

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): NELSON ORLANDO APELLIDOS: MARTÍNEZ ARTUNDUAGA

NOMBRE(S): LEONARD JOSÉ APELLIDOS: ALBARRACÍN SANABRIA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JUAN CARLOS APELLIDOS: SAYAGO ORTEGA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTUDIO Y PROPUESTA DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE RAGONVALIA, NORTE DE SANTANDER

Este proyecto presenta las características específicas de clima y relieve del municipio de Ragonvalia, cantidad de usuarios del sistema de acueducto y alcantarillado de la zona urbana, así como los incrementos en 25 años por el método geométrico de proyección de población. Recopilando información de una muestra de 249 usuarios del sistema de alcantarillado y los estudios realizados en los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV), se observan las características del servicio de captación y conducción de las aguas residuales, así como las principales cargas contaminantes presentes en las mismas. Con lo cual, se proyecta una serie de estrategias que permiten disminuir las cargas contaminantes en las fuentes hídricas que reciben estas descargas de aguas contaminadas y se plantea el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de determinar el impacto positivo que genera en la zona urbana municipal.

PALABRAS CLAVES: Agua residual, alcantarillado, PTAR, Laguna Facultativa,

RAS.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 136 PLANOS: ILUSTRACIONES: 35 CD ROOM:

**Copia No Controlada

ESTUDIO Y PROPUESTA DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO DE LAS AGUAS RESIDUALES
PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE RAGONVALIA, NORTE DE
SANTANDER

NELSON ORLANDO MARTÍNEZ ARTUNDUAGA
LEONARD JOSÉ ALBARRACÍN SANABRIA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ESTUDIO Y PROPUESTA DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO DE LAS AGUAS RESIDUALES
PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE RAGONVALIA, NORTE DE
SANTANDER

NELSON ORLANDO MARTÍNEZ ARTUNDUAGA
LEONARD JOSÉ ALBARRACÍN SANABRIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil

Director: Ing. Juan Carlos Sayago Ortega

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 31 DE MARZO DE 2022 **HORA:** 8:00 a. m.

LUGAR: SALA SC – 302 UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: “ESTUDIO Y PROPUESTA DEL TRATAMIENTO OPTIMO DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE RAGONVALIA, NORTE DE SANTANDER”.

JURADOS: PhD. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO
ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES

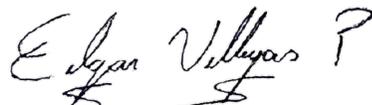
DIRECTOR: INGENIERO JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
LEONARD JOSE ALBARRACIN SANABRIA	1113617	4,0	CUATRO, CERO
NELSON ORLANDO MARTINEZ ARTUNDUAGA	1111917	4,0	CUATRO, CERO

A P R O B A D A



PhD. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO



ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES

Vo. Bo.



JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por el don de la sabiduría, ya que nos ayudó a superar todas las adversidades que se nos presentó durante este proceso y poder lograr nuestras metas y objetivos propuestos.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional para lograr superarnos cada día y continuar cumpliendo nuestras metas y objetivos.

Al Ingeniero Juan Carlos Sayago Ortega, por sus aportes, consejos y conocimientos para la elaboración del proyecto con éxito.

Al ingeniero Carlos Flórez, por creer en la idea principal del proyecto y su apoyo en la fase inicial del mismo.

A nuestros compañeros y amistades, por su apoyo y motivación en la realización del proyecto.

A la administración municipal de Ragonvalia y en especial a la Unidad de Servicios Públicos, por la información requerida para poder lograr los objetivos propuestos en este proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a nuestras familias, que cada día contamos con su ayuda y motivación para poder culminar nuestros estudios y a las personas que estuvieron apoyándonos en todo camino de nuestros estudios de pregrado.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	16
1. Descripción del Problema	18
1.1. Título	18
1.2. Planteamiento del Problema	18
1.3. Formulación del Problema	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.5. Justificación	20
1.6. Alcances y Limitaciones	21
1.6.1 Alcances	21
1.6.2 Limitaciones	21
2. Marco Referencial	23
2.1. Antecedentes y Estado del Arte	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.1.3. Antecedentes Regionales	25
2.2. Marco Teórico	26

2.2.1.	Generalidades	26
2.2.2.	Características del Agua Potable o Agua para consumo Humano	27
2.2.3.	¿Qué son las Aguas Residuales?	29
2.2.4.	Tipos de Aguas Residuales	34
2.2.5.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	35
2.3.	Marco Conceptual	41
2.4.	Marco Contextual	43
2.4.1.	Ubicación Geográfica	45
2.4.2.	Composición Administrativa	46
2.4.3.	Composición Política	46
2.4.4.	Equipamientos Municipales	47
2.4.5.	Hidrología	47
2.4.6.	Clima	48
2.5.	Marco Legal	49
3.	Diseño Metodológico	51
3.1.	Tipo de Investigación	51
3.2.	Población y Muestra	51
3.2.1.	Población	51
3.2.2.	Muestra	51
3.3.	Instrumentos para la Recolección de Datos	52

3.3.1.	Fuentes Primarias	52
3.3.2.	Fuentes Secundarias	52
3.4.	Fases y Actividades Específicas del Proyecto	53
4.	Metodología	54
4.1.	Fase Inicial del Proyecto	54
4.2.	Análisis de Datos	55
4.3.	Presentación de Resultados	55
5.	Resultados	58
5.1.	Encuesta	58
5.2.	Estudios del Vertimiento y de la Fuente Receptora de las AR	63
5.3.	Proyección Poblacional	69
5.3.1.	Método Aritmético	69
5.3.2.	Método Geométrico	70
5.3.3.	Método Exponencial	71
5.4.	Proyección de Caudales	73
5.4.1.	Caudal de Dotación	73
5.4.2.	Demanda	75
6.	Estrategias y Propuesta de Tratamiento para las Aguas Residuales	82
6.1.	Estrategias para Disminuir la Carga Contaminante de las AR	82
6.2.	Propuesta de Tratamiento de las AR	85

