificación de los impactos ambientales generados en la zona de influencia a la laguna de estabilización.

- Representaciones gráficas, tabulación de datos y matriz de evaluación de impactos ambientales.

Fase IV. En esta fase se desarrollarán las alternativas que se contemplan, las cuales se harán con la supervisión del profesional o personal a cargo del funcionamiento de las lagunas de estabilización este será puesto a disposición por medio de la empresa de servicios públicos de Curumaní ACUACUR E.S.P. quien es la que se encarga de la limpieza, mantenimiento y funcionamiento de las lagunas. No obstante, mi labor será de apoyo en las actividades complementarias a realizar por parte de la empresa de servicios públicos, lo cual servirán como apoyo para mi formación profesional y cumplir a cabalidad con las actividades planteadas y a lo que respecta el diseño de las estrategias las cuales están contempladas de la siguiente manera:

- Elaborar un esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales en el municipio basándome en la nueva actualización del RAS 2017, que dentro de este se contemplen varias técnicas de biorremediación como son la zona de secado de lodos, rosetones a la entrada del sistema, trampas de grasas en los puntos estratégicos cercanos al sistema, producción más limpias en el sistema que será referente al aprovechamiento del cribado y de los lodos activados. También se implementaran barreras vivas con plantas aromáticas para mitigar los olores ofensivos provocados por las lagunas, los cuales según las encuestas es un problema que más afectan a los habitantes cercanos en la zona de influencia, adecuación de las vías de acceso e iluminación en el sistema por si un llegado caso se presenta una eventualidad en las horas de la noche y por último que se establezca el divorcio de aguas entre residual y doméstica en el municipio, el recambio de las tuberías de gres por de PVC. Aunque este último debe estar

contemplado en la nueva actualización del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) que es el documento guía para la realización de un buen sistema de tratamiento de aguas residuales y saneamiento básico lo cual tiene que estar establecido en el plan de desarrollo municipal.

- Registros fotográficos para evidenciar el cumplimiento de las actividades.

3.5 Análisis de la información

El manejo de la información obtenida se realizará a través de tablas, diagramas y gráficas y una matriz de evaluación de impacto ambiental con la cual la recopilaremos con la información que en el transcurso de la ejecución del proyecto que se lleve a cabo lo cual es los resultados de las muestras tomadas, las entrevistas, las encuestas tomadas en la zona de influencia o afectación de la laguna de oxidación del municipio.

Lo anterior también nos conducirá a tener una valoración a través de esto se tendrán resultados necesarios en la identificación de las problemáticas, manejo de remoción de materia orgánica por promedio generado y principalmente como eje en cuanto al diseño del sistema en cuanto al flujo de entrada de residuos, su tipo, características necesarias para la planeación factible de este

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 Elaborar un diagnóstico actual de la situación ambiental en las lagunas de oxidación de Curumaní – César y evaluar la remoción de carga contaminante con sus respectivos parámetros.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de Curumaní-Cesar fue construido por la empresa ACUACUR E.S.P. La cual presta los servicios públicos en el municipio y que actualmente realiza la operación, mantenimiento y control del sistema.

Línea base ambiental. El Municipio de Curumaní se encuentra ubicado en la subregión central del departamento del Cesar, con un área de aproximadamente 931.1 Kms², que corresponde al 4,06% del área total departamental. Limita por el norte con el municipio de Chiriguaná, por el oriente con la República de Venezuela y el Departamento de Norte de Santander, por el sur con el municipio de Pailitas y por el occidente con el municipio de Chimichagua. Junto con los municipios de Chiriguaná, Chimichagua, La Jagua de Ibirico, Pailitas y Tamalameque, conforman la subregión central del departamento del Cesar, cuyo centro nodal es Curumaní.

La posición astronómica del municipio de Curumaní se da entre las coordenadas 9° 12' de Latitud Norte y 73° 33' de Latitud Oeste de Greenwich. Se encuentra a 176 km de distancia de Valledupar, capital del departamento del Cesar, comunicándose con ésta mediante un sistema de carreteras que se encuentra en regular estado.

División Político – Administrativa. El municipio de Curumaní, está conformado por siete (7) corregimientos: Santa Isabel, San Roque, San Sebastián, Champán, Guaimaral, El Mamey y Sabanagrande; y por sesenta y seis (66) veredas. Con el objeto de organizarse desde el punto de vista comunitario y para facilitar la prestación de servicios, el municipio de Curumaní se organizó en diez (10) bloques veredales, sin embargo, dentro de estos bloques se tienen en cuenta veredas pertenecientes a otros municipios tanto del departamento del Cesar como de Norte de Santander. Teniendo en cuenta esta distribución de bloques veredales; y en el casco urbano está conformado por veintiuno (21) barrios que son: Las Palmas, San José, Santa Elena, Veinte de Julio, Ciudadela, Paraíso, Centro, La Cubanita, Los Corazones, Simón Bolívar, La Cruz, San Vicente, San Isidro, El Carmen, La Santísima Trinidad, El Silencio, Olaya Herrera, Buenos Aires, La Feria, Camilo Torres.

Economía. Conformados por las redes de mercados a través de las cuales las cercanías, materias primas, manufacturas, etc., fluyen desde la Región Caribe y del interior del país hacia Curumaní, como complemento a la actividad económica regional, Curumaní cuenta con equipamientos como Mercaplaza, matadero, Banco Ganadero con el sistema de cajeros automáticos.

Condiciones meteorológicas. Según el Atlas Ambiental del departamento del Cesar, el municipio de Curumaní se encuentra ubicado en la zona de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena, donde la precipitación oscila entre 900 y 1500 mm, y su bajo valor es debido a la acción secante de los vientos Alisios del noreste, que no encuentran obstáculos orográficos en estos sectores. Presenta una temperatura promedio anual de 28°C, con máxima de 39°C y

mínima de 22°C, dependiendo del régimen de lluvia anual. Esto permite clasificar la región dentro del piso térmico cálido ardiente. El régimen de lluvias que se presenta en la zona, de acuerdo con los datos pluviométricos es bimodal; es decir, existen dos (2) períodos los cuales registran una precipitación media anual de 1.700 m; y dos (2) períodos secos al año. Los períodos lluviosos ocurren regularmente entre los meses de abril a junio y de agosto a noviembre; el período menos lluvioso tiene lugar en los meses de diciembre a marzo, siendo el más seco enero.

Micro cuencas abastecedoras del municipio de Curumaní. El sistema hidrológico del Municipio de Curumaní forma parte de la Ciénaga de Zapatosa, cuya área es de 6.376 Kms², cubriendo los departamentos de Cesar y Magdalena. La red hidrográfica principal está constituida por los ríos Animito, Anime y Simití; las quebradas de San Pedro, Anime y Quebra dientes; y las ciénagas de Zapatosa y Saloa. Siendo compartida esta red hidrográfica con otros municipios tanto del Departamento del Cesar como del Magdalena.

Responsables del servicio de acueducto y alcantarillado. La empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado del Municipio de Curumaní, bajo la sigla de ACUACUR, fue creada mediante Acuerdo No. 41 de septiembre 25 de 1993, emanado por el Honorable Concejo Municipal, hasta la fecha ha prestado los servicios de acueducto, alcantarillado al municipio de CURUMANI en forma independiente e ininterrumpida. Y su representante legal es el señor Cesar Augusto Centeno Cadena.

Actores que hacen parte del sistema de alcantarillado. Para la identificación de los actores se tiene en cuenta las instituciones y entes involucrados estableciendo roles y responsabilidades de cada uno para la formulación, ejecución, control y vigilancia del PSMV. Se tiene en cuenta los 3 ámbitos; nacional regional y locales.

Ámbito nacional. Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible, este ejerce sus roles de planeador coordinador y regulador de materia ambiental.

Comisión reguladora de Agua (CRAS)

Regula la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico.

Superintendencia de servicios públicos (SSP)

Ámbito regional. Autoridades ambientales competentes (AAC)

Corporaciones autónomas regionales, cumple la función de evaluación, control y seguimiento de exploración, explotación, y uso de los recursos urbanos.

Ámbito local. Persona prestadora del servicio de alcantarillado y actividades complementarias (PPSALAC)

Alcaldía municipal, secretaria de planeación y de obras públicas.

Componentes del sistema. Actualmente la empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P cuenta con 6.331 usuarios, divididos en 2.558 suscriptores y 3.773 suscriptores con micromedidor. Haciendo un promedio de 5 personas por vivienda aproximadamente 31.655 personas del municipio de Curumaní se benefician en la parte urbana con el preciado líquido. Como se citó en (Integrin, 2018, pág. 4) (Carcamo, 2018) En el municipio de Curumaní, específicamente en el casco urbano; el agua es utilizada para diferentes actividades entre las cuales tenemos: uso residencial, comercial, industrial. Para estas 3 actividades se encuentran distribuidos los 6.331 usuarios de la siguiente forma:

Uso de agua por actividades en el municipio de Curumaní

Uso	Suscriptores
Residencial	6.203
Comercial	113
Oficial	12
Industrial	3
Total	6.331

La empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P garantiza que se preste un servicio en óptimas condiciones, brindando una continuidad de 24 horas para que la población del casco urbano pueda satisfacer sus necesidades, como dice su lema “damos vida a Curumaní”

Sistema de alcantarillado. El municipio de Curumaní cuenta con una red de sistema de alcantarillado que cubre el 87% de la población según datos del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (Municipio de curumaní, 2011) el cual conduce las aguas servidas a un Sistema de tratamiento de agua residual, conformado por 2 lagunas de oxidación. Luego de realizar el

proceso de remoción de cargas contaminantes son vertidas al caño san Ignacio y este conduce al río Cesar.

Reconocimiento de la red de alcantarillado

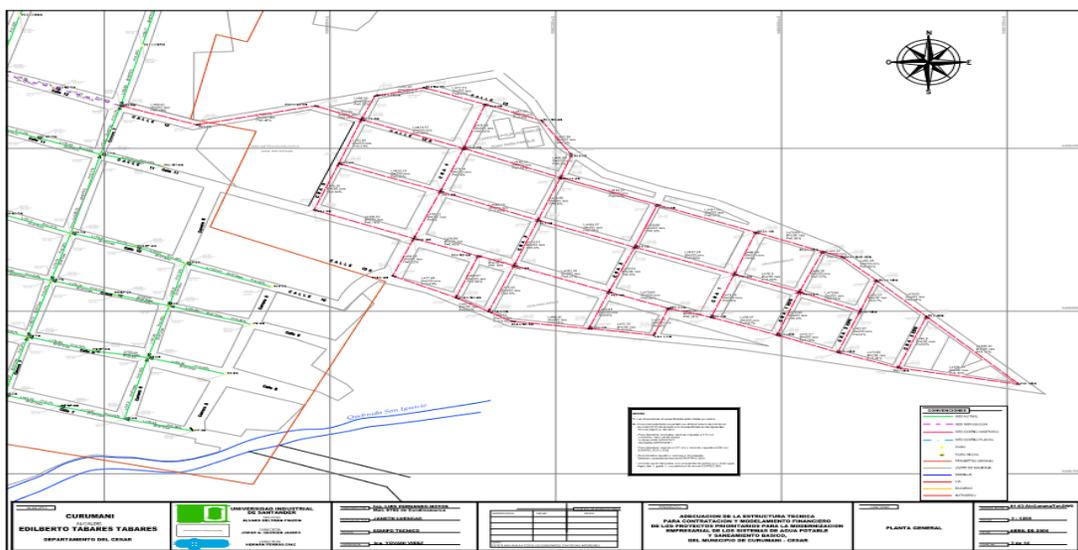


Figura 5. Red de alcantarillado del municipio.
Fuente: Jefe operativo de ACUACUR E.S.P.

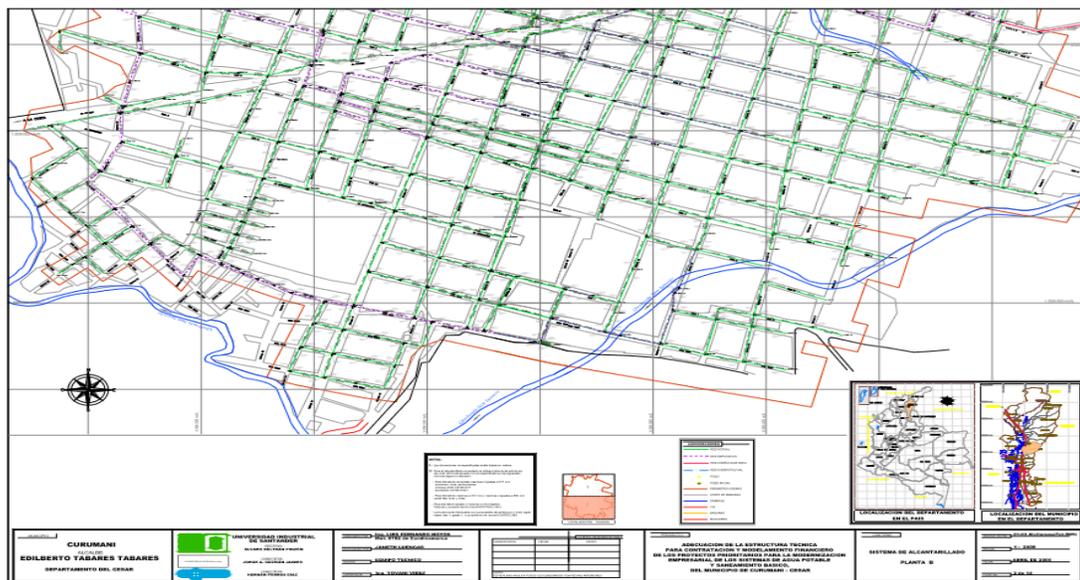


Figura 6. Red de alcantarillado del municipio.
Fuente: Jefe operativo de ACUACUR E.S.P.

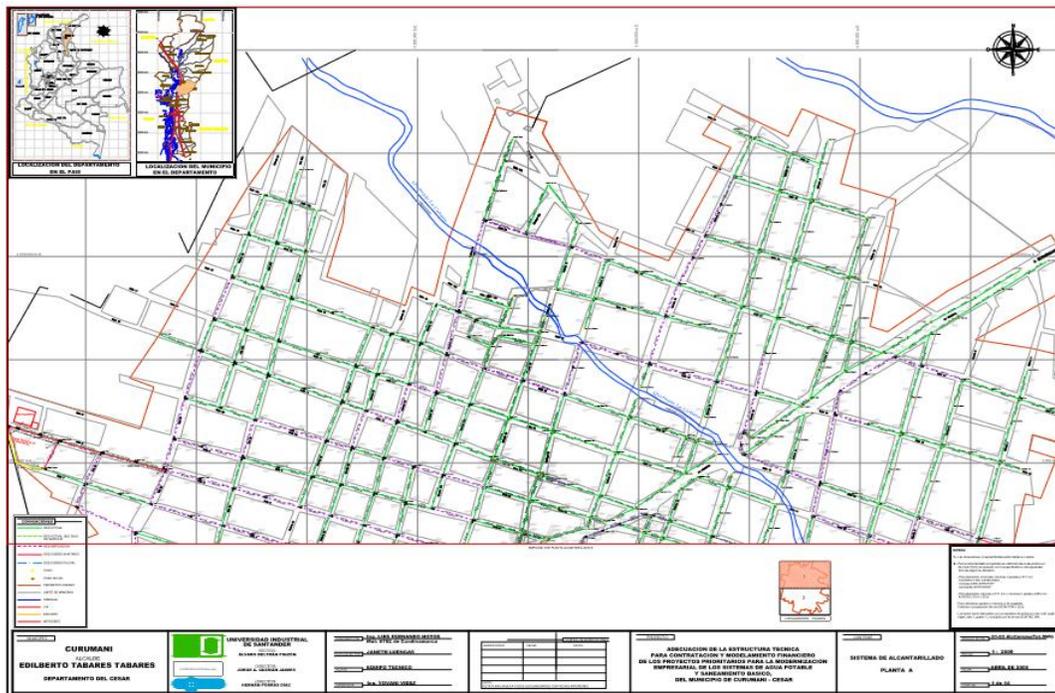


Figura 7. Red de alcantarillado del municipio.

Fuente: Jefe operativo de ACUACUR E.S.P.

Funcionamiento de la red de alcantarillado. La red de alcantarillado tiene un colector final lo cual tiene una longitud aproximada de 1.034 metros con tubería de asbesto-cemento de 20 pulgadas, entrega parte de las aguas negras del Municipio al sistema de tratamiento de agua residual y otra parte (excesos) la descarga de forma directa a un canal natural, posteriormente la descarga directa recibida de la red de alcantarillado y entran a las lagunas de oxidación, en el que se tratamiento biológico y por ultimo estas aguas son servidas al afluyente San Ignacio. Este canal natural se encuentra dentro del área del sistema de tratamiento de agua residual, el cual escurre sobre parcelas, llagándose a convertir en un potencial riesgo a la salud de los pobladores locales.

Tratamiento de las aguas residuales en el municipio. El sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas del municipio de Curumani, basado en lagunas de estabilización, se encuentra

ubicado hacia el occidente del municipio, en la zona rural perteneciente a la vereda San Rafael, vereda que hace parte del corregimiento del Mamey. Dista de la cabecera municipal 3Km, por la carretera que conduce al corregimiento del Mamey, limita al norte con el corregimiento del Mamey al sur con la carretera que conduce a Bucaramanga, al oriente con la vereda Unión Animito y al occidente con la zona urbana del municipio de Curumani, el sentido del flujo va en la misma dirección que los vientos.

El área total es de 8 Ha y se encuentra ocupada por dos lagunas de estabilización ubicadas en serie, un canal de conducción del afluente, cinco pozos de inspección, una tubería que comunica el canal de conducción del afluente con la primera laguna de estabilización y otra que comunica la segunda laguna con el canal de conducción del efluente.

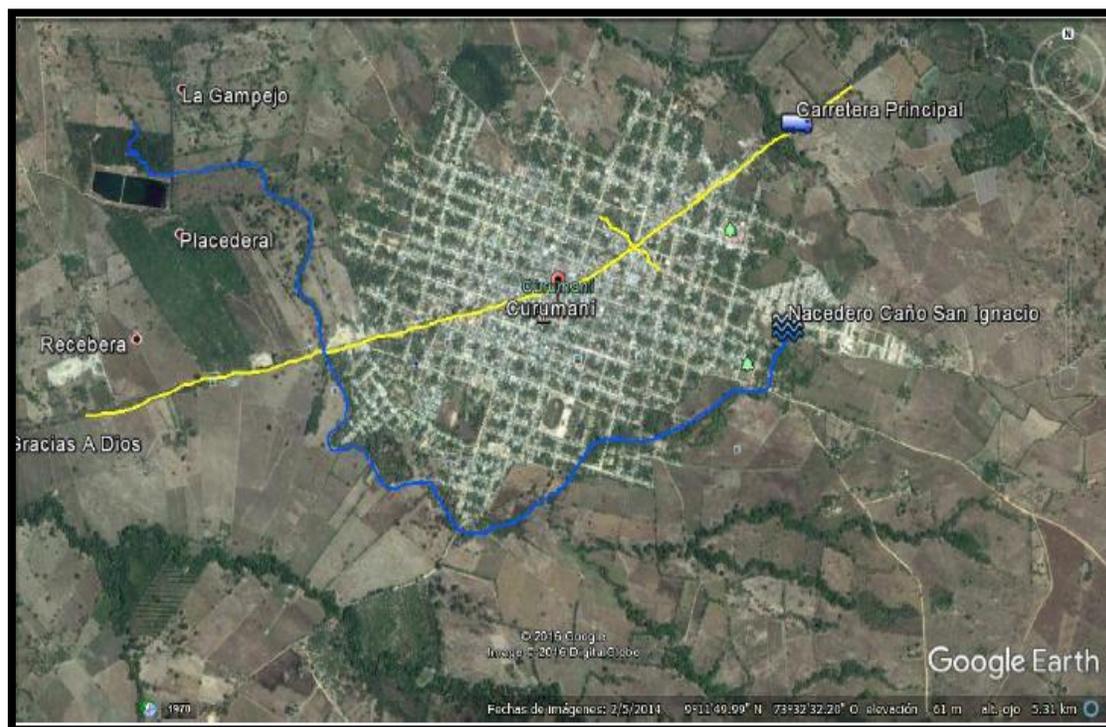


Figura 8. Imagen satelital municipio de curumani
Fuente: Google Earth

En el sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Curumaní – Cesar se dan los siguientes tratamientos:

Tratamiento preliminar. El tratamiento preliminar de las aguas residuales urbanas generadas en Curumaní, está conformada por una rejilla de hierro, de 60 cm. de ancho y 66 cm. de largo, compuesta por 10 barras de 21”, separadas entre sí cada 60mm., la rejilla está sumergida parcialmente en el canal de entrada de 8.6 m de longitud, por 0.60 m de ancho, construido en concreto ciclópeo, el ángulo de inclinación de las rejas con respecto a la horizontal del canal es de 58°.