6.2.1.	Tipo de Tratamiento	85
6.2.2.	Propuesta de Localización de la PTAR	89
6.2.3.	Información Disponible para el Proceso de Diseño	93
6.2.4.	Producción de Aguas Residuales	95
6.2.5.	Carga Orgánica de las Aguas Residuales	96
6.2.6.	Modelo de Yáñez Lasso (CEPIS)	97
7.	Conclusiones	102
8.	Recomendaciones	104
9.	Referencias Bibliográficas	105
	Anexos	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Fangos Activados	38
Figura 2. Diagrama de Operación Típico de un Filtro Percolador	39
Figura 3. Esquema Básico del Proceso de Tratamientos Anaerobios	40
Figura 4. Ubicación del Municipio de Ragonvalia	45
Figura 5. Mapa Político del Municipio de Ragonvalia	46
Figura 6. Resumen de Datos Meteorológicos	48
Figura 7. Resumen de Datos de Dirección del Viento	49
Figura 8. Fases del Proyecto	53
Figura 9. Resultados: Sistema de Recolección de Aguas Residuales en Viviendas	58
Figura 10. Resultados: Tipo de Vivienda	59
Figura 11. Resultados: Uso de Vivienda	59
Figura 12. Resultados: Personas que Habitan las Viviendas	60
Figura 13. Resultados: Personas que Visitan las Viviendas	60
Figura 14. Resultados: Frecuencia de Visitas	61
Figura 15. Resultados: Suministro de Agua a las Viviendas	61
Figura 16. Resultados: Frecuencia de Suministro de Agua	62
Figura 17. Resultados: Conducción de Aguas Pluviales	63
Figura 18. Puntos de la toma de muestra en el vertimiento, aguas arriba y aguas abajo de la fuente receptora.	64

Figura 19. Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.	64
Figura 20. Demanda Química de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.	65
Figura 21. Sólidos Suspendidos Totales de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.	66
Figura 21. Comparativa de Datos de la Proyección de Población	73
Figura 23. Red de Alcantarillado Municipal de la Zona Urbana del Municipio de Ragonvalia	83
Figura 24. Posibles Zonas de Niveles Inferiores a la Red de Alcantarillado Municipal	84
Figura 25. Diferentes Configuraciones de Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales por Lagunajes.	89
Figura 26. Propuesta de Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Zona Urbana del Municipio de Ragonvalia.	90
Figura 27. Detalle del Terreno Propuesto como Alternativa de Ubicación de la PTAR	91
Figura 28. Demarcación de la Zona de Expansión Urbana del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.	91
Figura 29. Mapa de Zonas de Riesgo o Susceptibles a la Erosión, Vereda la Alhambra, Zona Rural del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.	92
Figura 30. Mapa de Uso de Suelo. Vereda La Alhambra, Zona Rural del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.	93

Figura 31. Temperatura Promedio de las Aguas Residuales en el Punto de Vertimiento.	94
Figura 32. Tanque de Medición de Evaporación, Estación Meteorológica Manual (IDEAM). Ubicación: Cabecera Municipal de Ragonvalia, Norte de Santander.	95
Figura 33. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Vista en Planta	100
Figura 34. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Vista en Perfil Transversal y Longitudinal	101
Figura 35. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Detalle de Talud	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Físicas del Agua Potable	28
Tabla 2. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la Salud Humana del Agua Potable	28
Tabla 3. Características Microbiológicas del Agua Potable	29
Tabla 4. Características Físicas de las Aguas Residuales	31
Tabla 5. Características Químicas Inorgánicas (1/2)	32
Tabla 6. Características Químicas Inorgánicas (2/2)	33
Tabla 7. Características Químicas Orgánicas	34
Tabla 8. Parámetros Fisicoquímicos y sus Valores Límites Máximos Permisibles en los Vertimientos Puntuales de Aguas Residuales Domésticas	67
Tabla 9. Cumplimiento de Límites Máximos Permitidos según la Resolución 631 de 2015, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible	68
Tabla 10. Proyección de la Población mediante el Método Geométrico	71
Tabla 11. Proyección de la Población mediante el Método Exponencial	72
Tabla 12. Proyección Total Proyectada por los Diferentes Métodos	72
Tabla 13 Dotación Neta Máxima por Habitante según la Altura sobre el Nivel del Mar de la Zona Atendida.	74
Tabla 14. Caudales Sistema de Acueducto para un Periodo de 25 años	76
Tabla 15. Contribuciones de Aguas Residuales No Domésticas	77

Tabla 16. Caudales proyectados en el Sistema de Alcantarillado de la Zona Urbana	80
Tabla 17. Caudales de Aporte de Aguas Residuales Actual y Proyectado en la Zona Urbana Municipal de Ragonvalia	81
Tabla 18. Rangos de Eficiencia en los Procesos de Tratamiento	85
Tabla 19. Distancias Mínimas para la Localización de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales con relación a otra Infraestructura	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de Información del Alcantarillado, dirigida a los Usuarios del Acueducto del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander	111
Anexo 2. Informes de Caracterización de las Aguas Residuales del Municipio de Ragonvalia.	113
Anexo 3. Población Total Proyectada por los Diferentes Métodos Recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.	124
Anexo 4. Caudales del Sistema de Acueducto para un Periodo de Diseño de 25 años	125
Anexo 5. Valores Promedios de los Parámetros Analizados en y las Aguas Residuales del Municipio de Ragonvalia.	126
Anexo 6. Caudales proyectados por año en el Sistema de Alcantarillado de la Zona Urbana	129
Anexo 7. Informe Geotécnico Cancha Sintética C.I.C. Ragonvalia	131

Introducción

La oferta hídrica es la porción de agua que después de haberse precipitado sobre una cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales (IDEAM, 2004). Con base en lo anterior, podemos afirmar que dicha oferta hídrica corresponde a su vez al volumen de agua disponible para el uso de una población en actividades económicas y sociales como la agricultura, ganadería, uso doméstico entre muchos otros.

En el traslado de las aguas por cuerpos como quebradas o ríos, el líquido puede verse contaminado por agentes externos como bacterias, minerales presentes en el suelo, el aire y en mayor medida por disposiciones de residuos producto actividades antrópicas (Lizarazo Becerra & Orjuela Gutiérrez, 2013).

Previo al uso de este recurso natural en las necesidades de una población, el agua debe cumplir con unas características físicas y químicas mínimas que permitan garantizar un uso y/o consumo seguro por el ser humano. Dichos aspectos se establecen por la autoridad ambiental competente y se avalan por normas a nivel regional y nacional tales como la resolución 2115 del 22 de junio del 2007, de la república de Colombia.

Los tratamientos que se realizan para la potabilización del agua también se encuentran enmarcados en una serie de procesos que al concluir dan cumplimiento a las exigencias de las autoridades ambientales. Luego del uso del recurso hídrico se presenta una contaminación producto de las actividades en las cuales se emplea, generando lo conocido como aguas residuales.

El proceso de tratamiento de aguas residuales es una medida tomada con el fin de disminuir la contaminación presente en dichas aguas, el cual consiste en un conjunto de procesos

en serie que se encargan de eliminar la mayor cantidad de contaminantes tanto sólidos de gran tamaño como contaminantes orgánicos (Souza , 1997). Los procesos se clasifican como físicos, químicos y biológicos, los cuales tienen fines determinados y proporcionan una disminución notoria de los agentes contaminantes al finalizarlos (Tchobanoglous & Crites, 2000).

La muestra utilizada en el proyecto es la zona urbana del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander, en la cual se encontró que se genera diariamente una descarga de aguas residuales sin tratar, las cuales desembocan a la quebrada Rascadora, afluente del río Táchira, causando así una contaminación considerable y evitando el uso doméstico en poblaciones aguas abajo.

Este estudio planteó analizar la calidad del agua y elaborar una propuesta del tratamiento óptimo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Ragonvalia departamento Norte de Santander.

1. Descripción del Problema

1.1. Título

Estudio y propuesta del tratamiento óptimo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander.

1.2. Planteamiento del Problema

El recurso hídrico es vital para la existencia de la humanidad y los ecosistemas, da origen a la vida y ayuda a que la misma prevalezca, y al igual que los demás recursos, el hombre no limita su uso, este instinto egoísta se refleja en la contaminación y el cambio climático actual, lo que en consecuencia crea difícil acceso al agua potable y eventualmente se refleja en pobreza, hambre y enfermedades. En este orden de ideas, la calidad del agua es un factor determinante que influye significativamente en las condiciones en que puede desarrollarse y sobrevivir una comunidad. Además, otro factor a tener en cuenta es el aprovechamiento del recurso, ya que, aunque se renueva a través del ciclo hidrológico, sigue siendo vulnerable, por lo que el uso consciente y el no desperdicio son aspectos que hay que tener en cuenta y con los cuales generar estrategias de protección y uso responsable del agua. Por lo que el objetivo de este estudio es el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales donde a través de un tratamiento biológico se reduzca la contaminación del fluido y este pueda seguir teniendo un uso seguro aguas abajo.

El proceso de tratamiento de aguas residuales en el territorio colombiano es poco común, en este caso, en el casco urbano del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander, no se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que carecen de un manejo y disposición adecuada de los caudales presentes en el alcantarillado municipal, desembocando en afluentes del río Táchira; río principal de la microcuenca con su mismo nombre, impidiendo el uso de este

recurso a las poblaciones que se encuentran ubicadas aguas abajo de dicha desembocadura, por tal razón, se hace preciso realizar un estudio y proyectar una propuesta para el tratamiento óptimo de las aguas residuales en el casco urbano del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander en pro de mejorar la calidad del agua de la quebrada Rascadora, afluente directo del río Táchira, y así disminuir en gran medida la contaminación que se produce al pasar por el acueducto y alcantarillado de la cabecera municipal de Ragonvalia.

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el tratamiento óptimo de aguas residuales para el área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Plantear un tratamiento óptimo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los factores que inciden en la generación de las aguas residuales en el área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander.
- Analizar los factores identificados de mayor incidencia en la contaminación de las aguas residuales en el área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander.
- Proponer estrategias para disminuir las cargas contaminantes en las aguas residuales que se vierten a los recursos hídricos y un sistema para el tratamiento óptimo de las aguas residuales generadas en el área urbana del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

1.5. Justificación

Para que sea posible la vida en general, además de muchos factores, se hace necesaria e indispensable la disponibilidad de recursos naturales, de los cuales el hombre, principalmente, a través de la historia de la humanidad, se ha venido aprovechando y gracias a la explotación y uso de los mismos, pudo dar paso a la evolución y al desarrollo que se ve actualmente. Los recursos son valorizados de maneras diferentes, está el caso de los minerales y de los combustibles fósiles, en los que hay un interés económico bastante elevado, pero que la extracción de los mismos afecta otros recursos a los que no se les da la misma importancia, como es el caso del agua, un recurso vital para la existencia y un tesoro para los que no pueden acceder a ella.

A razón de lo anterior, cabe resaltar que el recurso hidráulico es de los más importantes y sin él, la vida no es posible, la protección y el uso adecuado del mismo debe hacer parte de la cultura ciudadana, ya que está presente en el desarrollo social y económico de las poblaciones; cada centro poblado requiere una demanda hídrica para satisfacer necesidades básicas de la comunidad, por lo que, con obras ingenieriles como acueductos y alcantarillados se busca organizar y distribuir de una manera eficiente los servicios, para que luego de ser utilizados sean devueltos a los ríos, resaltando que en esta última etapa del proceso el agua lleva una carga contaminante bastante significativa. Dentro de las estrategias para proteger este recurso está la de no contaminarlo, no desperdiciarlo y aprovecharlo en lo posible, a raíz de esta filosofía es que se hace necesario este estudio, donde el objetivo fue diseñar una planta de tratamiento de agua potable para el área urbana del municipio de Ragonvalia, y con esto limpiar el fluido que luego es depositado en la cuenca hídrica.

Los municipios de Ábrego, La Playa, Los Patios, Gramalote, Lourdes, Ocaña, San Cayetano, Santiago, Silos, Tibú y Toledo del departamento de Norte de Santander, cuentan con

sistemas de tratamiento de aguas residuales. (Contraloría general del departamento Norte de Santander, 2019). Por consiguiente, el 72.5% de los municipios no cuenta con un sistema de tratamiento, estableciendo que en el departamento Norte de Santander el tratamiento de agua residual doméstica vertida en sus diferentes ríos y quebradas, es muy bajo, por lo que las fuentes hídricas como los ríos Pamplonita, Zulia y Táchira, se caracterizan por contener altos contaminantes orgánicos. Como es el caso del municipio de Ragonvalia, siendo las aguas residuales contaminadas en su mayoría con elementos sólidos orgánicos e inorgánicos, se convierte en una contaminación ambiental severa que afecta en gran medida la calidad del agua de la quebrada o río a la cual se hace disposición.

Con el fin de mitigar dicha contaminación, y mejorar la calidad del agua de la quebrada receptora del caudal de salida del alcantarillado municipal, se realiza el estudio y presenta una propuesta para el tratamiento óptimo de aguas residuales del municipio.

1.6. Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

El presente proyecto de grado está encaminado a la elaboración de un estudio para presentar una propuesta de un tratamiento óptimo de aguas residuales del casco urbano del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander y que a su vez se sirva como insumo a la alcaldía municipal en la formulación de un proyecto de inversión para una futura puesta en funcionamiento.

1.6.2 Limitaciones

La limitación presentada en el proyecto es la poca información de los resultados de las muestras realizadas a las aguas residuales generadas en el sistema de alcantarillado como

seguimiento al plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) en los años más alejados del presente por causa de su pérdida o desconocimiento.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes y Estado del Arte

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Lalaleo Camino, 2015). *Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica*. (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.). Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Química. Con la investigación se pretende realizar la optimización de la planta de tratamiento de agua residual de la empresa ya que consta de un sistema de lodos activado al cual se añadió bacterias a este efluente. Con los parámetros estudiados se recomendó a la Empresa Bioalimentar, implementar las rejillas, el tanque de Floculación- Coagulación, para el manejo y control de la contaminación de los efluentes líquidos que son descargados a la sequía aledaña. Aportando a nuestro proyecto un ejemplo del proceso que se pretende diseñar con este proyecto y una estimación de sus resultados finales.