En la actualidad es la única fase de tratamiento primario que se le realiza a las aguas residuales urbanas de Curumaní, del pre-tratamiento la carga es conducida directamente al tratamiento biológico.



Figura 9. Tratamiento preliminar del sistema.

Fuente. Autor del proyecto

Tratamiento Biológico. Las aguas residuales urbanas generadas en Curumaní, reciben tratamiento secundario a través, de dos lagunas de estabilización de tipo facultativo ubicadas en serie, Las lagunas cumplen la función de remover parte de la materia orgánica mediante dos procesos aeróbico y anaeróbico llevados a cabo por microorganismos, bacterias y algas.

Se muestra la distribución y esquema general del sistema de tratamiento de aguas residuales del Municipio.

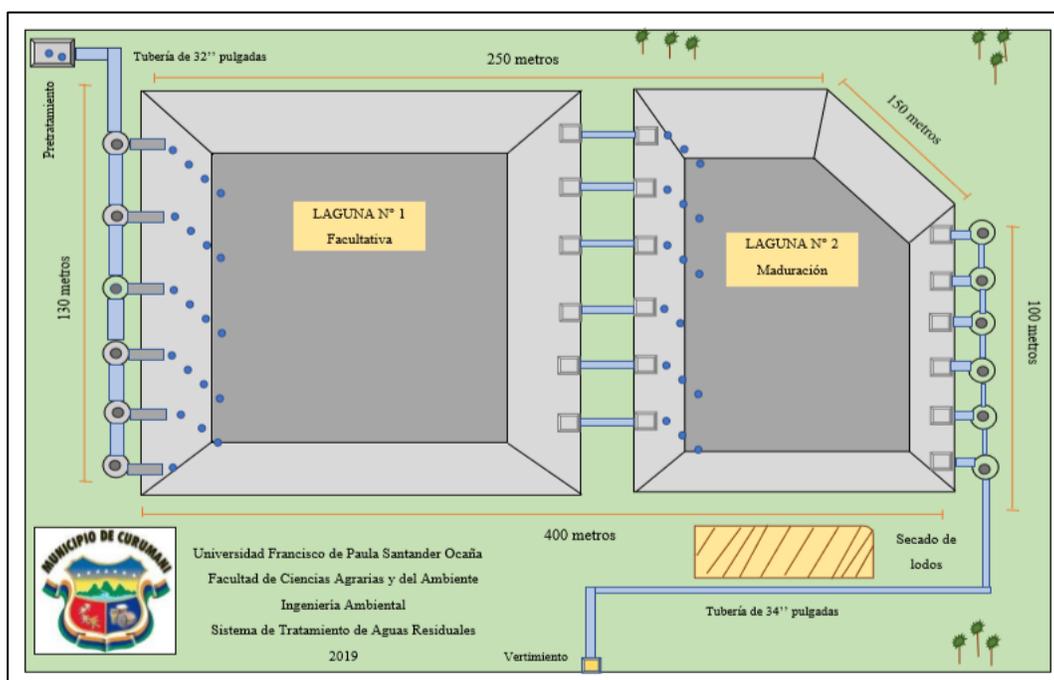


Figura 10. Distribución y esquema general del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Curumaní.

Fuente. Autor del proyecto

Descripción del sistema

Estructura de salida. Una vez terminado el tratamiento secundario del agua residual en la segunda laguna, el efluente pasa por 6 pozos de inspección (Figura) en tubería de 16" en pvc que

lo llevan a un canal abierto natural de 3120 m de longitud; este canal atraviesa seis parcelas dedicadas a la agricultura y ganadería. El destino del efluente conducido por el canal es dirigido al afluente San Ignacio, principal fuente hídrica de la vereda San Rafael y el corregimiento del Mamey.

Proceso que realiza el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Curumaní – Cesar. Basándonos en el diagnóstico mencionado anteriormente del sistema en cuanto a su estructura y distribución de las aguas residuales en el municipio de curumaní, tendremos en cuenta su funcionamiento principalmente, lo cual está comprendido de la siguiente manera:

El proceso facultativo que realiza la primera laguna de oxidación del municipio es el siguiente:

El agua residual entra principalmente a la primera laguna, luego la materia orgánica y partículas sedimentables se depositan en el fondo, mientras que la materia orgánica soluble será consumida por las bacterias que se encuentran en la zona de degradación de la misma. En este orden de ideas es necesario saber que las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en el agua para transformar la materia orgánica en CO₂ y en más bacterias que ayuden a la degradación de la materia o partículas sedimentables entrantes al sistema, para completar el dicho proceso es necesario que el agua contenga nitrógeno principalmente para que las nuevas bacterias se puedan incorporar al proceso, las células muertas sedimentan y forman parte de los lodos que se

degradan diariamente. El proceso de retención es de aproximadamente 4 días y posee un porcentaje de remoción del 81%.

El CO₂ generado por las bacterias es utilizado por las algas en presencia de la luz solar para generar más algas y oxígeno que será aprovechado por las bacterias Aerobias. Debido a esto las algas que son producidas en este proceso cambian las condiciones en el color del agua principalmente, ya que en gran parte de la laguna se nota un color verde y en ciertos lugares vegetación ya conformada, debido a que no se le hace un mantenimiento adecuado a esta laguna.



Figura 11. Laguna de tipo facultativo

Fuente. Autor del proyecto

El proceso de maduración que realiza la segunda de oxidación del municipio es el siguiente:

Las lagunas de maduración, en general se da después de un proceso de laguna facultativa primaria o secundaria, esta laguna está diseñada principalmente para el tratamiento biológico que se da en el sistema, es decir, la eliminación de las bacterias patógenos, nutrientes y posiblemente

algas que alteran las composiciones biológicas que posee el agua, básicamente este proceso se produce mediante una simbiosis entre algas y bacterias.

También en este proceso son indispensable las siguientes características que es un tiempo de retención aproximado a 2 días y el porcentaje de remoción de la materia orgánica que es de un 68% aproximado.

En general el sistema de tratamiento, denota falta de un mantenimiento técnico y permanente, evidenciándose además que no cuenta con una adecuada atención. En las rejillas se nota la falla de mantenimiento que se tiene, en esta época de invierno, se aprecian muchos materiales sólidos lo cual provoca el desbordamiento del canal de entrada (como se puede apreciar en la Fotografía “poner”), ocasionando gran acumulación de agua contaminada a los alrededores del sistema y que son perjudiciales para los habitantes de la zona aledaña ya que utilizan esta agua que es vertida en el afluente San Ignacio para las actividades agrícolas que ellos emplean.



Figura 12. Laguna de maduración

Fuente. Autor del proyecto

Verificación del funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta los resultados del laboratorio. La empresa de servicios públicos del municipio de curumaní – cesar, ACUACUR E.S.P. como entidad prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado tiene la labor de realizar los análisis físico-químicos, químicos (pH, oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, nitrógeno total, nitrato y fosforo.), microbiológicos (demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), Coliformes totales y Escherichia coli.).

Para dar cumplimiento a la normatividad vigente. Es por eso, que la empresa de servicios públicos realiza un muestreo semestral por año donde se identifica y analiza los resultados arrojados en los parámetros evaluados, las muestras tomadas en los semestres comprendido del mes de marzo y septiembre respectivamente son enviado a la ciudad de Valledupar al laboratorio Nancy Flórez S.A.S. para realizar el resultados de las dichas muestras.

Durante el primer semestre de 2019 se realizó la toma de muestras del sistema de tratamiento de agua residual, en el cual hice participación en el proceso de la toma, previamente con el acompañamiento del técnico del laboratorio y el personal encargado del mantenimiento de las lagunas de oxidación de la empresa ACUACUR E.S.P. Todo esto se realizó con la respectiva aprobación del gerente de la empresa en cuestión.

Principalmente la muestra compuesta fue tomada en 3 puntos estratégicos del sistema:

Primera muestra; Entrada del sistema.

Figura 13. Toma de muestra y medición de caudal en la canaleta parshall.

Fuente. Autor del proyecto

Segunda muestra; punto medio del sistema de tratamiento

Figura 14. Toma de muestra punto medio del sistema.

Fuente. Autor del proyecto

Tercera muestra; se tomó en la salida del sistema de tratamiento.



Figura 15. Toma de muestra salida del sistema.

Fuente. Autor del proyecto

El laboratorio certificado NANCY FLOREZ S.A.S. nos arrojó los siguientes resultados de las muestras tomadas en cuanto a sus parámetros:

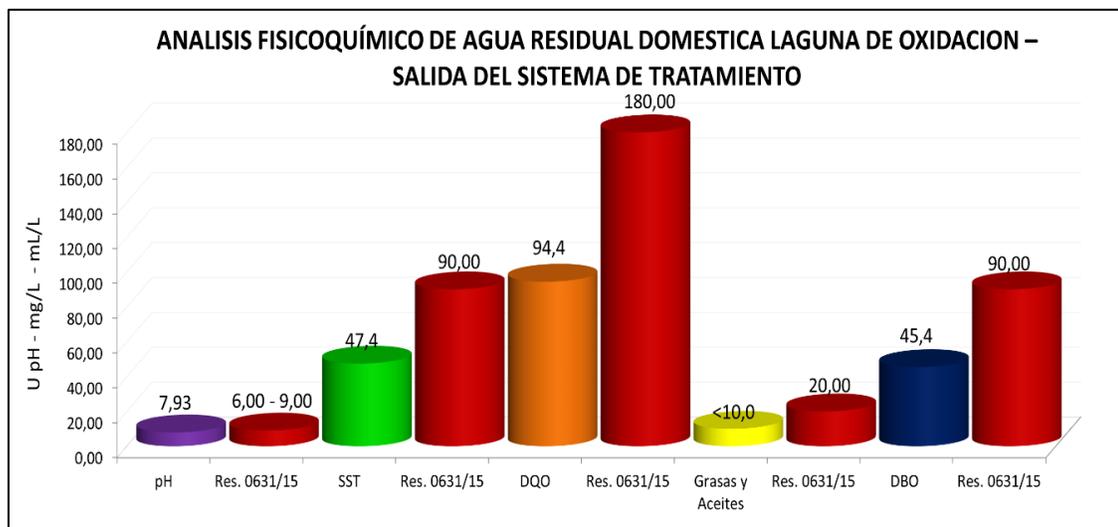


Figura 16. Informe de los parámetros fisicoquímicos

Fuente: Laboratorio NANCY FLOREZ S.A.S.

La muestra de agua residual domestica correspondiente a la Laguna de Oxidación en el punto Salida del Sistema de Tratamiento, se evidencia que la concentración de todos los

parámetros analizados y referenciados, cumplen con los parámetros fisicoquímicos analizados y evaluados con la Res 0631/15 Art. 8 (Carga menor o igual a 625,00 Kg/día DBO5). (Ver apéndice B)

Con respecto al cálculo de porcentaje de remoción en concentración de contaminantes que comprende los parámetros de DBO, SST, GRASAS Y ACEITES teniendo en cuenta lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015. Del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Curumaní – Cesar.

Es importante aclarar que el Decreto 1076 de 2015, establece las especificaciones límites permisibles que deben cumplirse al realizar vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua, entre estas especificaciones se encuentran relacionados los porcentajes de remoción en carga para los parámetros DBO, SST, Grasas y Aceites, los cuales deben ser igual o mayor al 80% (Ministerio de medio ambiente, 2015)

Por otra parte el presente informe establece el criterio de remoción de carga contaminante, para lo cual no es posible realizar dicho calculo debido a la ausencia del parámetro caudal en la entrada y salida del STAR, sin embargo y en aras de que el cliente posea una idea sobre el estado del sistema de tratamiento de aguas residuales, a continuación realizaremos dichos cálculos de remoción basados en el criterio de igualación de caudales, es decir considerando que el caudal que entra es el mismo caudal que sale y se definirá como porcentaje de remoción en concentración.

Tabla 1
Porcentaje de remoción

PARAMETRO	CONCENTRACION ENTRADA (mg/L)	CONCENTRACION SALIDA (mg/L)	REMOCION (%)
DBO5	146	45,4	68,90
SST	61,0	47,4	22,30
GRASAS Y ACEITES	<10,0	<10,0	*N.C

*N.C: No Cuantificable

Fuente: Laboratorio NANCY FLOREZ S.A.S.

Teniendo en cuenta los resultados de las muestras podemos notar que el sistema muestra mucha deficiencia en cuanto a los resultados ya que estos parámetros pueden seguir disminuyendo si se le hiciera a todo el sistema un mantenimiento, seguimiento y control, tanto preventivo como técnico para así se puedan mejorar aún más las condiciones físicas, químicas y biológicas del sistema y en cuanto a cada parte del tratamiento buscar las técnicas y alternativas necesarias para que se dé una correcta optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales, prioritariamente hacerle una limpieza y desinfección a todas las partes que conforman el sistema, en la primera laguna que es donde hay más presencia de algas removerlas con mucha más frecuencia ya que estas inhiben la reproducción de las bacterias que se producen en el sistema y por ende estas bacterias que son las encargadas de disminuir la materia orgánica, no pueden realizar su función específica, haciendo un uso adecuado de esto podemos obtener una mejor eficiencia en cuanto a la remoción de la carga contaminante presente en el sistema de tratamiento de agua residual.

Resultados de las encuestas. Para evaluar el conocimiento que tiene la comunidad aledaña al sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) sobre la contaminación que esta produce se realizó una encuesta dividida en zona rural y zona urbana a 50 personas de las zonas ya mencionadas,

estas encuestas son de tipo descriptiva porque estoy describiendo un problema ambiental **que se** viene presentando, la cual consta de 13 ítems.

Se encuestaron a 100 personas del municipio de curumaní, 50 personas de la zona rural que comprende la zona de la vereda san Rafael, la cual es la vereda de influencia a las lagunas de oxidación, para así conocer los problemas que estas lagunas le ocasionan a los habitantes. (Ver Apéndice A)

En cuanto a la urbana se encuestaron 50 personas en el barrio Santa Elena ya que es el último barrio y este es el más cercano al sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio. Se establecieron una serie de 13 preguntas, en el área de influencia en siguiente figura y los cuales arrojaron los diferentes resultados a continuación:

Zona de influencia del sistema

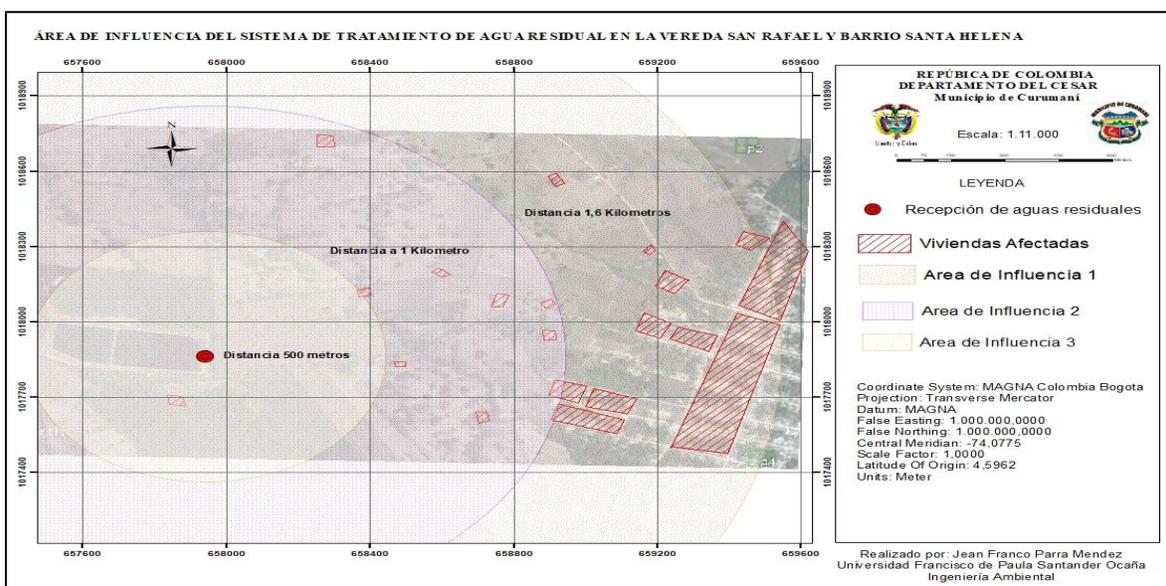


Figura 17. Área de influencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la vereda San Rafael y el barrio Santa Elena

Fuente. Autor del proyecto

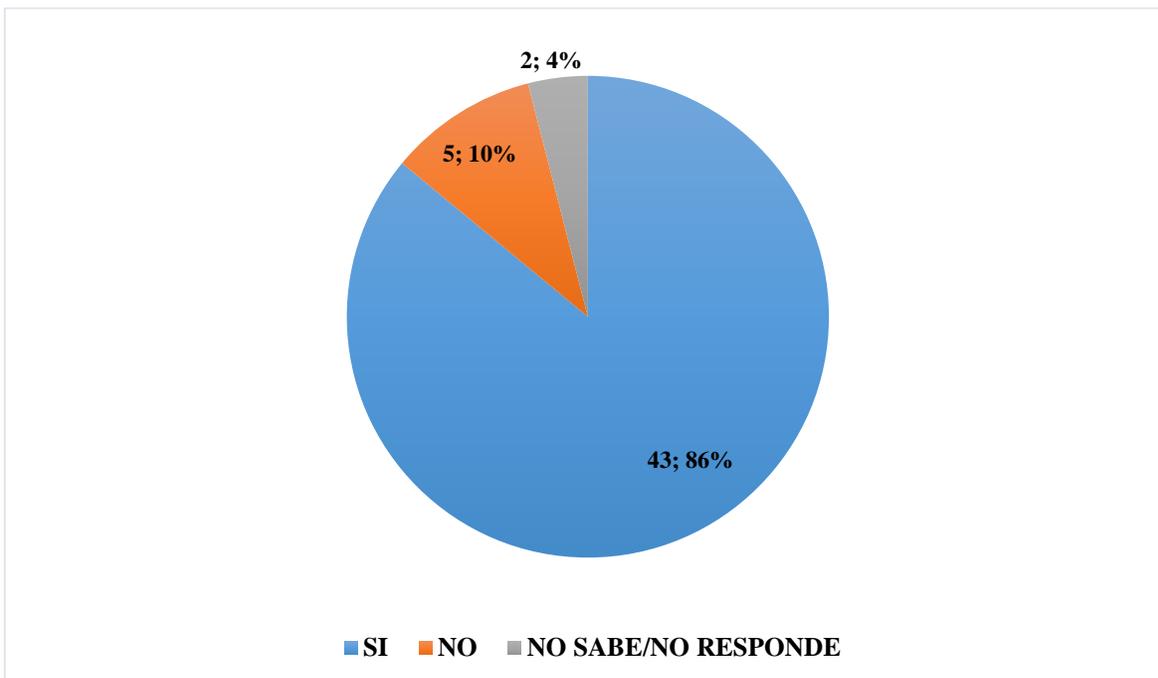
Zona urbana

Figura 18. Sabe o conoce el término de laguna de oxidación

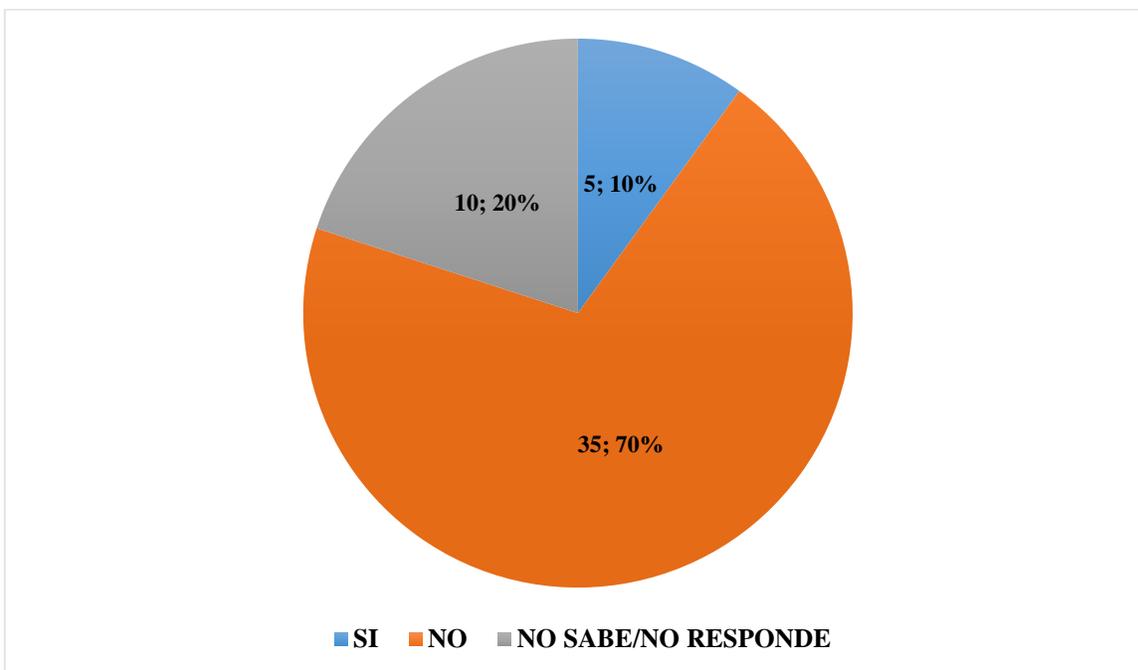
Fuente. Autor del proyecto

Figura 19. Se ha visto afectado en algún momento por vivir cerca de la laguna de oxidación