(Bermeo Garay, 2016). *Tratamiento de aguas residuales: técnicas convencionales*. Libro de texto dirigido tanto a catedráticos como a estudiantes de pregrado de ingeniería civil, ingeniería ambiental y afines. Reuniendo en su contenido todo el proceso de tratamiento de aguas residuales desde su etapa preliminar, y pasando por los procesos primarios, secundarios y avanzados. Aportando a nuestro proyecto todo lo que implica los tratamientos de agua desde la etapa preliminar, los tratamientos primarios, los secundarios y los avanzados.

(Miranda, Ubaque, & Pinzón, 2015). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento, 19(46), 149-164. En este artículo los autores hicieron un programa químico para la evaluación de fluidos a tres temperaturas diferentes, de esta manera conocer su sensibilidad a este parámetro y

la energía de mezcla en la coagulación y la floculación. Tras los análisis se determinó el programa químico y las características operacionales para el tratamiento físico-químico con PAC, obteniendo una remoción de más de 93% para la materia suspendida y de 96% para hidrocarburos totales para el par coagulante/floculante seleccionado. Aporta información sobre los procesos de flotación por aire disuelto que han demostrado ser eficientes y muy útiles para remover hidrocarburos y materia suspendida en una gran variedad de aguas residuales.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Lizarazo Becerra & Orjuela Gutiérrez, 2013). Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. *Monografía para optar al título de Especialización en Administración en Salud Pública*. En este documento las autoras exponen el alto índice de contaminación y probabilidad de contagio de virus y enfermedades al disponer de las aguas residuales en cuerpos hídricos que puedan estar en contacto con personas y/o animales. De igual manera se menciona una falencia en el cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado. Aportando la necesidad de realizar un proceso de tratamiento de aguas residuales y mitigar el impacto ambiental negativo a las poblaciones cercanas a la fuente receptora de dichas Aguas.

(Sayago & Sayago, 2011). *Estimación de la confiabilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan con lagunas de estabilización en la cuenca alta y media del Río Bogotá*. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, (10), 55-64. La cual define las probabilidades de que el sistema de tratamiento cumpla con los vertimientos establecidos en la normatividad vigente. Y por medio de análisis de datos obtenidos de las diferentes plantas de tratamiento, pueden determinar cuáles realizan un proceso más eficiente, permitiendo así modificar corregir las falencias presentes en las demás PTAR. Aportando la identificación de un

objetivo específico en el proceso de diseño de las plantas de tratamiento de agua potables basadas en sistemas de lagunas de estabilización.

(González Manosalva, Mejía Ruiz, & Molina Pérez, 2012). *Diseño conceptual de una estación experimental de tratamiento de aguas residuales domesticas orientada a municipios con población menor a 30.000 habitantes*. En el artículo se pretende realizar un diseño que integra seis esquemas de tratamiento interconectados, incluyendo sistemas convencionales y no convencionales, con disposición final del efluente a un cuerpo de agua o infiltración lenta en el terreno, cumpliendo con la norma vigente en Colombia. La propuesta plantea, proveer la capacitación de operarios, estudios de operación y optimización de plantas de tratamiento de aguas residuales para municipios menores de 30.000 habitantes y su correspondiente transferencia tecnológica. Aportando varios esquemas que podemos estudiar para poder dar una de las mejores viabilidades en la optimización de las aguas residuales del municipio de Ragonvalia, ya que presenta una población menos a 30.000 habitantes.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Contraloría General del Departamento Norte de Santander. (2019). *Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente*. Este informe nos muestra la confiabilidad y el parámetro objetivo de cada depuradora, ilustra el estado actual de tratamiento de las aguas residuales en los diferentes municipios del departamento Norte de Santander. Aportando al proyecto una estadística de los municipios del departamento que no presentan tratamientos en las aguas residuales, dando la necesidad de poder realizar los tratamientos para reducir la contaminación de las aguas de la región.

Fandiño Piamonte, H. S. (2017). *Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de la esperanza departamento Norte de Santander en Colombia*.

Trabajo de grado para optar al título de ingeniería ambiental en la modalidad de pasantía. El proyecto pretende evaluar diferentes tecnologías de tratamiento en función de las condiciones de las cargas contaminantes en el agua que tiene el municipio de La Esperanza. Al final proponen un diseño teniendo como desventaja de que se encuentra al aire libre, donde se presentaría olores por causa de las aguas residuales. Y aportando para el proyecto un modelo de estudio de las aguas residuales y tipos de solución dada.

Quijano Parra, A., Castillo, C., & Meléndez Gélvez, I. (2015). *Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia*. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 18(1), 13-20. Este artículo se realizó para determinar la genotoxicidad y la mutagenicidad. En el estudio se encontró que las aguas de desecho de la curtiembre Tasajero inducen daño al ADN en linfocitos humanos; de igual manera, se halló que estas aguas también inducen un incremento en la mutagenicidad en la cepa TA98. Aportando a nuestro proyecto la importancia del tratamiento de las aguas, ya que inciden a la salud de los habitantes.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Generalidades

El agua, mediante su ciclo de aprovechamiento para el uso de una comunidad tiene diferentes nombres basados en su pureza y los tratamientos a los cuales se somete para mejorar sus características. Según la resolución 0330 del 2017, se tiene que el agua cruda, sea el nombre que recibe al no haberse sometido a ningún proceso de tratamiento para su potabilización. Por otra parte, el agua potable o apta para el consumo humano, es aquella que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas en las condiciones señaladas por el decreto 1575 del 2007 y demás normas que la reglamenten, además, el depósito o curso de agua

superficial o subterráneas que se utiliza para suministrar agua a una población se conocerá como fuente de abastecimiento.

2.2.2. Características del Agua Potable o Agua para consumo Humano

El gobierno de Colombia, a través de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD) y las demás empresas o entidades que prestan el servicio público de acueducto en el país tienen obligaciones que según el artículo nueve (9) del decreto 1575 del 2007, por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Dicta lo siguiente: “los prestadores del servicio público de acueducto en el país son responsables del control de la calidad del agua que se suministra a sus usuarios a través de las redes de distribución”. Es por esto que dentro de las redes de distribución de los acueductos municipales se establecen puntos de muestreo, con el fin de realizar un análisis de la calidad del agua, los cuales se reportan al sistema único de información (SUI) con el fin de realizar inspecciones de vigilancia y control por parte de la SSPD.

La siguiente información fue tomada de la resolución 2115 del 21 de julio del 2007 de la normatividad colombiana, donde se detallan las diferentes características que se deben cumplir para denominar el agua como potable o como apta para el consumo humano.

Características Físicas. Las principales características físicas de las aguas residuales son el color, olor, porcentaje de sólidos suspendidos o turbidez (Rojas, 2002). El agua potable o agua para el consumo humano no podrá sobrepasar los valores consignados en la Tabla 1.

Tabla 1.*Características Físicas del Agua Potable*

Características Físicas	Expresadas como	Valor Máximo Aceptable
Color aparente	Unidades en Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Nota. Recuperado de: Resolución 2115 del 21 de julio del 2007 del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible el día 03 de Julio de 2021. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf

Características Químicas. El potencial de hidrógeno (PH) debe estar comprendido entre 6.5 y 9.0 para considerarse apta para ser sometida a un proceso de potabilización. Acción que se realiza en las plantas de tratamiento de aguas potables (PTAP) (Eddy, Tchobanoglous, & Burton, 2002). Dentro de las características químicas del agua, se puede observar que algunos elementos, compuestos o mezclas químicas en el líquido, al ser ingeridos, pueden tener implicaciones adversas sobre la salud humana, esto dependiendo de la cantidad presente de los mismos en miligramos por litro de agua, los cuales ya están identificados y establecidos en la Tabla 2 teniendo así un valor máximo aceptable para que esté apta para el consumo.

Tabla 2.*Características Químicas que tienen implicaciones sobre la Salud Humana del Agua Potable*

Elementos, compuestos químicos y mezcla de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂	0,1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F	1,0

Nota. Recuperado de: Resolución 2115 del 21 de julio del 2007 del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible el día 03 de Julio de 2021. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf

Características Microbiológicas. Los valores máximos aceptables para considerar agua como apta para el consumo humano se muestran en la Tabla 3, teniendo en cuenta que estos límites de confianza serán del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 unidad formadora de colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra.

Tabla 3.

Características Microbiológicas del Agua Potable

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Nota. Recuperado de: Resolución 2115 del 21 de julio del 2007 del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible el día 03 de Julio de 2021. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf

2.2.3. ¿Qué son las Aguas Residuales?

Se conocen como aguas residuales (AR), todos aquellos líquidos que han sido usados por el ser humano en procesos industriales, domésticos, comerciales y de servicios. Comúnmente se habla de aguas negras (aquellas que contienen materia fecal) y de aguas grises que son las provienen del uso doméstico (por ejemplo, las producidas en la cocina o en los procesos de limpieza). Las AR quedan cargadas de una serie de contaminantes que pueden afectar al ambiente y en particular a la salud pública (Organización mundial de la salud (OMS), 1974).

La unidad de servicios públicos de Ragonvalia (USP) en cumplimiento con las exigencias del instituto departamental de salud de Norte de Santander, realiza análisis de la calidad del agua

antes de ser utilizada por la comunidad en sus actividades domésticas, comerciales y agrícolas. Al concluir el uso de las aguas potables y tratadas, se evidencia un alto contenido de materias y organismos contaminantes, lo cual da origen a lo que se conoce como aguas residuales (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017). Siendo dispuestas en un cuerpo de agua y causando un alto impacto en la contaminación ambiental de la zona.

Por esta razón se realizó el estudio y con ello se presenta una propuesta del tratamiento óptimo de las aguas residuales que, su objetivo principal es lograr que los efluentes de los procesos domésticos e industriales sean dispuestos sin peligro para la salud humana y sin mayor daño para el ambiente natural mejorando positivamente la calidad de agua de la fuente receptora (Gomes, 2009).

Características de las Aguas Residuales. Según el libro de Bermeo Garay, M.

Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales, las aguas residuales, dado su origen, presentan en su composición diferentes elementos que se pueden resumir como:

- Componentes suspendidos
 - Gruesos (inorgánicos y orgánicos)
 - Finos (inorgánicos y orgánicos)
- Componentes disueltos
 - Inorgánicos
 - Orgánicos

Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas, las cuales deben ser determinadas para aplicar un tratamiento específico.

Características Físicas. Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta (Tabla 4). Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad (Da Cámara, Hernández, Paz, & Gómez, 2014).

Tabla 4.

Características Físicas de las Aguas Residuales

Análisis comunes usados para estimar los constituyentes encontrados en las aguas residuales		
Prueba	Abreviatura / Definición	Uso o significado del resultado
Características físicas		
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u procesos más apropiados para su tratamiento
Sólidos volátiles totales	SVT	
Sólidos fijos totales	SFT	Estimar la reutilización potencial del agua residual
Sólidos suspendidos totales	SST	
Sólidos suspendidos volátiles	SSV	
Sólidos suspendidos fijos	SSF	
Sólidos disueltos totales	SDT (ST-SST)	
Sólidos disueltos volátiles	SDV	
Sólidos disueltos fijos totales	SDF	
Sólidos sedimentables		Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico
Distribución de partículas por tamaño	DPT	Evaluar el desempeño de los procesos de tratamiento
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad del agua residual tratada
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la calidad del agua residual (fresca o séptica)
Transmitancia	%T	Estimar si el efluente tratado es apropiado para desinfección con radiación UV
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema
Temperatura	°C u °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos
Densidad	ρ	Estimar si el efluente tratado es apto para su uso agrícola
Conductividad	CE	

Nota. Recuperado de: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones (Tchobanoglous & Crites, 2000) el día 03 de Julio de 2021.

<https://es.scribd.com/document/517694528/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones>

Características Químicas: Inorgánicas. El porcentaje de concentración de todos los elementos inorgánicos que se encuentran en las aguas residuales condiciona el uso de las mismas, se muestra en la Tabla 5 y 6. Dentro de la materia inorgánica del agua residual sin tratar, el contenido de sustancias minerales disueltas viene determinando por el contenido correspondiente del agua de abastecimiento público y por el aumento producido durante la utilización del agua para uso doméstico (Mujeriego Sahuquillo, 1989).

Tabla 5.

Características Químicas Inorgánicas (1/2)

Características Químicas Inorgánicas		
Amonio libre	NH_4^+	
Nitrógeno orgánico	N-org	
Nitrógeno toral Kjeldahl	NTK ($\text{N org} + \text{NH}_4^+$)	Usado como medida de nutrientes y para establecer el grado de descomposición del agua residual; las formas oxidadas pueden tomarse como una medida del grado de oxidación. Usado como medida de nutrientes
Nitritos	NO_2^-	
Nitratos	NO_3^-	
Fosforo inorgánico	P inorg	
Fosforo Total	FT	
Fosforo orgánico	P org	
pH	$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+]$	Medida de la acidez o basicidad de una solución acuosa
Alcalinidad	$\Sigma \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^-$	Medida de la capacidad amortiguadora del agua residual
Cloruros	Cl^-	Evaluar la posibilidad de ser empleada en uso agrícola
Solubilidad	SO_4^{2-}	Estimar la formación potencial de olores y de tratamiento apropiado de lodos residuales

Nota. Recuperado de: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones (Tchobanoglous & Crites, 2000) el día 03 de Julio de 2021.