Fuente. Autor del proyecto

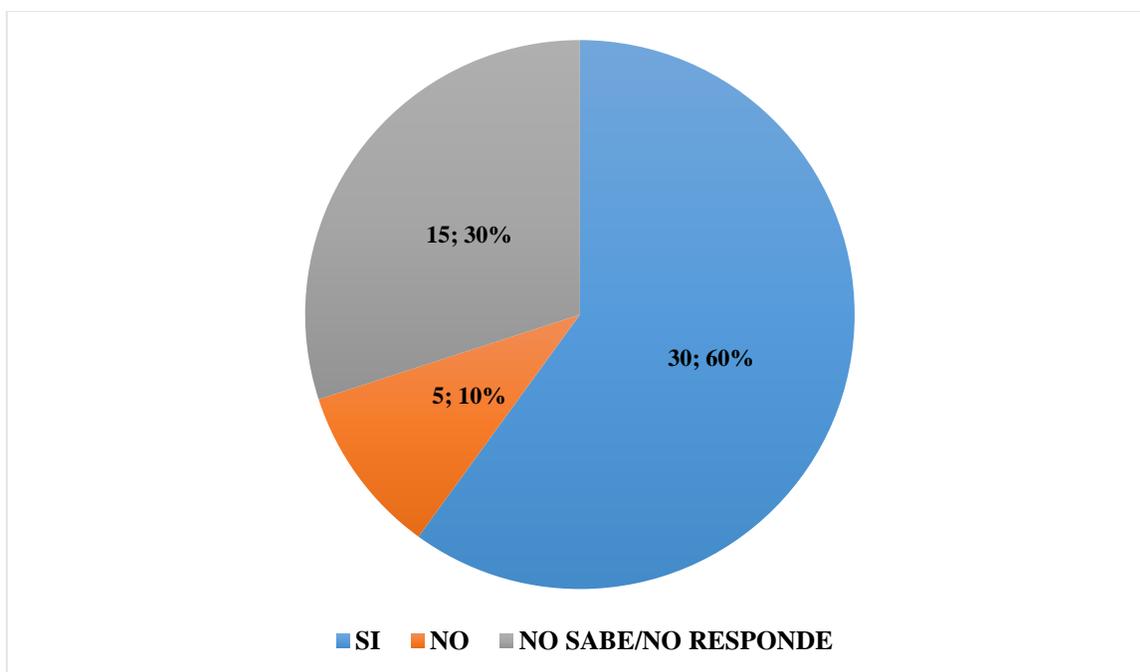


Figura 20. Cree que las lagunas de oxidación generan problemas ambientales
Fuente. Autor del proyecto

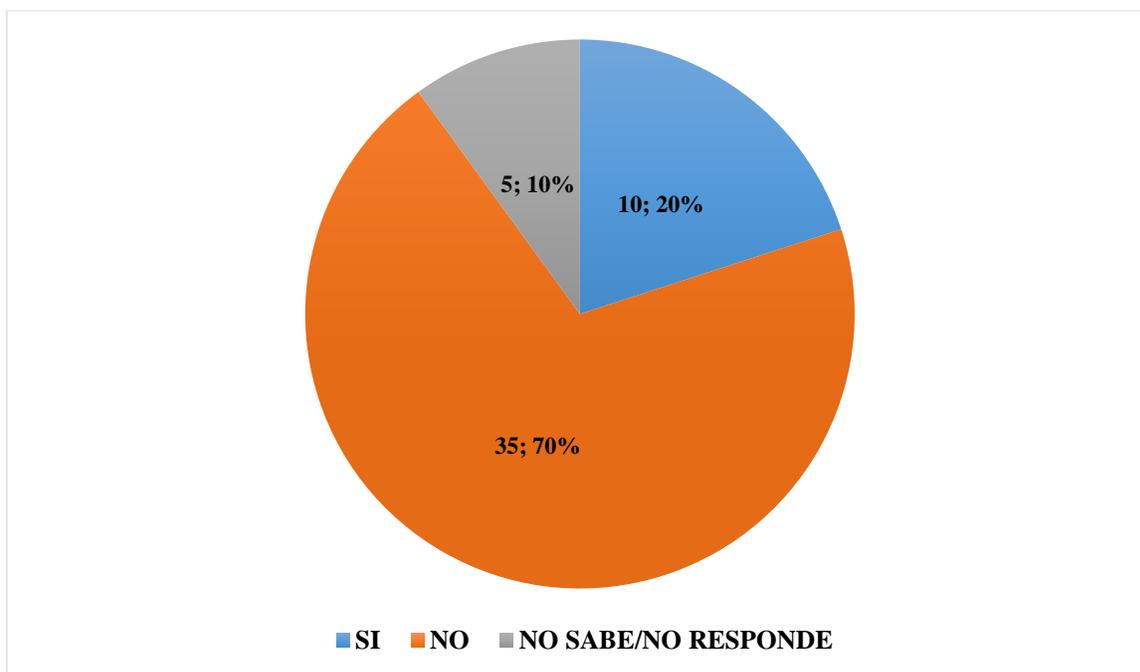


Figura 21. Ha presentado problemas de salud en los últimos 5 años a causa de vivir cerca de las lagunas
Fuente. Autor del proyecto

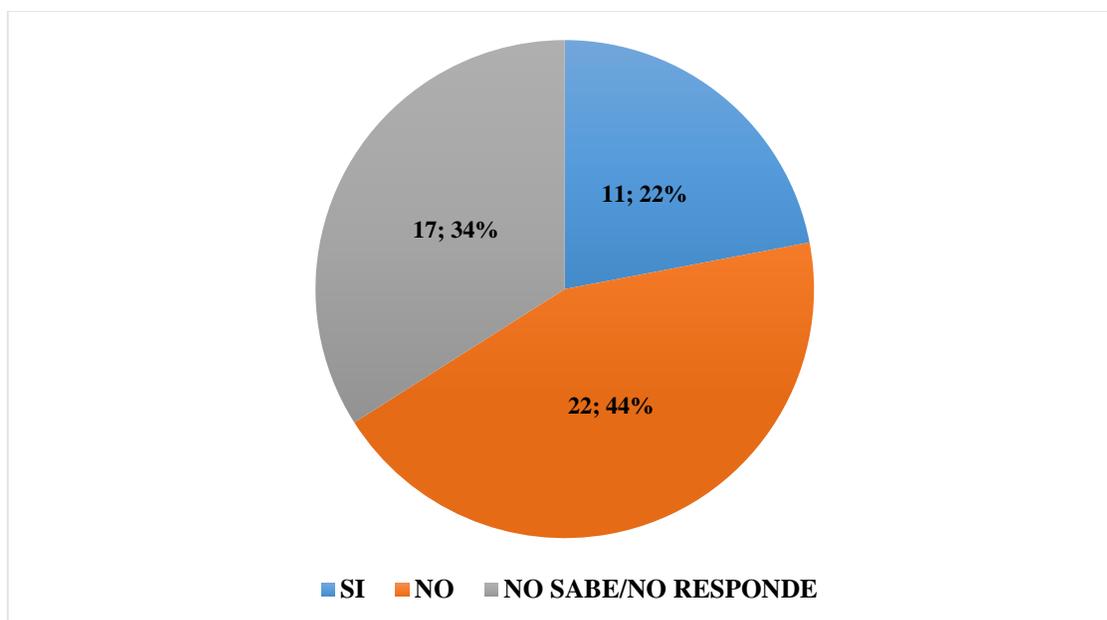


Figura 22. Ha sido bueno el mantenimiento de las lagunas de oxidación por parte de la empresa de servicios públicos del municipio

Fuente. Autor del proyecto

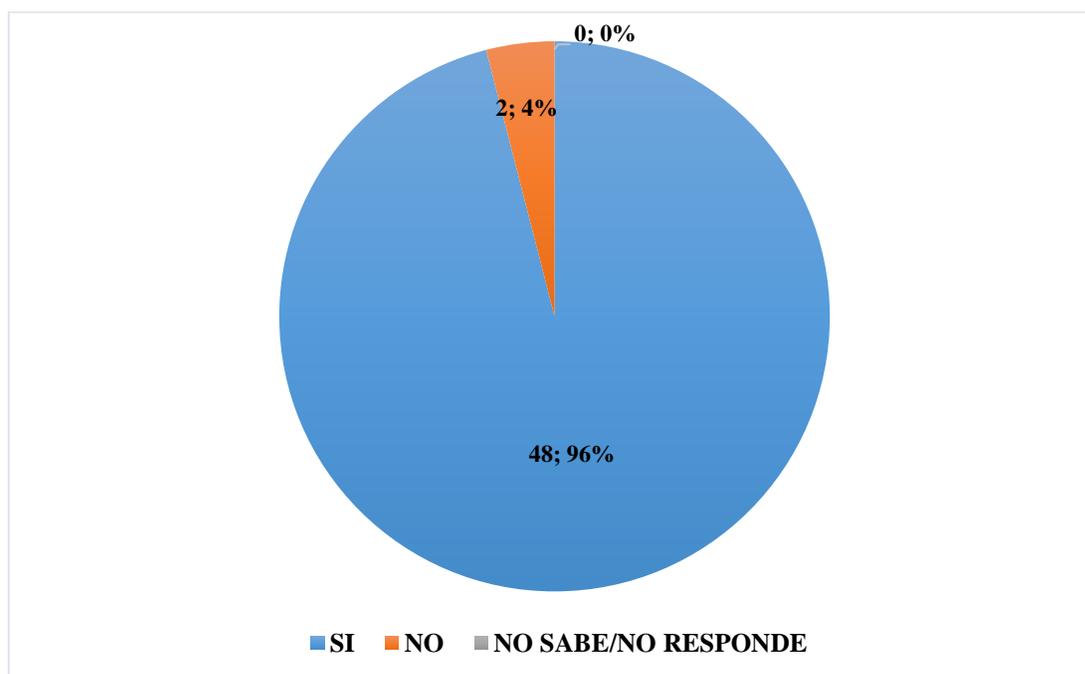


Figura 23. Cuenta con el servicio de alcantarillado

Fuente. Autor del proyecto

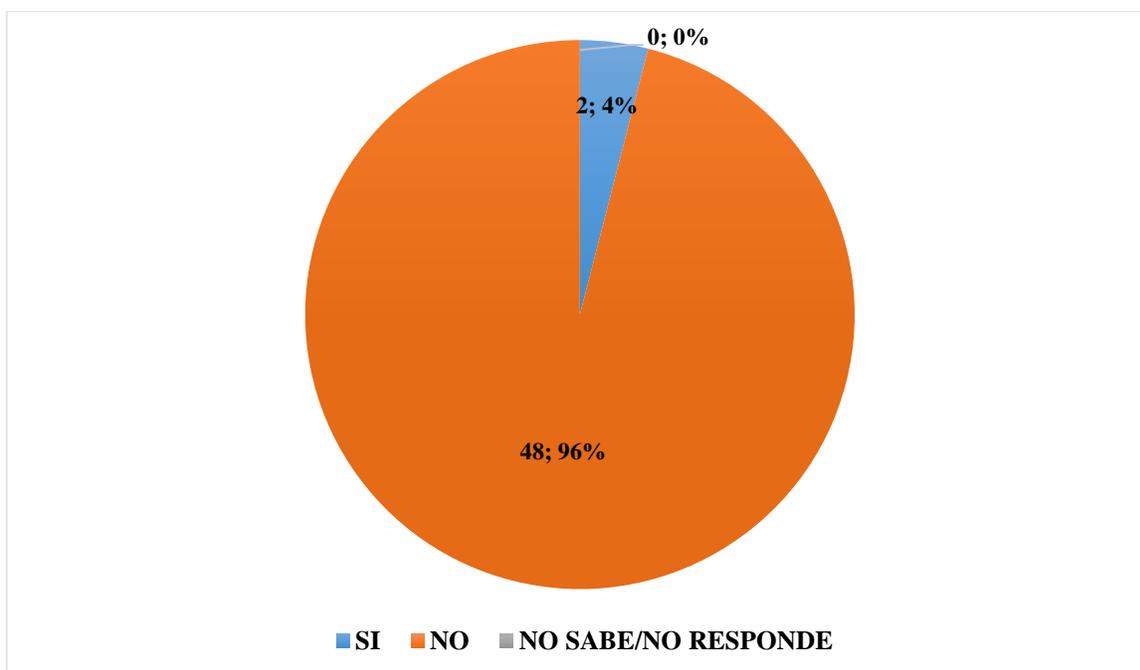


Figura 24. Está conectado a la red de alcantarillado o tiene pozo séptico

Fuente. Autor del proyecto

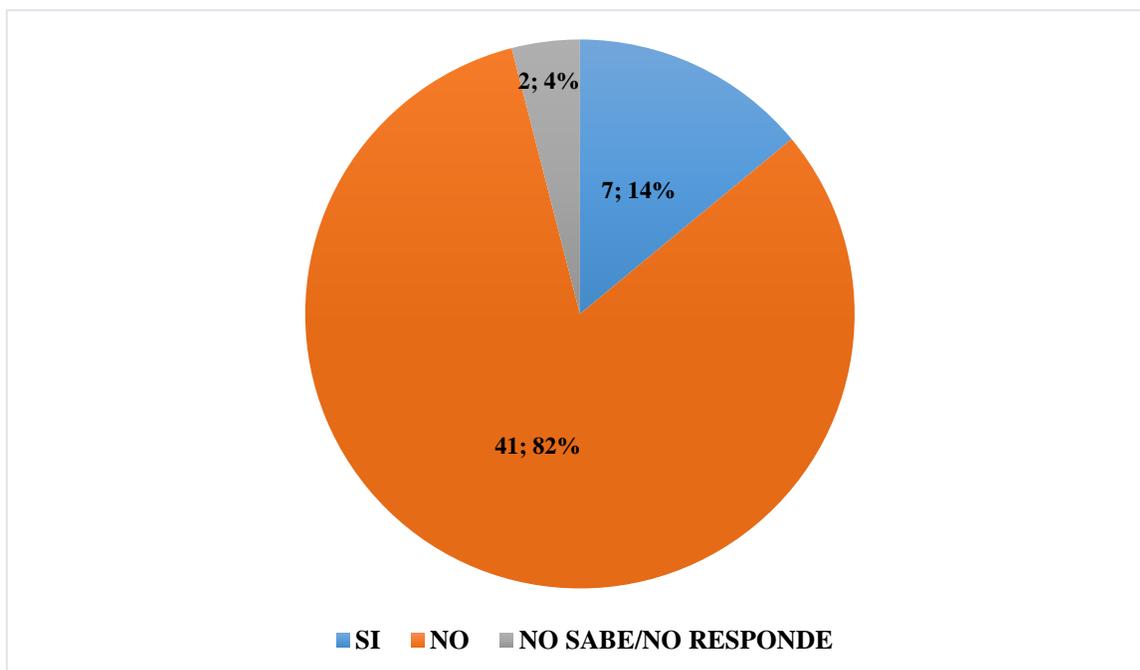


Figura 25. Hasta la fecha ha presentado olores ofensivos cerca de su casa

Fuente. Autor del proyecto

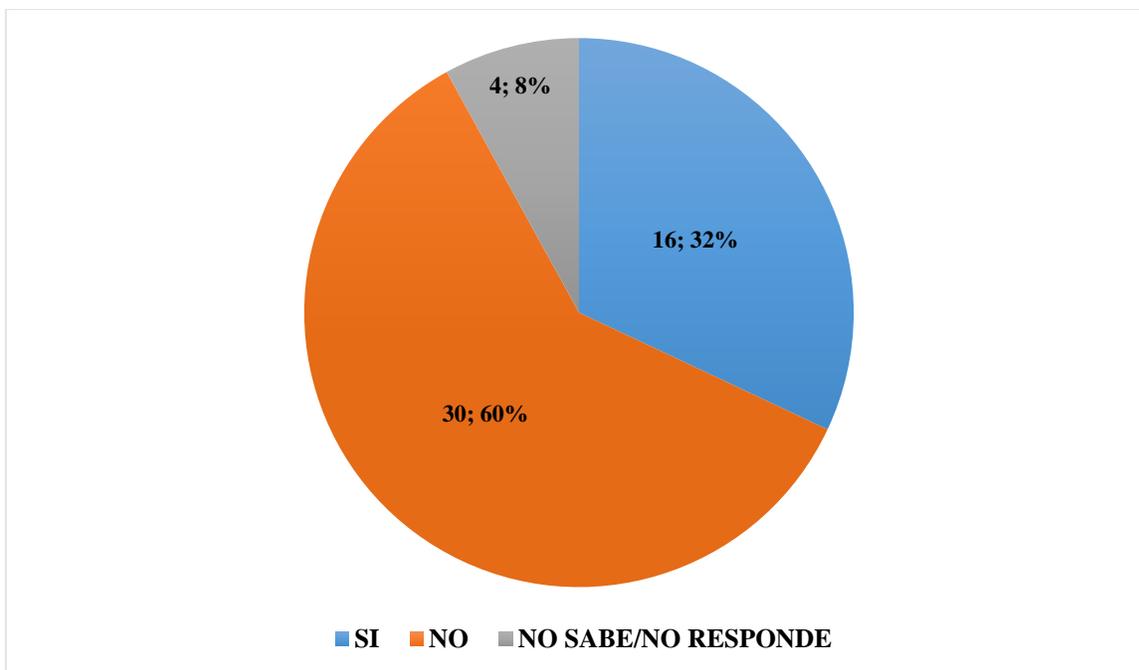


Figura 26. Conoce el caño San Ignacio como fuente receptora del efluente de las lagunas de oxidación
Fuente. Autor del proyecto

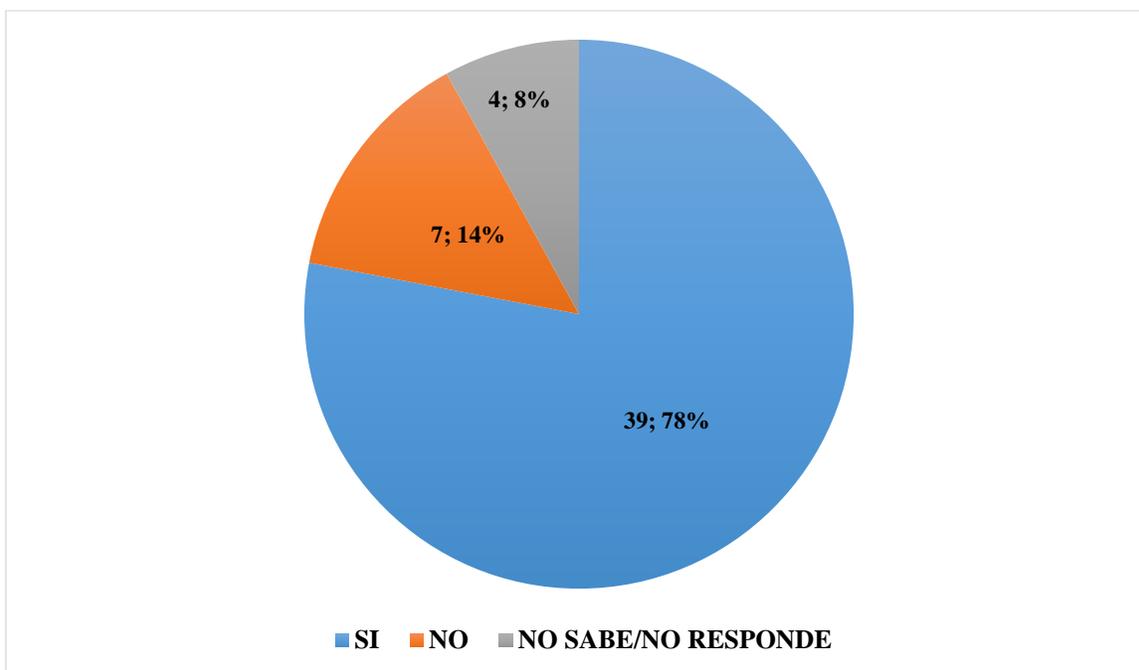


Figura 27. Cree que la alcaldía municipal ha estado involucrada con el mejoramiento del sistema de alcantarillado del municipio
Fuente. Autor del proyecto