<https://es.scribd.com/document/517694528/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones>

Tabla 6.*Características Químicas Inorgánicas (2/2)*

Prueba	Actividad / Definición	Uso o significado del resultado
Metales	As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn	Estimar la posibilidad de reutilizar el agua residual y los posibles efectos tóxicos en el tratamiento. Las cantidades de metales son importantes en el tratamiento biológico
Compuestos y elementos inorgánicos especiales		Evaluar la presencia o ausencia de un constituyente específico
Gases	O ₂ , CO ₂ , NH ₄ , H ₂ S, CH ₄	Presencia o ausencia de un gas específico

Nota. Recuperado de: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones (Tchobanoglous & Crites, 2000) el día 03 de Julio de 2021.

<https://es.scribd.com/document/517694528/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones>

Características Químicas: Orgánicas. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno. La composición del residuo orgánico de un agua residual depende de su naturaleza y origen, no obstante, se puede afirmar que típicamente el material orgánico del agua residual está compuesto por proteínas (40 – 60 %), hidratos de carbono (25-50%), y un (10%) de grasas y aceites tal como se muestra en la Tabla 7. Otros compuestos orgánicos con importante presencia en las aguas residuales urbanas es la urea, principal constituyente de la orina. Sin embargo, debido a su velocidad de descomposición, la urea raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes (Eddy, Tchobanoglous, & Burton, 2002).

Tabla 7.*Características Químicas Orgánicas*

Características Químicas Orgánicas		
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno a cinco días	DBOC ₅	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno ultima	DBOU	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda de oxígeno nitrogenácea	(DBO ₅ U) DON	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar biológicamente el nitrógeno amoniacal de un agua residual o nitratos
Demanda química de oxígeno	DQO	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba DBO
Carbono orgánico total	COT	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba DBO
Compuestos y clases de compuestos orgánicos específicos		Determinar la presencia de compuestos orgánicos específicos y estimar la necesidad de medidas especiales en el diseño para su remisión

Nota. Recuperado de: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones (Tchobanoglous & Crites, 2000) el día 03 de Julio de 2021.

<https://es.scribd.com/document/517694528/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones>

Características Microbiológicas. Las aguas residuales contienen una gran variedad de microorganismos: virus, bacterias, hongos y nematodos. Se estima que hay alrededor de 5 millones de especies de microorganismos en el medioambiente, de los cuales menos del 5% han sido catalogados, de los cuales 3500 son bacterias, 90000 son hongos, 100000 son protistas y 4000 son virus (cloete & Muyima, 1997).

2.2.4. Tipos de Aguas Residuales

Según el autor Bermeo Garay, M. las aguas residuales, según su origen pueden ser calificadas de la siguiente manera:

- Domésticas o urbanas
- Industriales

- Agropecuarias
- De origen incontrolado (vertidos ilegales, infiltraciones)
- Pluviales

En este proyecto, se analizaron las aguas residuales domésticas, con un pequeño aporte conocido como conexiones herradas (CH), compuesto por aguas de infiltración y aguas pluviales.

2.2.5. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Es una instalación en la cual se reciben las aguas residuales provenientes de un proceso de aprovechamiento o uso en las actividades humanas, en la cual se les retiran los contaminantes, para hacer agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano, por no tener las condiciones adecuadas (Arboleda Valencia, 2000).

2.2.5.1. Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales

Tratamientos preliminares

Es la primera parte de todo el proceso que se al que se deben someter las AR sin importar el tipo de PTAR. Este tratamiento se encarga de separar sólidos de gran tamaño y grasas. Las aguas residuales pueden venir con desechos muy grandes y voluminosos que no pueden llegar a las plantas de tratamiento y sirven de igual manera para aumentar la efectividad de estos procesos. Para estos procesos son utilizados las rejillas, los tamices y los micros filtros (Lalaleo Camino, 2015).

Rejillas. Estas se utilizan para retener todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, aireadores, etc. Se utilizan solamente en los desbastes previos, y sirven para que los desechos no dañen las máquinas (Fair, 1973).

Microfiltros. Los micro filtros son planillas giratorias plásticas o de acero por las cuales circula el agua y recogen los desechos y las basuras en su interior, los micro filtros tiene sistemas de lavado y así puedan mantener las mallas limpias. Dependiendo de la aplicación que tengan se selecciona el tamaño de las mallas para una mejor captación de sólidos (Fair, 1973).

Tamices. Los tamices, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm. Tienen una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la malla. Necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida, para lograr su función en el proceso (Fair, 1973).

Tratamientos Primarios

Sedimentación. Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

Flotación. Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así

como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

Coagulación – Floculación. Consiste en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas muy pequeñas ($10^{-6} - 10^{-9}$ m), y así mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión, para desestabilizar la coagulación y favorecer la floculación de las mismas y de esta manera obtener partículas fácilmente sedimentables (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

Tratamientos Secundarios

Los tratamientos secundarios consisten principalmente en una serie de procesos microbiológico (aerobio o anaerobio) y químicos los cuales se encargan de eliminar la carga contaminante conformada por materia orgánica, coloidales y similares. Pese a existir diferentes tipos de tratamientos secundarios, se mencionarán los más comunes (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

Tratamientos aerobios. Existen dos métodos básicos de tratamientos aerobios (lodos activados y lechos bacterianos) en los cuales se utilizan cultivos biológicos para conseguir una oxidación y descomposición de la materia orgánica:

Lodos Activados. Consiste en un bioproceso utilizado para el tratamiento natural de las aguas residuales basado en un sistema de lodos con grandes cargas de cultivos bacterianos que, por procesos de aireación inducida descomponen la materia orgánica presente en las aguas residuales (Fair, 1973).

El tratamiento de lodos activados es un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales ampliamente utilizado para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas e industriales, particularmente en corrientes de desechos con alto contenido de materia orgánica o

biodegradable. En la figura 1 se observa un bosquejo de dicho sistema, el cual se usa frecuentemente para tratar aguas residuales de origen municipal e industrial, específicamente en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de la pulpa, el papel, y alimentación (Barraqué, Sociedad Anónima Española Degrémont, & Et al, 1979).

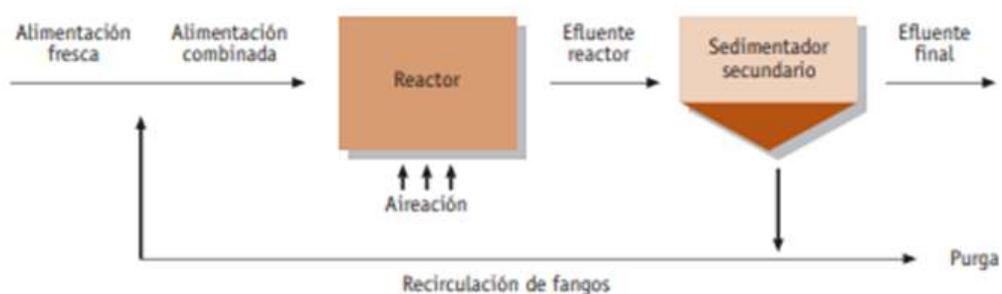


Figura 1. Proceso de Fangos Activados

Nota. Recuperado de: (Rodríguez Fernández, y otros, 2006) el día 03 de Julio de 2021. https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

Lechos bacterianos o filtros percoladores. También denominados filtros biológicos tal y como se muestran en la Figura 2. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

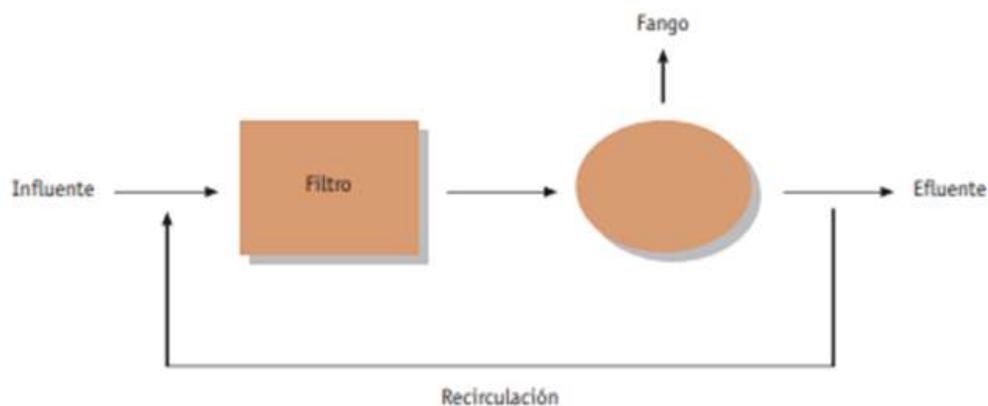


Figura 2. Diagrama de Operación Típico de un Filtro Percolador

Nota. Recuperado de: (Rodríguez Fernández, y otros, 2006) el día 12 de septiembre de 2021. https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

Biodiscos. Es un proceso igual de eficaz que los lodos activados, pero con una ocupación de espacio y un gasto energético de operación significativamente menores. Consiste en un sistema de discos que están contruidos con un material plástico por el que se esparce una película de microorganismos que se regulan su espesor con el paso y el rozamiento del agua (Fair, 1973).

Lagunaje. Es utilizado en terrenos muy extensos y su duración es de 5 a 30 días en el proceso de retención (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017). La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente, para una buena circulación (Fair, 1973). Tiene la particularidad de no ocupa maquinaria y un costo de operación muy bajo comparado con los sistemas mencionados anteriormente, con la desventaja de ocupar una extensión de área mucho mayor.

Es un tratamiento biológico y su objetivo principal es la eliminación de contaminantes: demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y coliformes fecales (Comisión nacional del agua CONAGUA, 2015).

Son estanques donde se contienen las aguas residuales por un periodo de tiempo determinado, en el cual, se realizará el proceso de tratamiento secundario y/o terciario previo a la deposición en la fuente receptora de dichas aguas.

Los tratamientos biológicos son preferidos siempre que sea posible, ya que tienen mayores rendimientos con menores costes económicos de explotación y mantenimiento, y destruyen los contaminantes, transformándolos en sustancias inocuas como el dióxido de carbono, el metano, el nitrógeno molecular, y el agua. La mineralización de compuestos contaminantes mediante microorganismos es, por tanto, un proceso destructivo completo (Daphne, 1994).

Tratamientos anaerobios. Los tratamientos anaerobios consisten en la transformación de materia orgánica en una mezcla de gases como metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) conocido como biogás como se muestra en la Figura 3. El proceso es llevado a cabo por bacterias específicas que pueden sobrevivir en ausencia de oxígeno (Vivanco, Yaya, & Chamy, 2022).

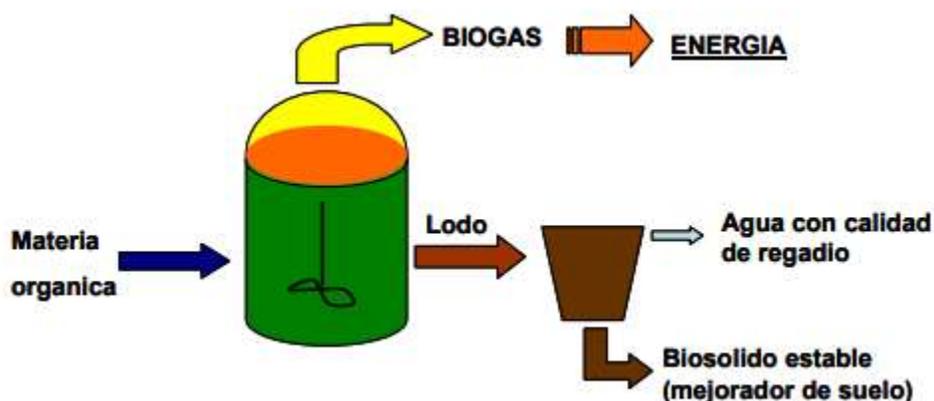


Figura 3. Esquema Básico del Proceso de Tratamientos Anaerobios

Nota. Recuperado de: (Vivanco, Yaya, & Chamy, 2022) el día 23 de enero de 2022.
https://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_anaerobio_de_aguas_residuales.pdf

Tratamientos Terciarios

Los tratamientos terciarios consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como la purificación de desechos de algunas industrias como licores y marroquinería entre otros (Metcalf & Eddy, 1998).

2.3. Marco Conceptual

Afluente. Agua residual u otro líquido que ingresa a un reservorio, o algún proceso de tratamiento (Ministerio de Vivienda, 2016).

Acometida de Alcantarillado. Derivación que parte de la caja de inspección domiciliaria y, llega hasta la red secundaria de alcantarillado o al colector (Ministerio de Vivienda, 2016).

Aguas Crudas. Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización (Ministerio de la protección social, 2007).

Aguas Residuales. Todos aquellos líquidos que han sido usados por el ser humano en procesos industriales, domésticos, comerciales y de servicios. Comúnmente se habla de aguas negras (aquellas que contienen materia fecal) y de aguas grises que son las provienen del uso doméstico (por ejemplo, las producidas en la cocina o en los procesos de limpieza) (Organización mundial de la salud (OMS), 1974).

Optimización. Es el conjunto de acciones encaminadas a mejorar la capacidad, eficiencia y eficacia de la infraestructura componente del sistema de acueducto, alcantarillado y/o aseo, mediante su intervención parcial o total (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Oxígeno Disuelto. Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L (Ministerio de Vivienda, 2016).

Tratamiento Anaerobio. Estabilización de un desecho por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Tecnologías Avanzadas en Tratamiento de Aguas Residuales. Proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al de tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros, como remoción de sólidos en suspensión, complejos orgánicos disueltos, compuestos inorgánicos disueltos o nutrientes (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Tratamiento Biológico. Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Tratamiento Convencional. Procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Tratamiento Primario. Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Tratamiento Secundario. Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

2.4. Marco Contextual

La siguiente información se obtiene del archivo histórico de la alcaldía municipal de Ragonvalia, Norte de Santander.