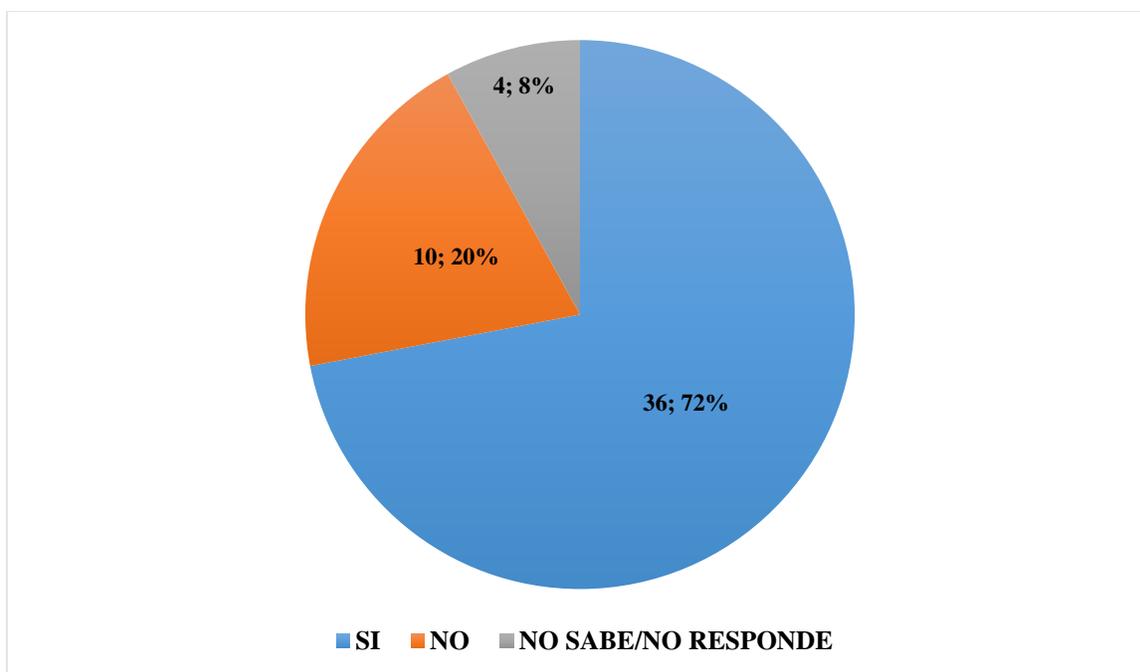


Figura 28. En los últimos años se ha hecho algún recambio de tubería de alcantarillado por parte de la empresa de servicio público *del municipio*

Fuente. Autor del proyecto

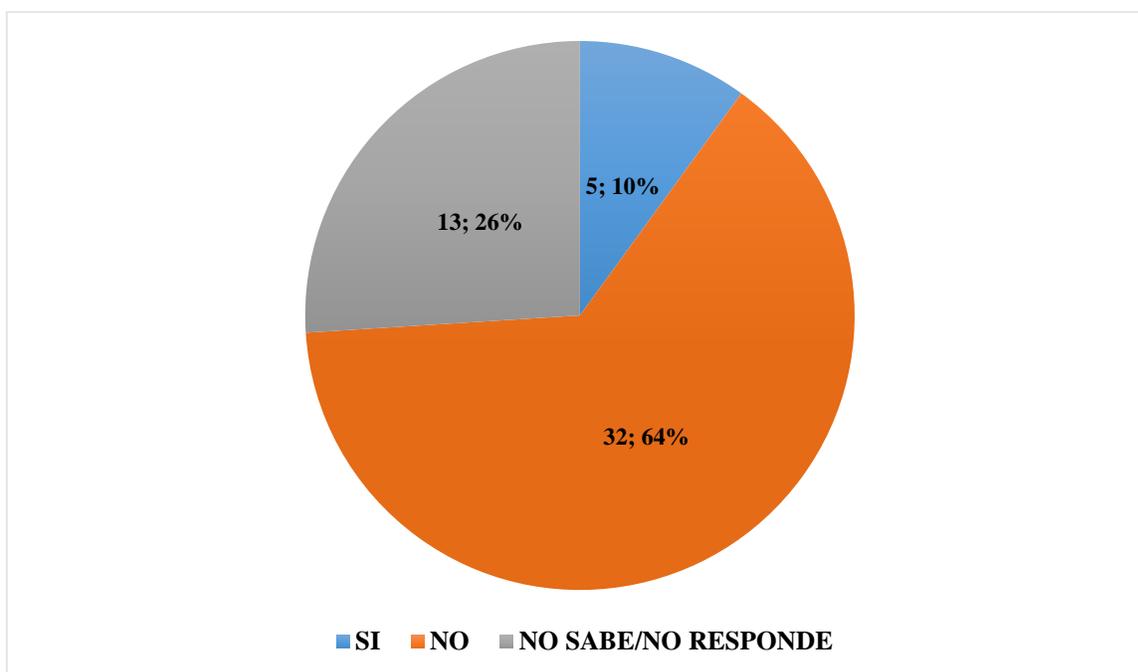


Figura 29. Ha sido capacitado por parte de la empresa de servicios públicos en cuanto al PSMV

Fuente. Autor del proyecto

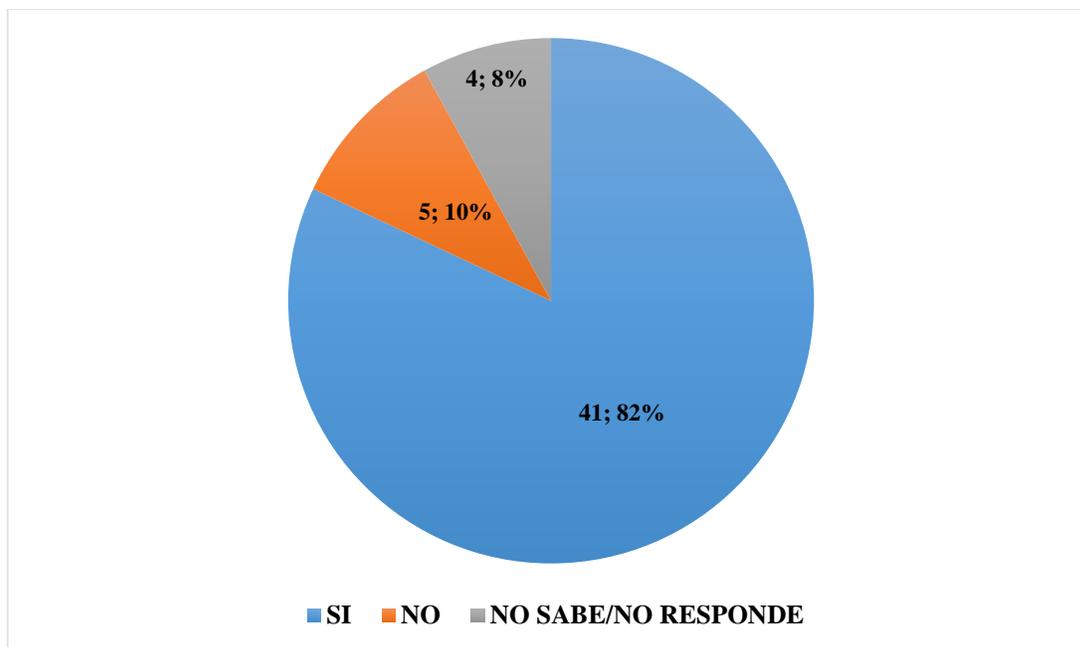


Figura 30. Cree usted que la cobertura del alcantarillado ha mejorado durante los últimos años

Fuente. Autor del proyecto

Zona rural

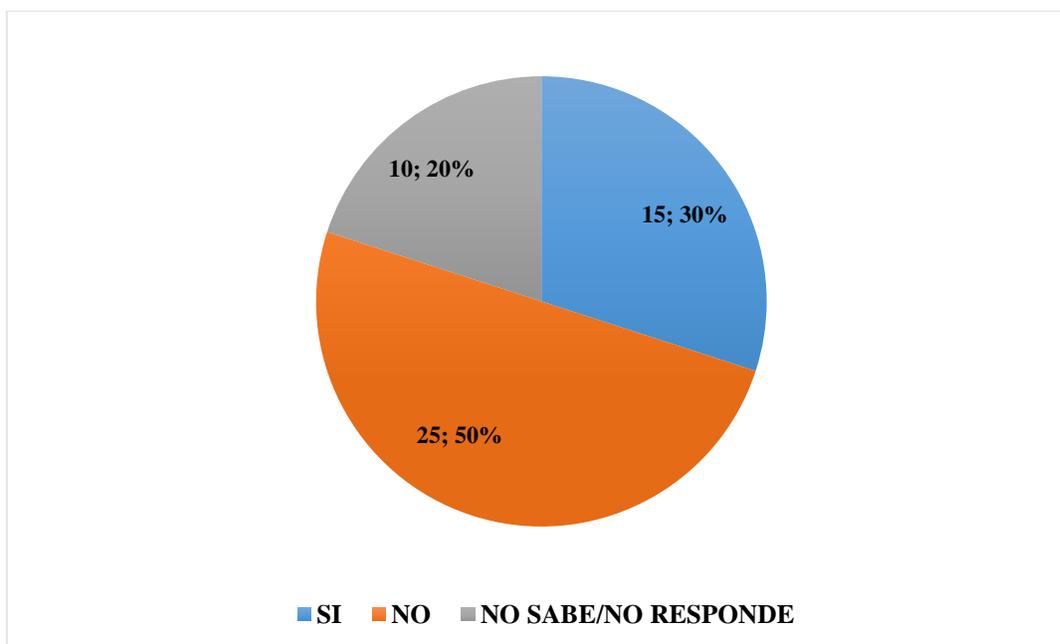


Figura 31. Sabe o conoce el término de laguna de oxidación

Fuente. Autor del proyecto

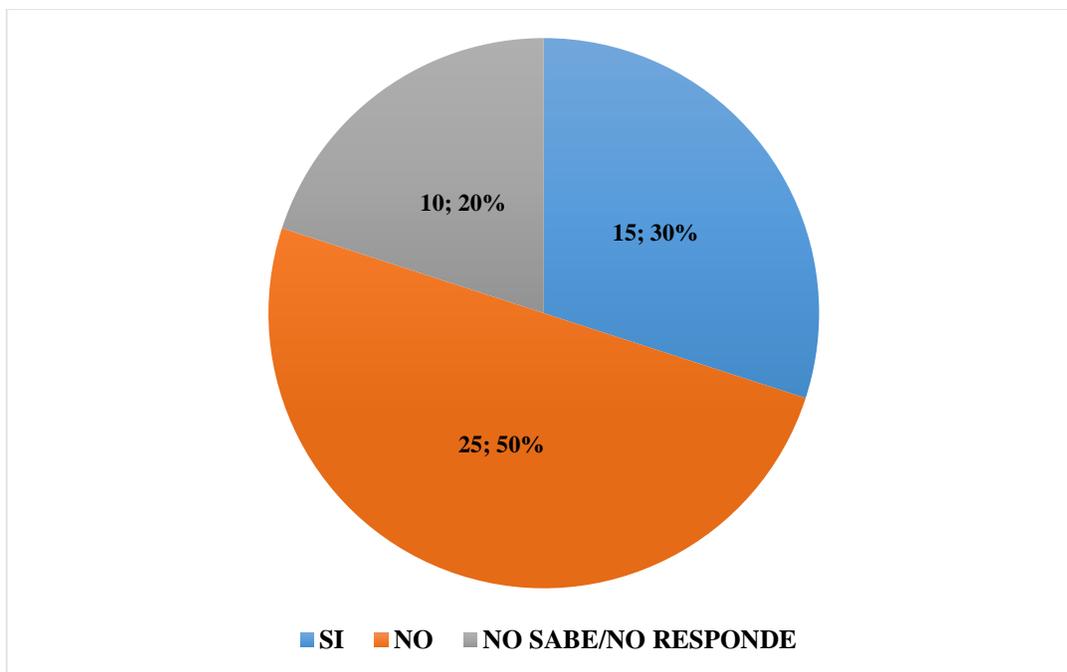


Figura 32. Se ha visto afectado en algún momento por vivir cerca de la laguna de oxidación

Fuente. Autor del proyecto

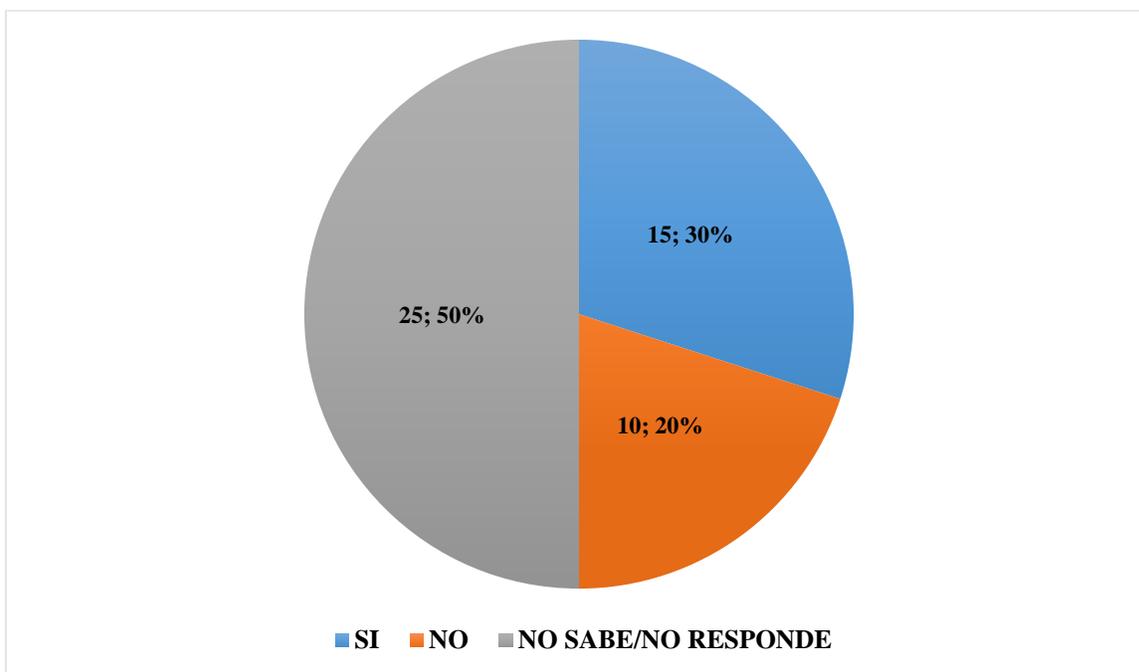


Figura 33, Cree que las lagunas de oxidación generan problemas ambientales

Fuente. Autor del proyecto

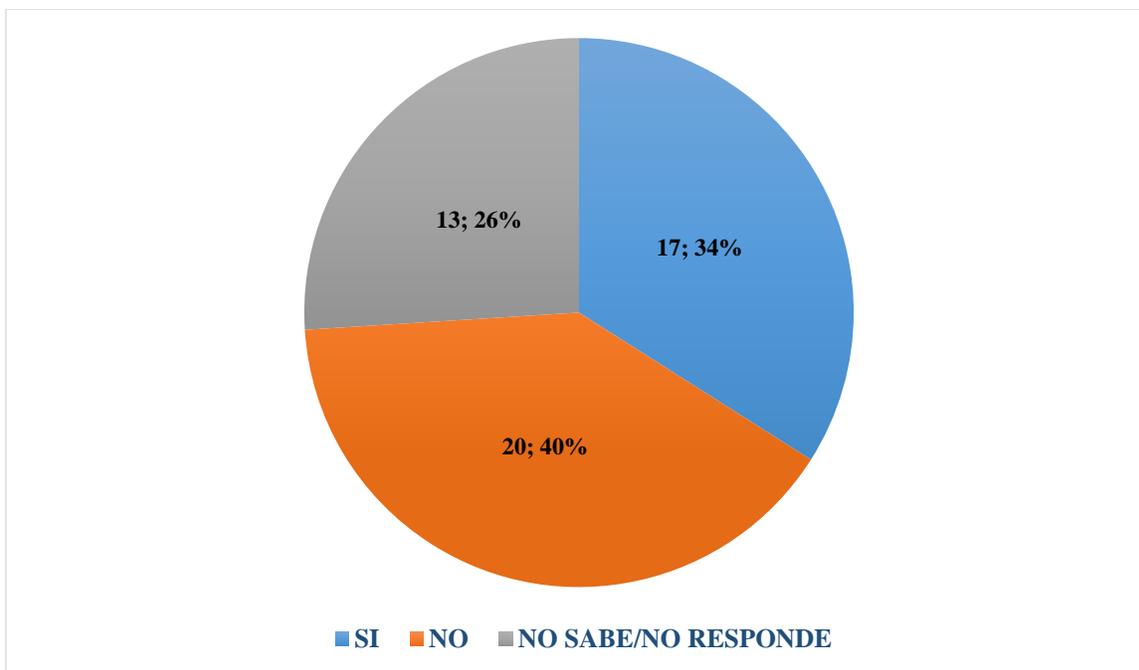


Figura 34. Ha presentado problemas de salud en los últimos 5 años a causa de vivir cerca de las lagunas
Fuente. Autor del proyecto

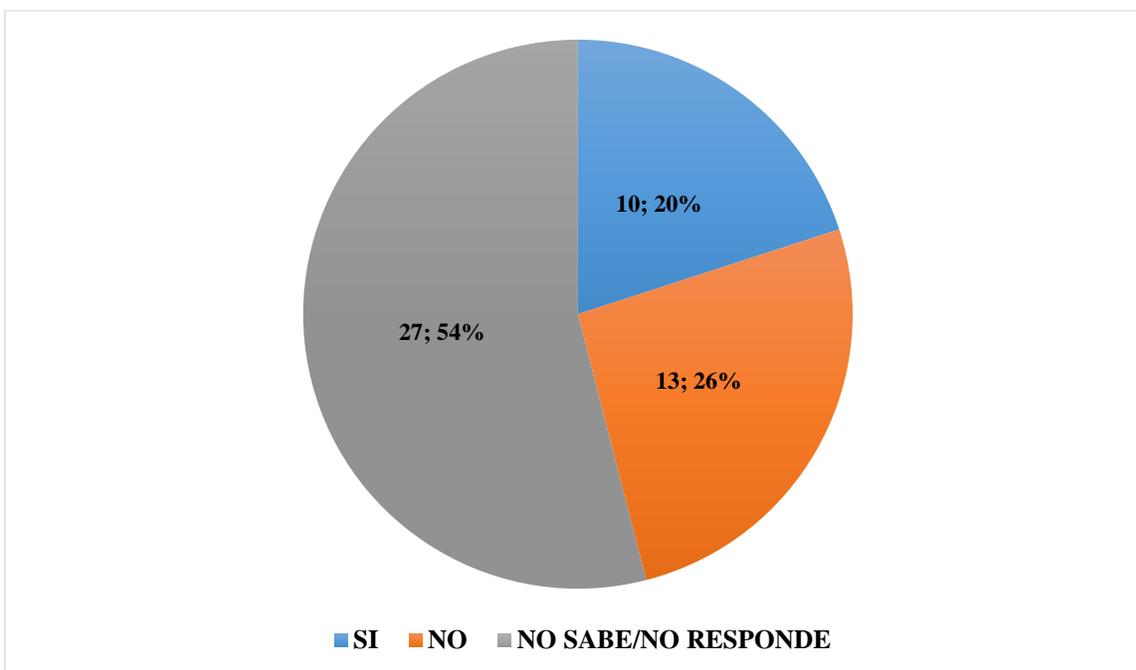


Figura 35. Ha sido bueno el mantenimiento de las lagunas de oxidación por parte de la empresa de servicios públicos del municipio
Fuente. Autor del proyecto

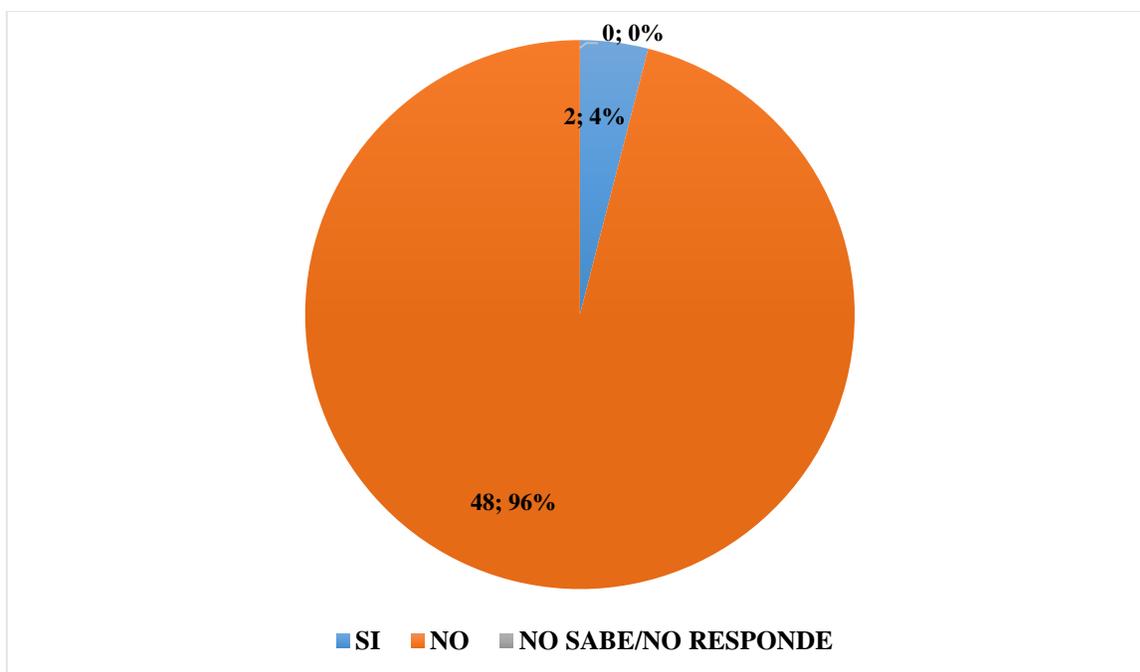


Figura 36. Cuenta con el servicio de alcantarillado

Fuente. Autor del proyecto

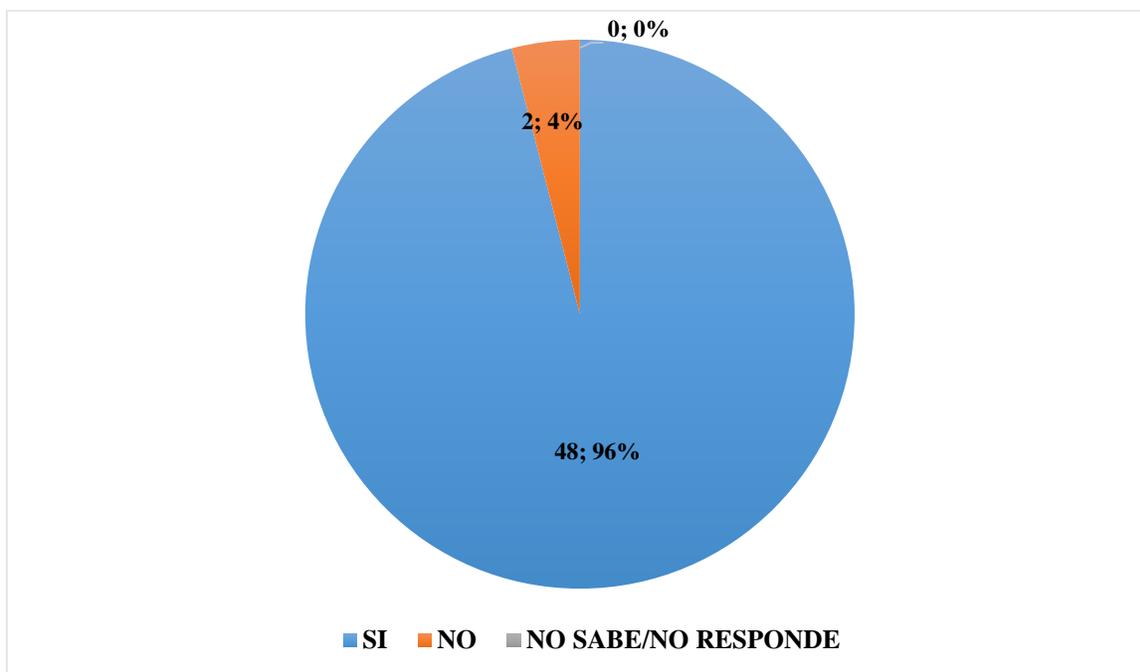


Figura 37. Tiene pozo séptico

Fuente. Autor del proyecto

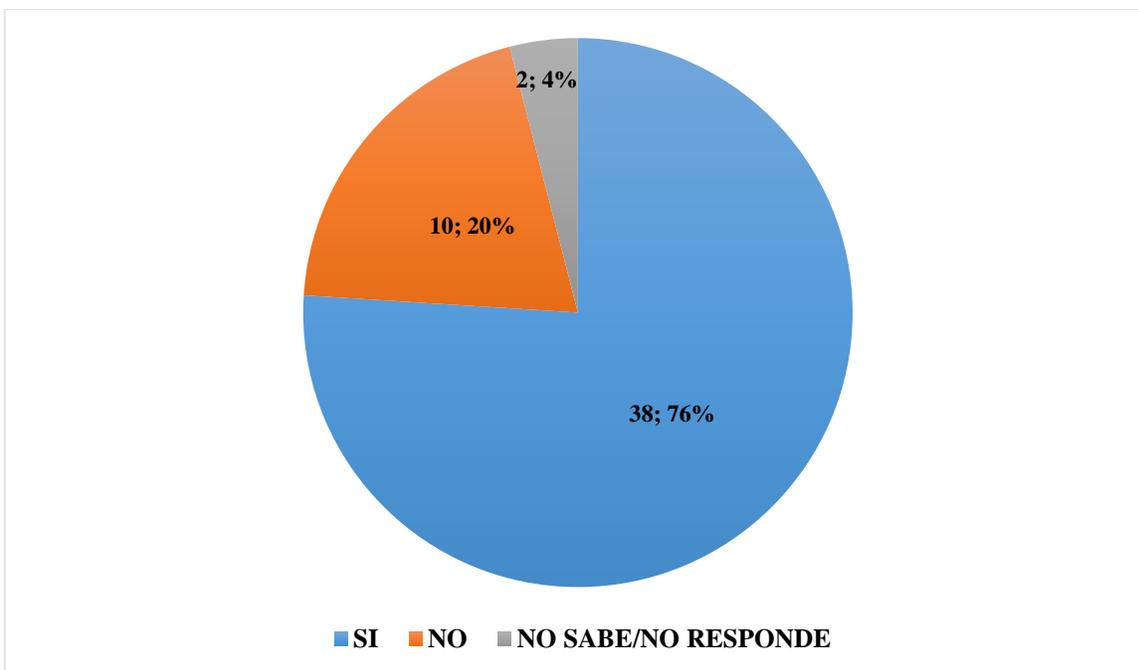


Figura 38. Hasta la fecha ha presentado olores ofensivos cerca de su casa

Fuente. Autor del proyecto

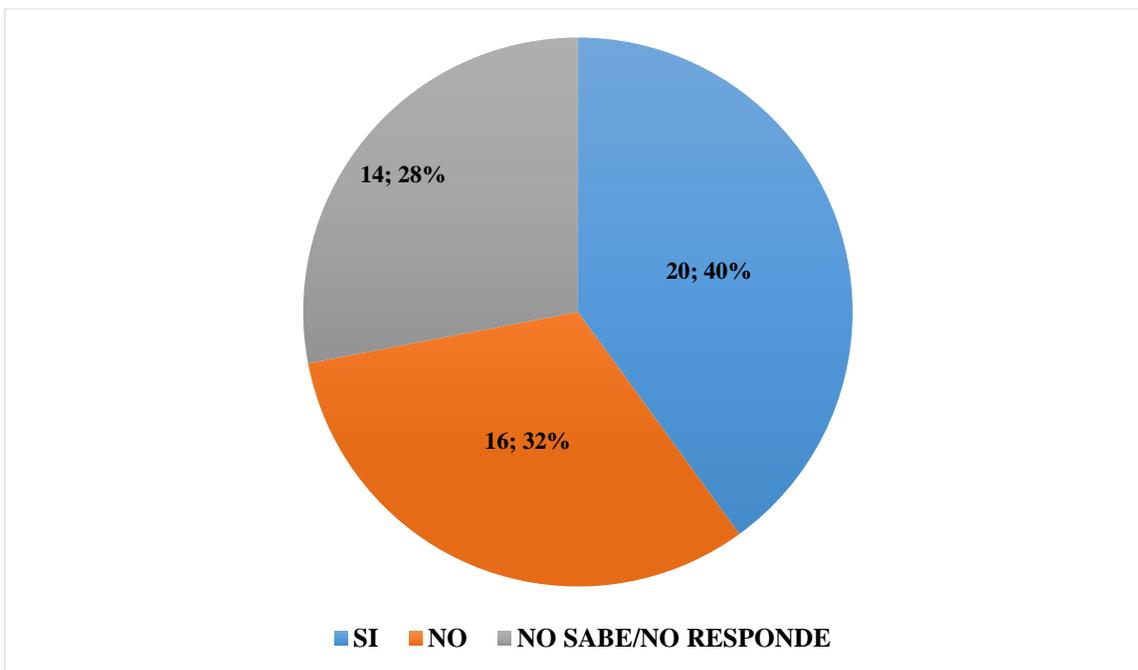


Figura 39. Conoce el cañon San Ignacio como fuente receptora del efluente de las lagunas de oxidación

Fuente. Autor del proyecto

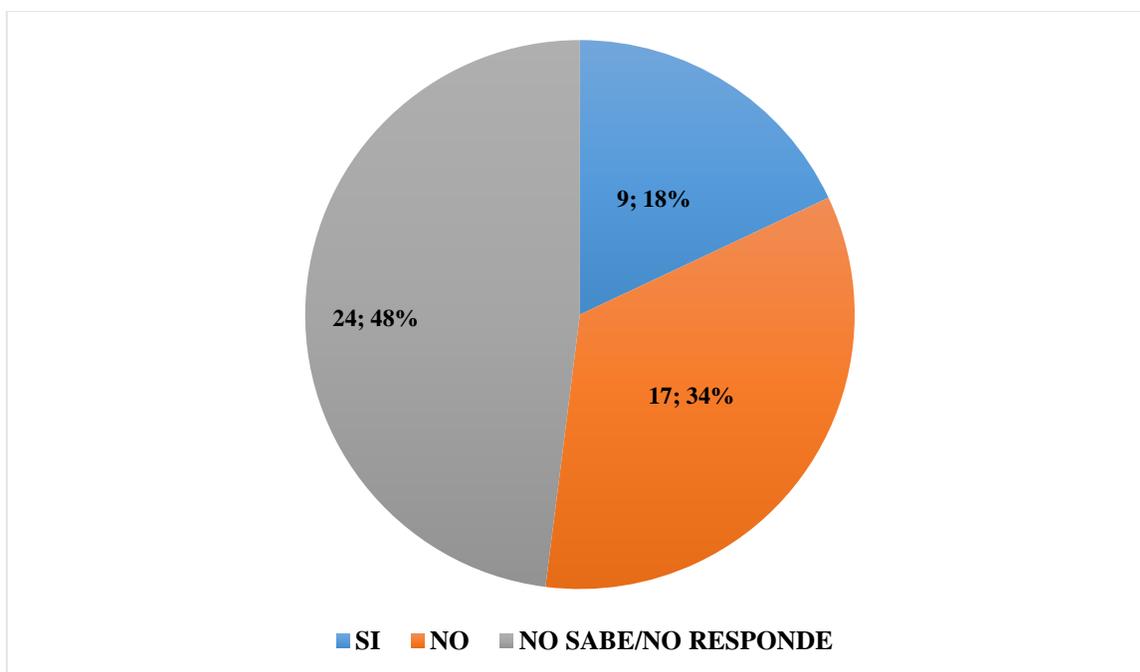


Figura 40. Cree que la alcaldía municipal ha estado involucrada con el mejoramiento del sistema de alcantarillado del municipio

Fuente. Autor del proyecto

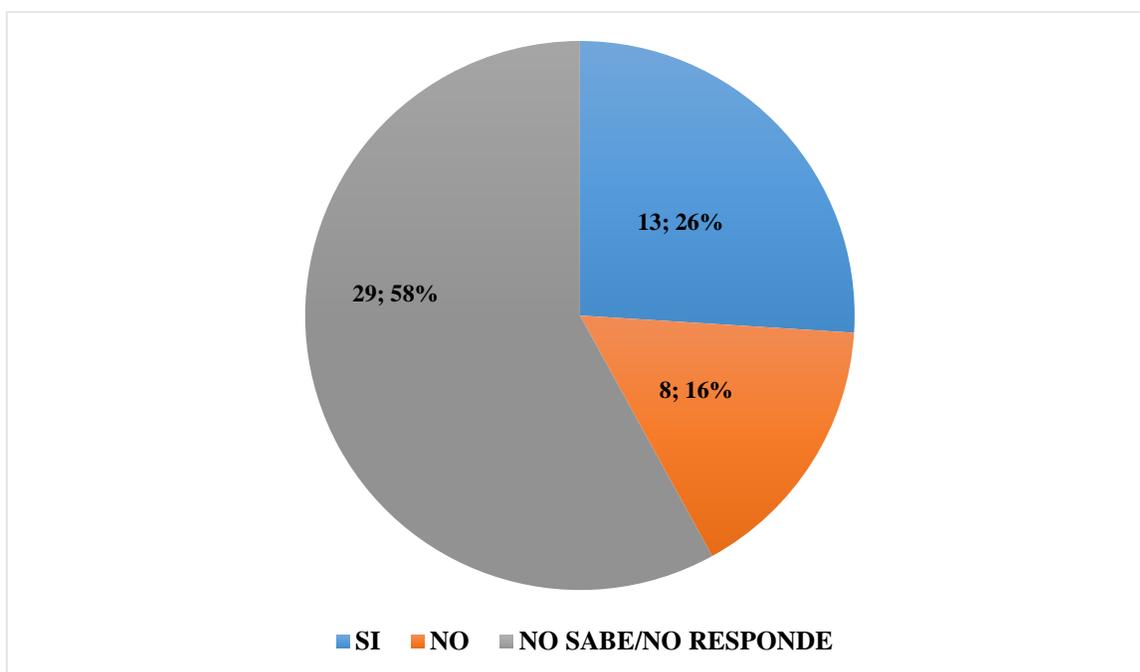


Figura 41. En los últimos años se ha hecho algún recambio de tubería de alcantarillado por parte de la empresa de servicio público del municipio

Fuente. Autor del proyecto

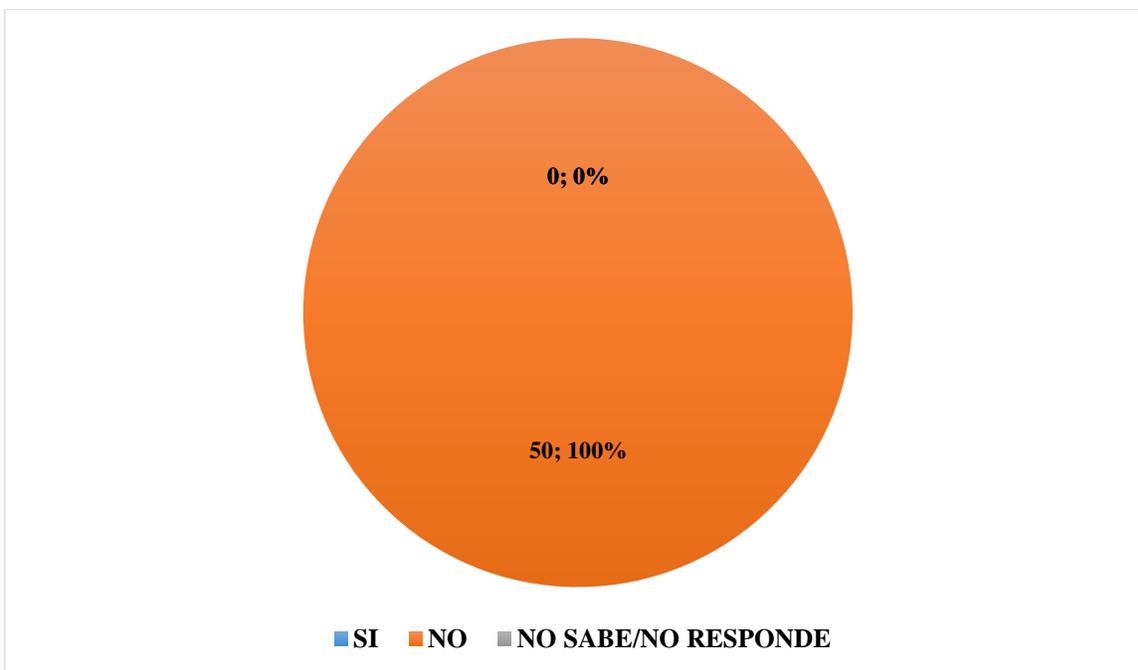


Figura 42. Ha sido capacitado por parte de la empresa de servicios públicos en cuanto al PSMV

Fuente. Autor del proyecto

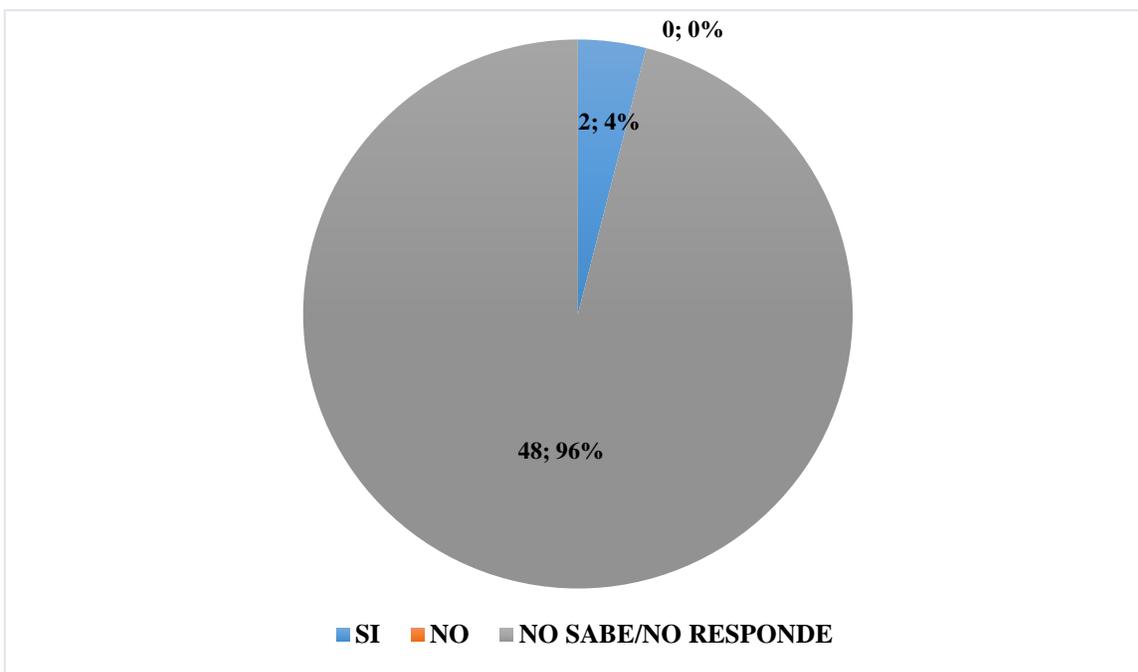


Figura 43. Cree usted que la cobertura del alcantarillado ha mejorado durante los últimos años

Fuente. Autor del proyecto

En la población Urbana. Observamos que la comunidad tiene un poco más de conocimiento sobre los problemas ambientales que generan las lagunas, puesto que casi todos los usuarios están conectados a la red pero desconocen las actividades que la empresa de servicios públicos realiza con el fin de mejorar el sistema.