El municipio de Ragonvalia, en su casco urbano, cuenta con un sistema de suministro de agua potable que incluye un sistema de potabilización de agua y un sistema de distribución. Los planos de la construcción de la planta de potabilización del agua, fueron aprobados el 9 de julio de 1979, y esta fue construida entre 1980 y 1983. Inicialmente el acueducto municipal era operado por el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INSFOPAL), el cual una de sus funciones era “Atender al suministro de agua potable, disposición adecuada de excretas y aguas servidas en las poblaciones del país de más de 2.500 habitantes” (DECRETO 3178 DE 1968). En 1987 el gobierno ordena la liquidación de INSFOPAL, y se descentraliza el sector hacia los municipios y se crea la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico a cargo del Ministerio de Obras Públicas, fortaleciéndose el esquema de financiamiento municipal a través del Fondo Financiero de Desarrollo Urbano – FFDU, del Banco Central Hipotecario lo que originó que los municipios asumieran directamente la prestación de estos servicios.

Mediante acuerdo del Concejo municipal #025 de 1998, fue creada la empresa de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, a cargo de la Secretaría de Planeación. Con el acuerdo del Concejo Municipal #013 del 10 de mayo de 2003, se estructura y

reglamenta la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la cabecera municipal de Ragonvalia. En este mismo acuerdo se faculta al alcalde para que cree la Unidad de Servicios públicos. Mediante acuerdo del concejo 007 del 11 de agosto de 2010, se le da más autonomía a la Unidad de Servicios Públicos, incluyéndola en la estructura orgánica municipal como dependiente del despacho del alcalde municipal. Mediante decreto 023 del 2 de abril del 2011, se delegan funciones al jefe de la Unidad de Servicios Públicos.

En la actualidad el municipio es prestador directo de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo para el sector urbano, cuenta con la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios, encargada de garantizar la prestación de los servicios antes mencionados, cuenta con un jefe de Unidad y un personal operativo. El acueducto municipal consta de un sistema de captación, desarenador, abducción, conducción (construido en el año 2012 por la Gobernación), desarenador a la entrada de la planta, una canaleta Parshall, un Floculador, dos sedimentadores, dos filtros, un tanque de cloración y dos unidades de almacenamiento cada con capacidad de 303 m³ (construido en 2020). La capacidad instalada de la planta de potabilización es de 20 L/s, y en la actualidad se encuentra trabajando a su máxima capacidad.

Según la USP, en el área urbana el servicio de acueducto tiene una cobertura del 91%, con una continuidad del servicio de 16 horas por día, siete días a la semana. El servicio de acueducto tiene subsidios y actualmente la facturación no incluye micro medición, por lo que se presenta desperdicio del agua tratada por parte de la comunidad.

El instituto departamental de salud (IDS), realiza muestreo de agua cruda y agua tratada de forma bimensual, para verificación del índice el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA), el cual indica el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas

del agua para consumo humano. Por parte de la Unidad de Servicios Públicos, realiza el control y muestreo de agua cruda y agua tratada para los análisis físico químicos y micro biológicos. El muestreo de agua tratada cada dos meses y el de agua cruda una vez al año.

La unidad de servicios públicos es la dependencia de la alcaldía municipal encargada de garantizar la continuidad, calidad y cobertura del servicio de acueducto.

2.4.1. Ubicación Geográfica

El municipio de Ragonvalia se ubica en el nororiente colombiano como se aprecia en la Figura 4, en estribaciones de la cordillera oriental, perteneciente a la provincia de Ricaurte del departamento Norte de Santander (Latitud: Norte entre los 7° 35" y 7° 40") con una altitud media de 1.650 m.s.n.m. y cuenta con una extensión territorial en su casco urbano de 49.09 Hectáreas, (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002), delimitados de la siguiente manera:

Norte: Predios rurales de las veredas La Alhambra y El Progreso

Sur: Predios rurales de las veredas Santa Bárbara y Cañuelal.

Oriente: Con los predios de las veredas La Alhambra y Cañuelal.

Occidente: Con Predios de la vereda el Progreso.



Figura 4. Ubicación del Municipio de Ragonvalia

Nota. Recuperado de: (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002) el día 06 de julio de 2021.

2.4.2. Composición Administrativa

Como lo indica la constitución política de Colombia, la máxima autoridad gubernamental en el municipio es la Alcaldía Municipal y su Honorable Consejo, seguidamente por la gobernación del departamento Norte de Santander.

2.4.3. Composición Política

El municipio de Ragonvalia está conformado por 14 veredas y el casco urbano municipal sumando un total de 95.8 Km² (Figura 5). El casco urbano municipal se divide en 7 barrios (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002) y actualmente 2 urbanizaciones, contando con una totalidad de 705 acometidas sanitarias en predios públicos y privados. Siento la totalidad de las cargas por aguas servidas domiciliarias que se manejan en el alcantarillado público municipal.

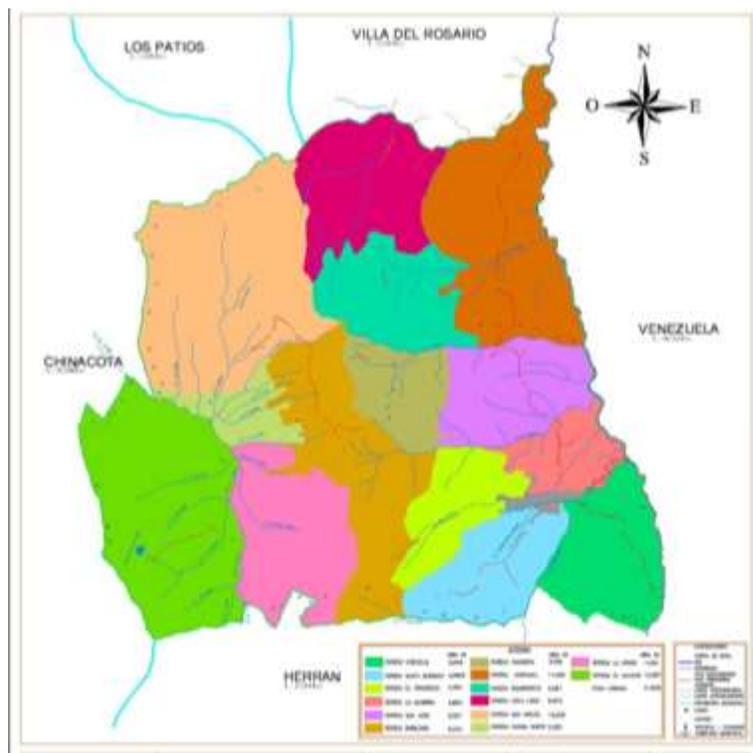


Figura 5. Mapa Político del Municipio de