En la población Rural. Se pudo observar que dicha comunidad no tiene mucho conocimiento sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales, tampoco saben que tipos de actividades se implementan en estas, ni mucho menos que problemas ambientales y a la salud humana ocasionan las lagunas de oxidación, por ende estos no están conectados a la red de alcantarillado sino que a pozos sépticos los cuales visualmente no cumplen con ningún requisito establecido en el RAS.

Los resultados de las encuestas nos muestran varios porcentajes, donde los porcentajes más altos corresponden a desconocimientos y desinformación acerca de esta problemática ambiental que es de mucha importancia para la población del municipio tanto urbana como rural, ya que en las lagunas de oxidación es donde se deben disponer todas las aguas residuales municipales.

Por ende la empresa de servicios públicos debe capacitar a su personal en cuanto al manejo de aguas residuales y en actualizar debidamente el plan de saneamiento y manejo de vertimientos, para luego poder hacer campañas de educación ambiental a la comunidad rural y urbana respectivamente, para que la población se mantenga más al tanto de las actividades que la empresa de servicios públicos realiza constantemente en pro de prestar un mejor y más eficiente servicio.

4.2 Determinar los impactos ambientales generados por las lagunas de oxidación a través de los procesos de remoción de la materia orgánica.

El estudiante de ingeniería ambiental estuvo a cargo de la identificación y depuración de la información para establecer los impactos ambientales generados en cada proceso, para esto se diseñó una matriz la cual identificará por medio de una ponderación dada por el pasante, determinando si el impacto es significativo o no. Además, dentro de la matriz estarán todas las actividades y los servicios que ofrece la empresa ACUACUR E.S.P. Con la información ya clasificada se tendrá en cuenta el impacto que se genera en cada proceso y se tomarán acciones de mitigación, prevención y compensación.

Realizada la matriz para evaluar los impactos ambientales se hizo una lista donde por cada área se verificaba los impactos que se generaban para tener una visión de cómo se iba a evaluar y posteriormente dar una ponderación.

A continuación se nombrará los impactos generados en el proceso:

Tabla 2.
Los diferentes impactos generados

ENTORNO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
AIRE	Calidad del aire	Contaminación atmosférica
	Olores ofensivos	Contaminación atmosférica
SUELO	Propiedades físicas	Contaminación del suelo
	Propiedades químicas	Contaminación del suelo
AGUA	Superficiales	Contaminación del agua
	Subterráneas	Contaminación del agua
MEDIO BIOTICO	Vegetación	Agotamiento de los recursos naturales
	Fauna	Agotamiento de los recursos naturales
	Procesos ecológicos	Agotamiento de los recursos naturales
MEDIO PERCEPTUAL SOCIAL Y ECONOMICO	Incidencia Visual	Contaminación visual
	Economía	Devaluación de los predios
	Salud	Enfermedades respiratorias y de la piel
	Calidad de vida	Necesidades básicas insatisfechas

Fuente. Autor del proyecto

Luego de tener ya los impactos ambientales definidos con su respectiva ponderación y calificación se procedió a realizar la lista de chequeo denominada lista de requisitos legales ambientales con el fin de determinar los requerimientos y obligaciones que tiene la empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P con las entidades de control ambiental a los cuales la empresa debe rendir informes para su normal funcionamiento.

4.3 Matriz subjetiva de evaluación de los impactos ambientales originados en el sistema de tratamientos de aguas residuales.

(STAR)

Tabla 3.

Matriz Subjetiva de evaluación de impactos ambientales

		DEPARTAMENTO DEL CESAR MUNICIPIO DE CURUMANÍ					 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia Vicerrectoría Académica	
Tema: FORMULACIÓN DE ESTRATEGÍAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CURUMANÍ								
Dirigido por: Jean Franco Parra Méndez								
Institución: UNIVERISIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA								
Carrera: INGENIERÍA AMBIENTAL								
Matriz de evaluación de Impactos Ambientales Sistema de Tratamiento de Agua residual (STAR)								
Entorno	Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Tipo de impacto	Probabilidad del impacto	Gravedad del impacto	Significancia	Acciones a tomar	Observaciones
AIRE	Calidad del Aire	Contaminación Atmosférica	Negativo	10	8	80	Barreras vivas corta vientos	
	Olores ofensivos	Contaminación Atmosférica	Negativo	10	8	80	Plantas aromáticas de la Zona	
SUELO	Propiedades físicas	Contaminación del suelo	Negativo	6	8	48	Manejo de materia orgánica como abonos	
	Propiedades Química	Contaminación del Suelo	Negativo	10	6	60	Manejo de la composición química por medio del manejo de abonos orgánicos	
AGUA	Superficiales	Contaminación del Agua	Negativo	10	9	90	Procesos de fitorremediación para descontaminación de aguas	

	Subterráneas	Contaminación del Agua	Negativo	10	9	90	residuales Procesos de fitorremediación para descontaminación	
MEDIO BIOTICO	Vegetación	Agotamiento de los recursos Naturales	Negativo	8	6	48	Procesos de restauración ecológica	
	Fauna	Agotamiento de los recursos naturales	Negativo	5	5	25	Establecimiento de corredores biológicos.	
	Procesos ecológicos	Agotamiento de los recursos naturales	Negativo	7	8	56	Restauración de ecosistemas.	
MEDIO PERCEPTUAL	Incidencia visual	Contaminación visual	Negativo	10	3	30	Evaluación del paisaje visual	
	Economía	Devaluación de predios	Negativo	10	2	20	Indemnización a campesinos	El proceso ya se viene realizando debido a una demanda interpuesta por los habitantes de la vereda San Rafael.
SOCIAL Y ECONÓMICO	Salud y calidad de vida	Enfermedades de piel y respiratorias	Negativo	10	9	90	Capacitaciones, brigadas de salud, apoyo de la E.S. P	La empresa de servicios públicos hasta la fecha ha hecho actividades con las comunidades veredales cercanas las lagunas de estabilización.
		Significancia	Valor Magnitud					
		Significativo	<60 o = 60					
		No significativo	>60					

Fuente. Autor del proyecto

Teniendo en cuenta los impactos evaluados y analizados, se diseñó una matriz de identificación de dichos impactos de tipo subjetiva, esto con el fin de tener una evaluación más efectiva y certera, también se tomó como referencia algunas matrices de evaluación en los diferentes aspectos e impactos ambientales, todo esto para tener un mayor soporte e investigación sobre lo que se está evaluando en el proyecto. Para evaluar los anteriores impactos tuve en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 4.
Probabilidad del impacto ambiental

PROBABILIDAD DEL IMPACTO AMBIENTAL		
PONDERACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
Muy elevada	No hay control y si lo hay se realiza con periodicidad de superior a un año, no hay medidas correctivas	10
Elevada	Hay control una vez al año, hay medidas correctivas parciales.	8 a 9
Moderada	Hay control semestral, hay medidas correctoras pero altamente mejorables	6 a 7
Baja	Hay control mensual, hay medidas correctoras totales pero mejorables.	4 a 5
Muy Baja	Hay control semanal, hay medidas correctoras contrastadas.	2 a 3
Hipotética	Hay control continuo y probabilidad es solo en caso de accidentes.	1

Fuente. Autor del proyecto

Tabla 5.
Gravedad del impacto ambiental

GRAVEDAD DEL IMPACTO AMBIENTAL		
PONDERACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
Muy grave	Se producen daños irreversibles al entorno y/o sobre la salud.	10
Grave	Se producen daños graves al entorno y/o sobre la salud.	8 a 9
Moderación	Se producen daños moderados al entorno y/o sobre la salud.	6 a 7
Leve	Se producen daños leves al entorno y/o sobre la salud.	4 a 5
Muy leve	Se producen daños y ligeras alteraciones al entorno y/o ligeras molestias sobre la salud.	2 a 3
Irrelevante	La gravedad del daño producido es irrelevante hacia el entorno y/o hacia la salud.	1

Fuente. Autor del proyecto

4.4 Formular estrategias que permitan la optimización del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de oxidación de Curumaní – Cesar.

En las medidas encaminadas al mejoramiento del funcionamiento de los STAR se deberá tener en cuenta el buen desempeño en cada una de las secciones de los sistemas; los cuales existen grandes alternativas de solución para garantizar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales y mejorar la situación ambiental que está afectando negativamente en la actualidad, disminuyendo los impactos negativos que dichos procesos generan al medio ambiente.

Manejo de lodos: Se debe hacer medición periódica del espesor de la capa de lodos para determinar los tiempos de remoción, para lo cual se deberá seguir las siguientes indicaciones:

La limpieza de las lagunas facultativas se efectúa una vez que el lodo alcance un tirante promedio de 0,25 m; debe ejecutarse en una laguna a la vez y de ningún modo de manera simultánea en más de dos lagunas en razón de la sobre carga que puede producirse en las lagunas secundarias. El proceso de limpieza se hará de la siguiente manera:

- Suspender la alimentación de aguas residuales a la laguna a ser limpiada mediante la colocación de los correspondientes filtros cada vez más finos con el fin de que se vayan quedando atrapados los sedimentos en dichos filtros esto facilitará aún más la limpieza de los mismos.

- Si se emplease bombeo, ella deberá efectuarse hasta un nivel tal que no permita el retiro de los lodos por bombeo.
- Alcanzado el nivel mínimo de bombeo, retirar la bomba sumergible y dejar que la laguna inicie su proceso natural de secado.
- Durante la etapa de secado natural se formarán pequeños charcos de agua que pueden dar lugar a la proliferación de insectos. Estos charcos deberán fumigarse con plaguicidas para el control de las larvas de insectos
- Una vez que los lodos han alcanzado una consistencia manejable mecánicamente, proceder al retiro de los mismos y disponerlos en losas o lechos de secado, esto teniendo en cuenta el tiempo en el que se de este proceso.
- Una vez que el lodo se ha resquebrajado proceder a su retiro y disponerlo en el relleno sanitario o en los campos de cultivo para su aprovechamiento como mejorador de suelos.
- Concluida la etapa de retiro de lodos y antes del llenado de la laguna, proceder a realizar la inspección de la capa impermeable y a la reparación de los defectos que puedan haberse presentado en la laguna.

Los lodos se pueden manejar por medio de alternativas de producción más limpias esto con el fin de darles un manejo adecuado y que sirva para disminuir costos en cuanto al mantenimiento de estos lodos y también como medidas de mitigación y compensación por las afectaciones que dichos lodos generan.

La producción de lodos en el sistema de tratamiento de aguas residuales puede traer ciertos beneficios teniendo en cuenta el tratamiento o destino final que se les dé. Una de las

principales formas de aprovecharlos es como fuente de energía o mejoradores de suelo, con el fin de beneficiar los procesos que se dan en la agricultura (Limon, 2013).

Como fuentes de energía o como forma de aprovechar los lodos producidos se encuentran el biogás, el cual se obtiene como subproducto en la digestión anaerobia de los lodos producidos en el sistema. También en la digestión anaerobia lo cual es un proceso de estabilización, en el cual se lleva a cabo la destrucción de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno. El uso del biogás como fuente de energía está ganando importancia debido a cambios en la economía por el incremento en el costo de la energía eléctrica, dando una nueva alternativa de producción más limpia de energía para la población (Limon, 2013).

El biogás puede producir alrededor del 50 y 100% de la energía requerida en un tratamiento biológico convencional. Las disposiciones actuales han ocasionado a que este tipo de procesos sea cada vez más rentable. En ámbito del mercado energético es una alternativa muy sustanciosa, el costo de la electricidad, gas natural y combustibles fósiles han aumentado teniendo en cuenta las cantidades de alternativas de energía, esto con el fin de beneficiar el uso de las fuentes de energías renovables. Este tipo de tecnología se ha venido desarrollando para ofrecer varios tipos de alternativas mucho más eficientes y más económicas y que principalmente sean viables de implementar en dichos sistemas de tratamiento o en cualquier otro que lo requiera. La mejoría de los sistemas han permitido que los recursos se estabilicen, con esto, se disminuyen los costos de operación y aplicación. Todo esto con la finalidad que a estos lodos se les dé un manejo adecuado y se otorguen soluciones que ocasionen un impacto menor en el medio ambiente (Limon, 2013).

Se muestra un diagrama del proceso de la generación de energía a través del biogás en el sistema de tratamiento de aguas residuales.



Figura 44. Diagrama del proceso de generación de energía
Fuente: (Limon, 2013)

La producción y características del biogás. La producción de biogás va en función de la destrucción de sólidos suspendidos en el digestor. Ésta es entre 0.8 a 1.1 m³ de biogás por cada kilogramo de sólidos suspendidos depurados. El biogás se presenta por producto de la destrucción anaerobia de la materia orgánica la cual tiene una gravedad específica de aproximadamente 0.86 en relación al aire y contiene entre 45 y 75% en volumen de metano y 25 a 45% de dióxido de carbono. Como se citó en (Water Environment Federation, 1998), (Limon, 2013).

El poder calorífico del biogás varía dependiendo del contenido de metano, teniendo el poder calorífico de éste en 35,800 kJ/m³. No obstante el contenido de hidrógeno afecta el poder calorífico del biogás, el metano es el componente principal del combustible. El alto poder calorífico del biogás varía entre 18,600 y 26,100 kJ/m³, obtiene un promedio de 23,800 kJ/m³. Este poder calorífico corresponde al calor liberado durante la combustión.

Las eficiencias de los motores se basan normalmente en el poder calorífico inferior que posee, que es el poder calorífico del gas cuando no se ha terminado de condensar el vapor de agua que es producido por la combustión. Haciendo una comparación, un biogás que contiene 70% de metano y posee un poder calorífico inferior de 23,800 kJ/m³ y un poder calorífico alto de 26,200 kJ/m³. La eficiencia global estará relacionada con la conversión de la energía química del biogás en energía eléctrica que es normalmente producida entre 38-39%. Como se citó en (Metcalf & Eddy, 2003), (Limon, 2013)

Beneficios que trae la producción del Biogás al ambiente

- Mayor eficiencia en el flujo de energía
- Menos emisiones contaminantes
- No necesita combustible u otros materiales ya que su materia prima o fuente de energía son los lodos generados por el sistema.
- Disminuye los costos se aprovechan gran porción de los lodos que se generan en el proceso y reduce la necesidad de disponer los lodos.

También hay que tener en cuenta que una complicación es que para que el servicio sea eficiente en la producción de energía durante las 24 horas del día, se necesitan grandes cantidades de lodos almacenadas en tanques generadores o reactores y teniendo en cuenta las cantidades de lodos generados, se sabrá a cabalidad cuánto tiempo tardará este proceso de transformación de energía, por ende es recomendable estar conectado a la red eléctrica

del municipio esto como respaldo energético y así respectivamente haya un flujo de energía 24 horas al día.

La energía producida por el biogás si se implementara en el sistema de tratamiento de agua residual del municipio de Curumaní serviría como método de compensación por los impactos ocasionados en el mismo y también puede brindarle una alternativa energética a la población afectada en la zona de influencia del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales.

El proyecto si se llegara a implementar sería presentado al gobierno nacional en cabeza del ministerio de minas y energías el cual es el encargado de estudiar la factibilidad y viabilidad del proyecto, luego de su respectivo análisis y aprobación, por consiguiente se enviará a la gobernación del departamento del cesar con los respectivos recursos, factibilidad y aprobación. Por ultimo sería dirigido al ámbito municipal que será estudiado por parte de la empresa de servicios públicos, planeación municipal con la finalidad de dar a conocer los beneficios de la implementación de esta alternativa energética de producción más limpia a la comunidad de la vereda san Rafael y el barrio Santa Elena que son los afectados directamente por esta problemática.

Aprovechamiento de los lodos en la agricultura. Uno de los beneficios de los diversos usos de los lodos resultantes en el proceso es muy beneficioso por las características físicas, químicas y biológicas que poseen estos lodos producto de la materia orgánica que se produce en las lagunas de oxidación.

Los biosólidos son el producto resultante del tratamiento que se les da a los lodos activados retirados en el sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR).

Estos biosólidos se dan en la incorporación al terreno para abastecerlo de nutrientes y para renovar la materia orgánica del terreno. Los biosólidos se pueden utilizar en terrenos agrícolas, bosques, campos de pastoreo, o en terrenos alterados que necesitan recuperación.

El reciclaje y utilización de los biosólidos a través de la aplicación al terreno tiene varios propósitos. Éstos lodos mejoran las características del suelo, tales como la textura y la capacidad de absorción de agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia de la vegetación a la sequía. También provee nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, incluyendo el nitrógeno y el fósforo, así como algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, el zinc y el cobre. Los cuales pueden servir también como una alternativa o sustituto al menos parcial de los costosos fertilizantes químicos (Limon, 2013).

Los nutrientes contenidos en los biosólidos (orgánicos) ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos gracias a que pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento. Estas formas orgánicas de nutrientes son menos solubles en agua y, por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales.

Una de las propiedades más importantes de los biosólidos que incide en la fertilidad de los suelos es muy importante y juega un papel fundamental porque se manifiesta al

aplicarse junto con los fertilizantes. La acción combinada de varias sustancias químicas las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia por separado. Esta propiedad da por resultado la reducción entre el 15 y el 50% de fertilizante aplicado y se obtiene la misma producción que aplicando sólo fertilizante, como citó en (Crespo, González, Miramontes, & Nuño, 2007) (Limon, 2013).

Existen diversos métodos para la aplicación de biosólidos al terreno. La selección del método depende del tipo de terreno y de la consistencia de los biosólidos. Uno de ellos son los que se pueden inyectar al suelo, con vehículos especializados para esto; o pueden ser aplicados a la superficie del terreno con equipos agrícolas convencionales.

Con la aplicación de los lodos o biosólidos en la agricultura, es muy importante tener en cuenta las necesidades de espacio en la planta de tratamiento, es decir que el sistema tenga el espacio dedicado para tratar estos lodos generados, no obstante estos pueden ser relativamente menores dependiendo del método de estabilización seleccionado y el tipo de suelo y actividades agrícolas en las cuales se vayan a implementar estos lodos.

Aun cuando la aplicación al terreno requiere un capital relativamente menor, se puede necesitar un extenso esfuerzo laboral, por lo que la supervisión es esencial para el éxito del programa. En general, es preferible el uso de un programa de aplicación de los biosólidos en el terreno previamente manejado adecuadamente, todo esto con el fin de buscar una alternativa que pueda mitigar los efectos y reemplazar al uso de fertilizantes convencionales, también es muy beneficioso para los campesinos de la zona ya que les

reduce costos y los suelos que ellos utilizan en sus actividades agrícolas sean altamente nutridos debido a las grandes cantidades biológicas y químicas que poseen estos lodos.



Figura 45. Aplicación de los lodos biosólidos resultantes del STAR.

Autor: (Limon, 2013)

Criterios a tener en cuenta en la aplicación de los biosólidos en la agricultura.

Criterios de diseño. Los biosólidos, las áreas, y las características vegetativas son los factores de diseño más importantes a considerar en la aplicación de los biosólidos a la agricultura.

Los biosólidos deben satisfacer principalmente los requisitos normativos referentes a la estabilización del terreno donde se vayan a aplicar y el contenido de metales contaminantes presentes en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Además, el contenido de nutrientes y las características físicas, tales como el porcentaje de sólidos, son

utilizados para determinar las tasas adecuadas de aplicación para la cosecha que va a ser cultivada y el suelo en el cual será cultivada.

Lo adecuado del terreno es determinado con base en factores tales como características del suelo, la pendiente, áreas habitacionales cercanas, la profundidad del agua subterránea, y la proximidad al agua superficial. Además, existen requisitos para el terreno con el fin proteger aún más la calidad del agua. Algunos ejemplos incluyen:

- El terreno debe ser suficiente para proporcionar áreas sin aplicación alrededor de los cuerpos de agua superficial, de pozos y de humedales.
- Una profundidad máxima de un metro de la superficie teniendo en cuenta el tipo de erosión que posee el suelo a tratar y también se debe aplicar una labranza mínima constante durante un mes aproximadamente para que el suelo pueda activar los componentes que posee y se pueda mezclar con los componentes que se le adiciona.
- Un pH del suelo en el rango de 5.5 a 7.5 para reducir al mínimo el lixiviado de metales y para favorecer al máximo las condiciones de crecimiento de las cosechas.
- Lo adecuado del terreno también está influenciado por las características de las áreas de influencia.

Teniendo en cuenta que en el municipio de curumaní, los suelos son de erosión de tipo pluvial ya que se produce por el desprendimiento y el movimiento de las partículas del suelo delgado causado por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo (Corpocesar, 2011) el tipo de vegetación que se puede cultivar la cual se beneficia en gran magnitud

porque aprovecha todas las características de los lodos adicionados en el terreno son las (gramínea o leguminosa), la cantidad de biosólidos que se aplican en el periodo de aplicación que va ligada con la cantidad de biosólidos que podrían ser aplicados a un terreno es una función de la cantidad de nutrientes requeridos por la vegetación y de la cantidad de metales encontrados en los biosólidos.

La aplicación de los biosólidos al terreno está también limitada a ciertas épocas del año, especialmente y teniendo en cuenta las cantidades de lodos retirados del sistema, por ende el retiro de los mismos se debe hacer en mutuo acuerdo por parte de la empresa de servicios públicos del municipio con el campesinado para que estos puedan aprovechar los lodos retirados y los puedan aplicar en sus prácticas agrícolas, es decir, que estén más relacionada con las temporadas de siembra de los diferentes cultivos. Por lo tanto, es necesario proporcionar una capacidad de almacenamiento que posea el sistema de tratamiento junto con programas de aplicación al terreno.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede lograr una sincronización adecuada por parte de las parte interesadas que son el campesinado y la empresa de servicios públicos del municipio. En los campesinos le ayudan en una mejor producción de sus suelos y cultivos (por ejemplo, antes de la siembra) y también se reducen los costos en la empresa de servicios públicos ya que no tendrá que contratar agentes externos para que le den la respectiva disposición final adecuada y le brinda una alternativa de producción más limpia a dichos lodos con la finalidad de favorecer a los habitantes de la zona de influencia del sistema de tratamiento de aguas residuales principalmente.

La desventaja que posee este proceso es que debe influir mucho en que el estado del tiempo puede interferir con la aplicación. Muchas precipitaciones y con mucha periodicidad pueden hacer imposible que el equipo de aplicación llegue a los campos agrícolas, haciendo necesario el almacenaje de los biosólidos hasta que mejoren las condiciones climatológicas. La condición ideal para la aplicación de los biosólidos es que estos sean acarreados y lo más pronto posible aplicados al suelo, lo cual además debe ser también cercano a la fecha de siembra, Los terrenos de pastoreo y las praderas también son más adaptables a las aplicaciones durante diversas estaciones (Limon, 2013)

A continuación se resume con cuanta frecuencia, cantidad y en qué tipo de cultivos se pueden adicionar los biosólidos producidos o resultantes del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Curumaní – Cesar, teniendo en cuenta los productos que en el municipio se cultivan.

Tabla 7.
Frecuencia de aplicación de los biosólidos.

Tipo de vegetación en terreno agrícola	Periodo	Frecuencia de aplicación	Tasa de aplicación
MAIZ	Cada tres meses calendario	Dos veces por año	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/ton de biosólidos.
PLATANO	Durante todo el año calendario	Anualmente	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/ton de biosólidos.
YUCA	Cada seis meses calendario	Hasta dos veces por año	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/Ton de biosólidos.
PAN COGER	Cada tres meses calendario	Hasta tres veces por año	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/ton de biosólidos.
CITRICOS	Cada seis meses calendario	Anualmente	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/ton de biosólidos.
TERRENO DE PASTOREO	Durante todo el año calendario	Anualmente	Depende de la zona a trabajar en este caso se tendrá en cuenta las ha/ton de biosólidos.

Fuente. Autor del proyecto

Implementación de barreras vivas . La implementación de las barreras vivas en el sistema de tratamiento de aguas residuales juegan un papel muy fundamental ya que sirve para controlar olores y vectores que se dan en el sistema, también nos ayudan a controlar la erosión que el suelo presenta, ya que las especies presentes en las barreras, por sus raíces ayudan a controlar la erosión que se presenta en el suelo por la acumulación de contaminantes que están en constante contacto con el suelo y que por infiltración pueden contaminarlos. Para la implementación de las barreras vivas en un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta varios aspectos como son:

Climatología: La definición de las características climatológicas de una región es importante ya que ayudan a identificar las épocas de siembra, periodos de riesgos de inundaciones y derrumbes, a determinar las especies agronómicas y forestales que pueden ser incorporadas a la región y a planificar el uso adecuado de las cuencas hidrográficas. Los factores climáticos en el municipio están determinados por la topografía, la temperatura, el nivel de precipitación, la humedad relativa, la evaporación y evo transpiración, la radiación solar, y los vientos entre otros (Ecured, 2016)

Topografía: Debido a su posición geográfica Curumaní presenta 2 rasgos característicos: La zona de planicie o llanura inundable, esta variedad fisiográfica oscila entre los 50 y los 200 msnm y la zona montañosa representada por las estribaciones nororiental de la cordillera oriental con elevaciones entre los 200 y 2150 msnm (Alcaldía de curumaní, 2019)

Temperatura: Presenta una temperatura promedio anual de 28°C, con máxima de 39°C y mínima de 22°C, dependiendo del régimen de lluvia anual. Esto permite clasificar la región dentro del piso térmico cálido ardiente (Alcaldía de curumaní, 2019)

Precipitaciones: Se encuentra ubicado en la zona de los Valles de los ríos Cesar y Magdalena, donde la precipitación oscila entre 900 y 1500 mm, y su bajo valor es debido a la acción secante de los vientos Alisios del noreste, que no encuentran obstáculos orográficos en estos sectores. El régimen de lluvias que se presenta en la zona, de acuerdo con los datos pluviométricos es bimodal; es decir, existen dos (2) períodos lluviosos los cuales registran una precipitación media anual de 1.700 mm; y dos (2) períodos secos al año. Los períodos lluviosos ocurren regularmente entre los meses de abril a junio y de agosto a noviembre; el período menos lluvioso tiene lugar en los meses de diciembre a marzo, siendo el más seco enero (Alcaldía de curumaní, 2019)

Propiedades físicas del suelo: Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles. Estas se clasifican en la textura, la estructura, la densidad, y la porosidad (FAO, 2015)

La textura del suelo: Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (FAO, 2015)

Las clases de suelo que posee el municipio de curumaní - cesar son arenosos y arcillosos, según la información suministrada por la oficina de planeación municipal y lo descrito en el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT).

Los suelos arenosos: Se denominan suelos sueltos. Se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y de nutrientes.

Los suelos arcillosos: Se denominan suelos pesados o fuertes. Presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua y de nutrientes (FAO, 2015)

Potencial forestal para implementar en el sistema de barreras vivas. Conociendo ya las especies seleccionadas a emplear en el sistema de barreras vivas las cuales son: Ceiba tolú, limoncillo, eucalipto, caracolí, roble. Ya que son especies endémicas de la zona y por sus composiciones físicas y maderables son óptimos para el sistema de barreras vivas, por consiguiente se optara por describir cada una de las especies a tratar en las barreras para el sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio.

Catálogo de especies

Ceiba pentandra (L.) Gaerth, *Cedreera adórate* y *Clusia multiflora*.

- **Nombre común:** *Ceiba tolú*
- **Nombre científico:** *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth
- **Clasificación científica.**
- **Reino:** *Plantae*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Orden:** *Malvales*
- **Familia:** *Bombacaceae*
- **Género:** *Ceiba*
- **Especie:** *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.
- **Distribución altitudinal:** Crece de 0 a 1000 msnm (Lasso, 2012)
- **Distribución geográfica en Colombia:** En Colombia se encuentra en las partes más secas de la costa Atlántica, y en los cañones de los ríos Patía, Dagua y Chicamocha (Lasso, 2012). Se reporta por el Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira en La Julita. Distribución geográfica en el mundo. Se encuentra en Centroamérica y en la costa norte de Suramérica (Lasso, 2012)
- **Hábitat:** Nace en rastrojos jóvenes o entre cultivos. Es un árbol característico del bosque decíduo, ocasionalmente en el bosque siempre-verde y matorrales densos (Bernal y Correa 1989).

Anacardium excelsum

- **Nombre científico:** *Anacardium excelsum*
- **Nombre común:** *Caracolí*
- **Reino:** *Plantae*
- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Orden:** *Sapindales*
- **Familia:** *Anacardiaceae*
- **Género:** *Anacardium*
- **Especie:** *A. excelsum*
- **Hábitat:** Es común en áreas de suelos profundos de origen aluvial, bien sean de sabanas o de selva, específicamente en los bordes de la misma, ya que en su interior carecería del sol necesario para crecer. Árbol de 20 a 40 m de alto. Copa redondeada y con follaje denso. Tronco recto y cilíndrico, La especie crece a bajas y medianas elevaciones, en bosques secos, húmedos o muy húmedos de todo el país. Común en bosques ribereños a lo largo del curso de los ríos y los riachuelos, se adapta muy bien a suelos aluviales bien drenados. Deja caer parcialmente sus hojas durante la estación seca, pero las repone a inicios de la estación lluviosa. Antes de caer las hojas se tornan amarillas en la copa del árbol (Lasso, 2012)

Swinglea glutinosa

- **Nombre científico:** *Swinglea glutinosa*
- **Nombre común:** *Limon swingla*
- **Reino:** *Plantae*

- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Subclase:** *Rosidae*
- **Orden:** *Sapindales*
- **Familia:** *Rutaceae*
- **Subfamilia:** *Citroideae*
- **Tribu:** *Clauseneae*
- **Género:** *Swinglea Merr.*
- **Especie:** *S. glutinosa*
- **Hábitat:** Es un arbusto, que se encuentra a una altura de 500-1000, 1500-2000 metros en el bosque húmedo pre montano y el bosque seco tropical, Swinglea es un género monotípico de plantas, perteneciente a la familia Rutaceae. Su única especie: Swinglea glutinosa, es originaria de Asia, su fruto de entre 10-12cm NO es comestible (Lasso, 2012)

Quercus robur

- **Nombre científico:** *Quercus robur*
- **Nombre común:** *Roble*
- **Reino:** *Plantae*
- **Subreino:** *Tracheobionta*
- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Subclase:** *Hamamelidae*
- **Orden:** *Fagales*

- **Familia:** *Fagaceae*
- **Género:** *Quercus*
- **Especie:** *Q. robur*
- **Hábitat:** Árbol de copa amplia, tronco leñoso con grietas longitudinales, y hoja caduca. Tronco derecho, corto y muy grueso en los ejemplares aislados, con ramas gruesas y algo tortuosas; corteza grisácea o blanquecina, muy resquebrajada y de tonalidad parduzca en los ejemplares viejos. Hojas grandes, simples, en disposición alterna, con estípulas alargadas que caen pronto; son lampiñas por las dos caras, de color verde intenso por el haz y más pálidas, con los nervios bien marcados, por la cara inferior; su forma es aovada, con peciolo muy corto (2 a 7 mm), con el borde más o menos, profundamente, con lóbulos, suelen medir unos 6 a 12 cm de largo por unos 3 a 6 cm de ancho (Lasso, 2012)

Labores de plantación. Para efectuar la plantación, es necesario definir el número de plantas a establecer por hectárea, el espaciamiento y ordenamiento que tendrá el bosque; lo anterior dependerá del potencial productivo del sitio y del objetivo de la plantación a generar.

La actividad de plantación se debe iniciar una vez ejecutadas todas las labores señaladas anteriormente en el presente manual y tener presente las siguientes recomendaciones:

Se debe procurar que las plantas se distribuyan de manera pareja dentro del sitio, a objeto de efectuar una ocupación eficiente del sitio. La plantación se debe efectuar en la época más adecuada, la cual dependerá del clima presente en la zona, para que las plantas

dispongan de la humedad suficiente para asegurar su establecimiento y desarrollo. A modo de referencia, en la zona donde está el sistema de tratamiento de aguas residuales, es una zona seca por ende es recomendable verificar que el perfil de suelo esté humedecido.

Previo al inicio de las labores de plantación se debe asegurar disponer de todos los implementos y herramientas para su ejecución, esto es: cajas para el transporte de las plantas, elementos para la alineación de la plantación, palas plantadoras o máquinas plantadoras, implementos de seguridad para el personal que realizará las faenas de plantación, esto último la empresa de servicios públicos de curumaní cesar lo puede realizar junto a un profesional con amplio conocimiento en cuanto a las labores de siembra, en apoyo también puede convocar a la alcaldía, a la corporación autónoma y a las instituciones educativas para que puedan colaborar en las labores de la siembra y se logre cumplir a cabalidad la construcción de las barreras vivas alrededor de todo el sistema de tratamiento de las aguas residuales municipal (STAR).

Técnicas de plantación. La elección de la mejor técnica, dependerá del tipo de suelo, de la pendiente, de la cantidad y oportunidad de agua disponible, de la densidad de plantación, del número y tipo de plantas a instalar.

Debido al tipo de suelo ya anteriormente mencionado, la siembra se hará en surcos, es decir separados entre 40 y 50 cm entre cada especie, siendo el limoncillo la especie que estará en el medio del resto de especies, esto debido a la forma en la que crece frondosamente.

Como se había mencionado anteriormente la técnica para la plantación a desarrollar será de manera manual debido a las condiciones del terreno y la disposición de recursos para esta actividad. Al efectuar la técnica de plantación manual, se debe tener especial cuidado en la manipulación y tipo de plantas a utilizar:

A raíz cubierta o contenedor, se debe sacar el contenedor procurando no romper el molde de tierra que contiene las raíces de la planta, colocar la planta en el hoyo de forma recta, en el centro del hoyo y a una profundidad adecuada.

Apisonar la tierra del hoyo de los bordes hacia el centro, sin compactar, dejando un borde en la parte baja para facilitar la captación de agua. A raíz desnuda, la forma de plantación es similar a la de contenedor, pero utilizando un repicador (o una pala plantadora) como ayuda, estirar la raíz de la planta antes de introducir al hoyo, dejar la planta instalada sobre el terreno a nivel del cuello, colocar la planta recta, en el centro del hoyo y a una profundidad adecuada y apisonar la tierra de los bordes hacia el centro y darle un leve jalón (o tirón) para asegurar es estiramiento de la planta.

Las barreras vivas se distribuirán con la finalidad para que cumpla con las técnicas y las labores de plantación anteriormente explicadas, no obstante, para que se dé la dispersión adecuada de los olores ofensivos y vectores que por mucho tiempo han ocasionado problemas a la población de la zona de influencia a las lagunas y también para que se dé un mejoramiento adecuado del paisaje visual.

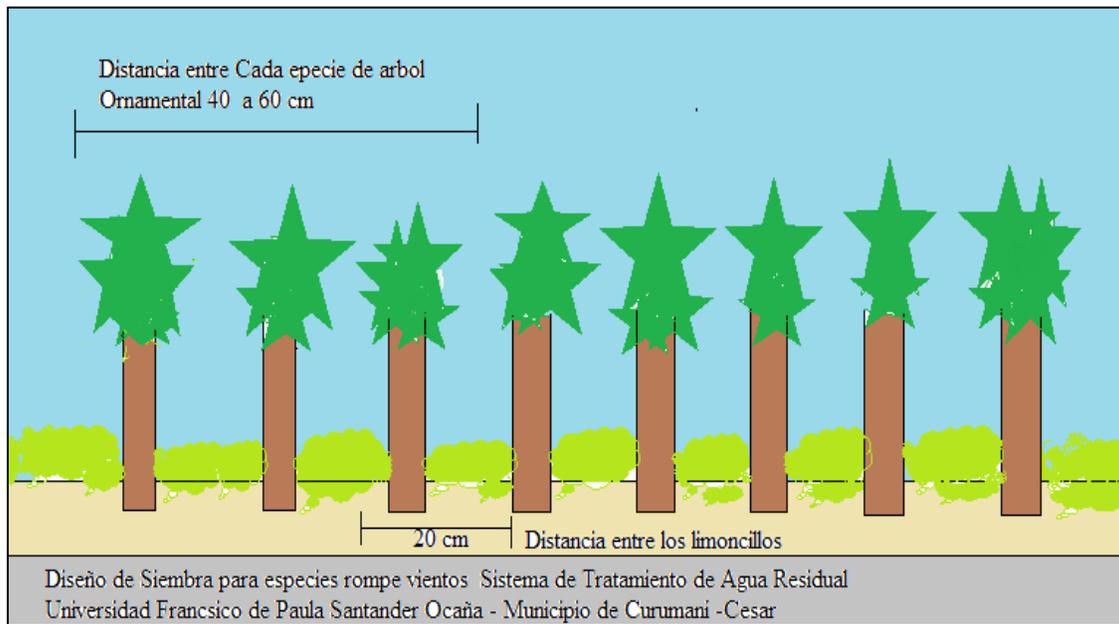


Figura 46. Diseño de siembra para especies rompe vientos

Fuente. Autor del proyecto

5. Conclusiones

Con la culminación de este proyecto se logró el cumplimiento de los objetivos impuestos en el proceso del proyecto, resaltando todas las acciones y medidas propuestas para mejorar y optimizar el rendimiento de las lagunas de oxidación y así generar menos cantidades de contaminantes sobre el caño san Ignacio en el municipio de Curumaní-Cesar.

El estudio demuestra que las deficiencias en el sistema y en la remoción de cargas contaminantes, se deben a acciones mecánicas, físicas del sistema y también al inadecuado manejo y operación de las mismas por sus administradores, hace falta un poco más de compromiso por parte de la empresa de servicios públicos del municipio.

Mediante las encuestas realizadas se logró identificar los principales problemas que el sistema de tratamiento le está ocasionando a la población aledaña, no obstante con los resultados obtenidos se logró plantear las diferentes alternativas para mejorar las condiciones del sistema y de los habitantes del sector. La incorporación de la comunidad en este proyecto fue beneficiosa porque nos ayudó a saber que problemáticas se encontraban en el sitio debido a que ellas llevan muchos años viviendo en la zona. La empresa de servicios públicos de Curumaní debe proyectarse en un futuro el trabajo con las comunidades frente a los temas de educación ambiental y saneamiento básico.

Se comprobó que los porcentajes de remoción en carga de los parámetros DBO, DQO, SST y grasas y aceites cumplen con lo establecido en la resolución 0631 del 2015, pero aplicando las estrategias se puede optimizar de mejor manera.

Se logró evaluar que existe deficiencia de acuerdo al decreto 1076 de 2015, debido a que deben tener un porcentaje de remoción igual o mayor al 80% de remoción de DBO, SST y Grasas y Aceites en el sistema de tratamiento y al mismo tiempo proporcionando un punto de referencia para futuras investigaciones.

La empresa de servicios públicos de Curumaní puede disminuir el cobro de tasa retributiva cumpliendo con cada uno de los programas y medidas técnicas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR). Principalmente realizando la actualización del documento del PSMV, haciendo una caracterización de todos los vertimientos del municipio, los establecimientos que generan aguas residuales no domésticas (ARnD) se le realice un tratamiento preventivo antes de ser vertidos a la red del alcantarillado del municipio.

Se puede minimizar de mejor manera los impactos ambientales generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales partiendo de una línea base de la información obtenida por las comunidades y por lo establecido en el plan de saneamiento y manejo de vertimientos en su nueva actualización.

6. Recomendaciones

Para el adecuado manejo de las aguas residuales generadas por el municipio, las medidas a tener en cuenta por parte de la Empresa de Servicios Públicos de Curumaní - Cesar, son con el fin de que el sistema funcione de manera adecuada y constante, y en la medida que se hagan, se logre optimizar la operación del sistema de tratamiento de agua residual del municipio y las cuales serán presentadas a continuación:

Se debe reducir la generación de residuos líquidos en el origen, esto se debe hacer, exigiéndole a los dueños de establecimientos comerciales como restaurantes, hoteles, moteles, expendios de carnes, entre otros. Para que adopten medidas para mitigar los residuos que estos generan, como primera medida implementar trampas de grasas, ya que ninguno de estos establecimientos cumple con este requisito indispensable para tratar estos residuos líquidos y todo es vertido de manera directa a la red de alcantarillado.

Lo anterior lo debe realizar la empresa de servicios públicos en convenio con los autores involucrados como los son; la alcaldía municipal, la corporación autónoma regional del Cesar, sanidad municipal. Todo esto para lograr una mejor eficiencia en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Curumaní – Cesar. (STAR).

Capacitación constante al personal encargado sobre las condiciones del proceso, seguridad y salud en el trabajo; es importante que los operarios sepan las exigencias en el trabajo y que se espera de ello. La capacitación y compromiso de la empresa, y sobre todo

la participación para el mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) conlleva al buen funcionamiento del sistema mostrando la minimización de los impactos negativos al medio ambiente.

En la estructura de entrada al sistema es necesario realizar la evaluación periódica de la presencia de material sedimentable grueso, para evitar el desbordamiento de agua residual y este mismo material deberá ser dispuesto como un residuo especial.

Reemplazar las rejillas en la sección de Cribado ya que no cumplen con los parámetros de diseño según lo estipula la actualización del RAS 2017 Título E (Tratamiento de aguas residuales) “Se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 3 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente” (Resolución 0330, 2017)

El operador debe evacuar el material retenido en las rejas, esto deberá hacerse periódicamente y antes que el canal afluente alcance el nivel de rebose, esto es indispensable en el sistema y que también haya un monitoreo diario por parte de la empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P. Ya que actualmente en el sistema estas rejillas no existen porque fueron hurtadas por vándalos y al no estar presentes estas rejillas los sólidos más grandes son descargados directamente a las lagunas.

Se debe tener un espacio diseñado para el tratamiento y manejo de los lodos activados ya que actualmente el sistema no lo posee, por ende la disposición final de los lodos activados generados se da manera inadecuada, no hay una incineración, ni producción más limpia, ni algún tipo de alternativa que permita aprovechar dichos lodos.

En cuanto a la producción de energía por el biogás es muy factible y beneficioso porque es una alternativa de producción más limpia en el sistema, que se puede aplicar para el alumbrado de las lagunas y también como sustento energético de las viviendas más cercanas al sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio.

En cuanto a la producción de los lodos para la agricultura la empresa de servicios públicos en cooperación con los entes territoriales, las asociaciones de los campesinos, agricultores y ganaderos pueden trabajar mancomunadamente y así aprovechar dichas alternativas que se le da a los lodos activados ya que esto les ayudaría a nutrir los suelos erosionados, a fortalecer los cultivos debido a los altos índices de minerales que nutren las composiciones del suelo, haciéndolo mucho más productivo, por consiguiente esto sería muy beneficioso para los campesinos que son los principales afectados por las lagunas de oxidación.

La empresa de servicios públicos ACUACUR E.S.P. debe implementar las barreras vivas alrededor de todo el sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que estas barreras vivas van a servir como método mitigador de olores ofensivos y control de vectores que se generan en las lagunas de oxidación y por ultimo brindara un mejor aspecto y embellecimiento paisajístico, la construcción de las barrera viva se puede hacer de la manera anteriormente descrita.

Actualizar con prontitud el plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) del municipio y así mismo implementar las estrategias anteriormente mencionadas, esto con

el fin de mejorar y optimizar de la mejor manera el sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de curumaní.

Referencias

- ACUACUR E.S.P. (2006). *Informe anual de control interno*. Curumaní: ControlInterno.
- Aguirre, N. (2006). Variación nictemeral de la calidad del agua en las lagunas de estabilización en el municipio de la ceja Antioquia. *Revista Facultad de Ingeniería N.o 40*. pp. 22-40. Junio, 2007, 19.
- Alcaldía de Curumaní. (2008). *Plan de Desarrollo municipal 2008 - 2011*. Curumaní: Secretaria de planeación municipal.
- Alcaldía de curumaní. (12 de junio de 2019). *Alcaldia municipal de curumaní cesar*. Obtenido de <http://www.curumani-cesar.gov.co/tema/municipio>
- Andreo, M. (12 de septiembre de 2015). *Enciclopedia Conicet Mendoza* . Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/DBO.htm>
- Artunduaga, O. A. (2006). ALTERNATIVA INNOVADORA DE BAJO COSTO PARA DEPURAR AGUAS RESIDUALES EN PAISES EN VIA DE DESARROLLO. *Revista ambiental Agua, Aire y Suelo*, 8.
- Beltran, R. F. (17 de Julio de 2015). *Sistemas de depuracion natural* . Obtenido de <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/laguna-facultativa-esquema-del-ciclo.html>
- Bermudez, S. (2 de Abril de 2005). *Ingeniero Ambiental*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=838>
- Calderon, R. (17 de julio de 2007). *Laboratorio de quimica del IDEAM*. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm

- Carcamo, C. N. (2018). *Informe mensual suscriptores activos ACUACUR E.S.P.* Curumaní: Empresas de servicios publicos.
- Cardenas, G. (10 de Abril de 2004). *estrucplan*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=742>
- CNA. (1996). Diseño de Lagunas de Estabilización. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas. *Comision Nacional del Agua* .
- Conicet. (21 de octubre de 2018). *Conicet Enciclopedia*. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>
- Conpes 3177. (2002). *Acciones prioritarias y lineamientos para la formulacion del plan nacional de manejo de aguas residuales. 15 julio 2002*. Bogotá: MinVivienda.
- Corpocesar. (2011). *Estudios de suelos* . Valledupar: Corpocesar.
- Correa, G. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización en el municipio de santa Fé de Antioquia. *Producción + Limpia - Julio - Diciembre de 2012. Vol.7, No.2 - 36•51*, 16.
- Cristo, A. (21 de octubre de 2018). *Aguamarket*. Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2389>
- Decreto 1076 . (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único. 26 de myo 2015*. Bogotá: MinAmbiente.
- Decreto 1594. (1984). *Usos del agua y residuos líquidos. 26 junio 1984* . Bogotá: Miniagricultura.
- Decreto 2811 . (1974). *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección. 18 diceimrbe de 1974*. Bogotá: Minambiente.

Decreto 3100 . (2003). *Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. 30 octubre 2003.* Bogotá: MinAmbiente.

Decreto 3930. (2010). *Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.* Bogotá: MinAmbiente.

Decreto 609 . (1998). *por el cual se declara como de conveniencia nacional la creación de un municipio. 31 marzo de 1998.* Bogotá: MiniObras.

Decreto 901. (1997). *Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales. 1 abril de 1997 .* Bogotá: MinAmbiente.

Ecured. (23 de Febrero de 2016). *Ecured.* Obtenido de <https://www.ecured.cu/Climatolog%C3%ADa>

Ecured. (23 de octubre de 2018). *Ecured.* Obtenido de https://www.ecured.cu/Investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica

Espinoza, A. (16 de Julio de 2016). *Mejoramiento ambiental.* Obtenido de <http://mejoramientoambiental.com/que-es-un-sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Esquivel, M. (23 de agosto de 2009). *Cuido el agua.* Obtenido de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/aguasresiduales.html>

Eumed. (21 de octubre de 2018). *Eumed enciclopedia virtual.* Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/solidos-suspendidos-agua.html>

- FAO. (23 de Febrero de 2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Feria, J. (2013). TRATAMIENTO DE LODOS DE FONDO DE LAGUNAS FACULTATIVAS CON ESTABILIZACIÓN EN CONDICIONES DE LABORATORIOS. *Revista EIA, ISSN 1794-1237 / Año XI / Volumen 11 / Edición N. 21*, 10.
- Gaitan, F. (5 de Agosto de 2012). *Lagunas Facultativas*. Obtenido de <http://lagunasfacultativas.blogspot.com/>
- Gil, J. (23 de septiembre de 2016). *Universidad de Guayaquil* . Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12883>
- Gomez, E. G. (1993). Tratamiento anaerobio de la aguas residuales domesticas. *Revista de ingeniería* , 1-12.
- Gonzales. (2018). *Tratamiento del agua*. bogota: escuela colombiana.
- Gonzales, M. (12 de Marzo de 2017). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <http://www.tratamientodelagua.com.mx/lagunas-de-oxidacion-que-son/>
- Guerrero, J. P. (22 de mayo de 2013). *Aguas Residuales* . Obtenido de <http://aguasresidualesd.blogspot.com/2013/05/que-es-vertimiento-es-cualquier.html>
- Guzmán, N. (2003). *Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales*. San Juan sacatepéquez: universidad san carlos guatemala.
- Hernandez, C. (2000). *Lagunas de estabilización*. Colombia: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Hurtado, J. (2010). *Metodología de la investigación* . caracas: Quiron Ediciones.

- Ideam. (28 de diciembre de 2007). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+d e+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- Investigacion. (22 de octubre de 2018). *Investigacion es todo*. Obtenido de <https://investigacionestodo.wordpress.com/2012/05/19/clases-y-tipos-de-investigacion-cientifica/>
- Lasso, C. (2012). Biota colombiana . En C. Lasso, *Biota colombiana* (págs. 1-258). Bogota : Assistance - Design.
- Ley 9. (1979). *por la cual se dictan Medidas Sanitarias. 24 de enero de 1979*. Bogotá: Minisalud.
- Limon, J. (2013). *LOS LODOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* . Guadalajara : UDG.
- Martinez, A. (13 de noviembre de 2003). *universidad de san carlos guatemala* . Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0097_MT.pdf
- Mendez , C. (2009). *Lagunas Diseño y Operación*. La Habana: Researchgate.
- Mendonca, S. R. (2000). *Sistemas de Laguna de estabilización*. Brasil: McGraw Hill.
- Mercado, A. (21 de Octubre de 2013). *AquaKnow*. Obtenido de https://aquaknow.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/3.lagunas_de_estabilizacion_0.pdf
- Middlebrooks. (21 de Octubre de 2003). *Lagunas de estabilización*. Obtenido de <http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/estabilizacion.PDF>
- Ministerio de Medio Ambiente. (27 de diciembre de 2004). *Min Ambiente*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/6f-res_1433_2004.pdf

Ministerio de medio ambiente. (2014). *Plan nacional de aguas residuales en colombia*. bogota: ministerio de medio ambiente.

Ministerio de medio ambiente. (2015). *Decreto 1076 del 2015*. Bogota: Ministerio de ambiente.

Ministerio de medio ambiente. (21 de octubre de 2018). *Ministerio de medio ambiente*.
Obtenido de
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1434-plantilla->

Municipio de curumaní, P. (2011). *PSMV*. Curumaní: AlcaldiaCurumani.

Navarro, F. (26 de septiembre de 2018). *Construmatica*. Obtenido de
https://www.construmatica.com/construpedia/Laguna_Anaer%C3%B3bica

Oakley, S. M. (2005). *Lagunas de estabilización de Honduras*. Honduras : Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID,).

Pachecho, E. (2015). *Metodología mixta: su aplicación en México en el campo de la demografía*. . Ciudad de Mexico: Estudios Demográficos y Urbanos.

Pallares, S. (2015). *vertimientos puntuales en el rio san ignacio*. Curumani Cesar: ministerio de medio ambiente.

Pineda, J. (26 de septiembre de 2018). *Aguamarket*. Obtenido de
<http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3005>

Pitarch, J. L. (2010). *RECONVERSIÓN DE LAGUNAS Y SU ADAPTACIÓN A LAS MODERNAS TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO DE AGUA*. España: ACODAL Asociacion Colombiana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental.

Ramos, M. (21 de septiembre de 2013). *Universidad tecnica de manabi*. Obtenido de
<http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/137>

- Resolución 0330. (2017). *Reglamento técnico – RAS*. Bogota: Min vivienda.
- Resolución 631. (2015). *Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. 17 marzo 2015*. Bogotá: MinAmbiente.
- Resolucion 1433. (2004). *Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones*. Bogotá: MinAmbiente.
- Restrepo, G. (2008). *Evaluacion y Monitoreo de lagunas de estabilizacion*. Medellin: ministerio de medio ambiente.
- Restrepo, G. C. (2008). *Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de santa fé de antioquia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Rojas , J. (2005). *Lagunas de estabilización de Agua residual*. Bogotá: E. Colombiana de Ingeniería.
- Rojas, R. (2002). Gestion integral de tratamiento de aguas residuales. *Sistemas de tratamientos de aguas residuales* (págs. 1-19). Cali: CEPIS/OPS-OMS.
- Toapanta, M. I. (16 de enero de 2013). *ESPOL*. Obtenido de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE S.doc](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE%20S.doc)
- Toscano, J. (2014). *DISEÑO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* . Quito: Editorial UCE.
- Vasquez, F. (2002). *LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*. México: Limusa .
- Yanez, F. (1971). *Lagunas de estabilización* . Lima: CEPIS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Apéndices

Apéndice A. Encuesta para los habitantes del área de influencia de la laguna de oxidación del municipio de Curumaní – Cesar

 <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO DEL CESAR MUNICIPIO DE CURUMANÍ SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>  <p style="text-align: right;">Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilada Mineducación</p>				
Tema: DISEÑO DE ESTRATEGÍAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CURUMANÍ				
<p>Encuestador: Jean Franco Parra Méndez Institución: UNIVERISIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA Carrera: INGENIERÍA AMBIENTAL Fecha: 15/Abril/2019</p>				
La siguiente encuesta consta de 13 preguntas referentes a los temas de PSMV y lagunas de oxidación para la población perteneciente al área de influencia de las lagunas.				
Marque con una (X) la casilla de “SÍ” o “NO” teniendo en cuenta las siguientes preguntas a realizársele.	SÍ	NO	NO SABE/ NO RESPODE	OBSERVACIONES
1. ¿Sabe o conoce el término de laguna de oxidación?	X			
2. ¿Se ha visto afectado en algún momento por vivir cerca de la laguna de oxidación?	X			
3. ¿Cree que las lagunas de oxidación generan problemas ambientales?	X			
4. ¿Ha presentado problemas de salud en los últimos 5 años a causa de vivir cerca de las lagunas?			X	
5. ¿Ha sido bueno el mantenimiento de las lagunas de oxidación por parte de la empresa de servicios públicos del municipio?		X		

6. ¿Cuenta con el servicio de alcantarillado?	X			
7. ¿tiene pozo séptico?		X		
8. ¿Hasta la fecha ha presentado olores ofensivos cerca de su casa?	X			
9. ¿Conoce el caño San Ignacio como fuente receptora del efluente de las lagunas de oxidación?			X	
10. ¿Cree que la alcaldía municipal ha estado involucrada con el mejoramiento del sistema de alcantarillado del municipio?	X			
11. ¿En los últimos años se ha hecho algún recambio de tubería de alcantarillado por parte de la empresa de servicio público del municipio?	X			
12. ¿Ha sido capacitado por parte de la empresa de servicios públicos en cuanto al PSMV?		X		
13. ¿Cree usted que la cobertura del alcantarillado ha mejorado durante los últimos años?	X			

Fuente. Autor del proyecto

Apéndice B. Resultados de las muestras del laboratorio en la salida del sistema.



Laboratorio Nancy Flórez García S.A.S
Confiable en toda prueba
NPI: 626 DOR 5588-0



IDEAM
INSTITUTO DE AGUAS
RESERVAS Y
EFLUENTOS AMBIENTALES

COD: RD-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
N° 22990

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO DEL MUNICIPIO DE CURUMANI ACUACUR E.S.P
 DIRECCIÓN : Cr 16 N° 7-32
 CONTACTO : NEXON LOPEZ
 CARGO : TECNICO EN LABORATORIO
 NIT : 800239720
 CIUDAD : CURUMANI
 TELEFONO : 3003867734

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA RESIDUAL DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : LAGUNA DE OXIDACION
 PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S
 CODIGO : 190346750
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A
 HORA MUESTRA : 17:30
 MUESTREO : 2019/03/19
 RECEPCION : 2019/03/20
 INICIO ENSAYOS : 2019/03/20
 FINAL ENSAYOS : 2019/04/03
 INFORME : 2019/04/04

Fisicoquímico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	2019/03/20	90,00	45,4
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2019/03/20	180,00	96,4
Grasa y Aceites mg/L (A)	SM 5320 B - Partición líquida - líquido	10,0	2019/03/20	20,00	<10,0
Nitrato mg NO3/L (A)	J Rodier, 3ra Ed. 1998 - Fotométrico	0,500	2019/03/20	Análisis y Reporte	<0,500
Nitrito mg NO2/L (A)	SM 4500-NO2 B - Fotométrico	0,020	2019/03/20	Análisis y Reporte	0,050
Nitrógeno Total Kjeldahl mg N/L (A)	SM 4500-Norg B / SM 4500-NH3 B,C - Volumétrico	2,00	2019/03/20	Análisis y Reporte	33,1
pH (25,1 °C) U de pH	SM 4500-pH B - Electrométrica	-	2019/03/20	6,00 a 9,00	7,93
Sólidos Suspensivos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2019/03/20	90,00	47,4
Sólidos Totales mg/L (A)	SM 2540 B - Gravimétrico	10,0	2019/03/20	N.R.	370
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrico	-	2019/03/20	40,00 °C	26,1

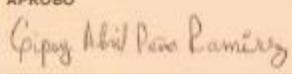
Microbiológico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Coliformas totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato enzimático multicolor	1	2019/03/20	N.R.	375,4x10 ⁴
Echeantia coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato enzimático multicolor	1	2019/03/20	N.R.	31,8x10 ⁴

Especificación: RESOLUCIÓN 9631 DEL 2815 ART 6 (CARGA MENOR O IGUAL A 625,90 litros DBO5) - (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE)

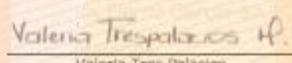
NOTA :
 Muestra tomada y traída al laboratorio por el cliente.
 La muestra cumple con los parámetros de la especificación.

N.A.: No Aplica N.S.: No Suministrado N.R.: Parametro no requerido por la especificación
 (A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
 Todo resultado del laboratorio está respaldado por una muestra que verifica su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución No. 1458 del 12 de julio de 2011, Resolución de Renovación - Extensión No. 1027 del 29 de julio de 2014, Resolución de Extensión No 1525 del 23 de junio de 2017, Resolución de Extensión No. 0099 del 9 de enero de 2018.

APROBÓ



GIPSY PEÑA
TP: PQ-06476
Jefe Fisicoquímica



Valeria Tres Palacios
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Fuente: Laboratorio Nancy Flórez.

Apéndice C. Resultados de las muestras del laboratorio en la entrada del sistema.

Laboratorio Nancy Flórez García S.A.S
Confiable y todo prueba
Nº 604 DOR 698-C

IDEAM
INSTITUTO VENEZOLANO
DE INVESTIGACIONES
ECONÓMICAS

COD: RO-104 Ver: 06 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
Nº 22989

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASFO DEL MUNICIPIO DE CURUMANI ACUACUR E.S.P
DIRECCIÓN : CY 16 N° 7-32 NIT : 800239720
CONTACTO : NEXON LOPEZ CIUDAD : CURUMANI
CARGO : TECNICO EN LABORATORIO TELEFONO : 3003867731

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA RESIDUAL DOMESTICA HORA MUESTRA : 17:30
LUGAR DE MUESTREO : LAGUNA DE OXIDACION MUESTREO : 2019/03/19
PUNTO DE MUESTREO : ENTRADA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO RECEPCION : 2019/03/20
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE CODIGO : 190346752 INICIO ENSAYOS : 2019/03/20
PLAN DE MUESTREO : N.S LOTE : N.A FINAL ENSAYOS : 2019/04/03
PROC. DE MUESTREO : N.S REGISTRO INVIMA : N.A INFORME : 2019/04/04

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B / STA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	2019/03/20	146
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2019/03/20	189
Grasas y Aceites mg/L (A)	SM 5520 B - Partición líquido - líquido	10,0	2019/03/27	<10,0
Nitratos mg NO3/L (A)	J Rodier, 3m Ed. 1996 - Fotométrico	0,566	2019/03/20	<0,506
Nitrosos mg NO2/L (A)	SM 4500-NO2 B - Fotométrico	0,020	2019/03/20	<0,020
Nitrógeno Total Kjeldahl mg N/L (A)	SM 4500-Norg B / SM 4500-NH3 B,C - Volumétrico	2,00	2019/03/29	46,9
pH (25,5 °C) U de pH	SM 4505-H+ B - Electrométrico	-	2019/03/20	7,64
Sólidos Suspensivos Totales mg/L (A)	SM 2540 D - Gravimétrico	5,00	2019/03/23	61,0
Sólidos Totales mg/L (A)	SM 2540 B - Gravimétrico	10,0	2019/03/23	740
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrico	-	2019/03/20	25,6
Microbiológico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Coliformes totales NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato antimético multibanda	1	2019/03/20	1046,2x10 ⁵
Enterococos coli NMP/100 mL (A)	SM 9223 B - Sustrato antimético multibanda	1	2019/03/20	461,1x10 ⁵

NOTA :
Muestra tomada y tratada en laboratorio por el cliente.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indique que el Laboratorio Subcontratado no le ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM según Resolución No. 1855 del 12 de julio de 2011. Resolución de Renovación - Extensión No. 1927 del 29 de julio de 2014. Resolución de Extensión No. 1326 del 23 de junio de 2017. Resolución de Extensión No. 0099 del 9 de enero de 2018.

APROBÓ

Gipsy Abel Peña Ramírez
GIPSY PEÑA
TP: PQ-06475
Jefe Fisicoquímica

Valeria Tres Palacios H.
Valeria Tres Palacios
Jefe de Microbiología

Fin de Informe

Fuente: Laboratorio Nancy Flórez.

Apéndice D. Registros Fotográficos

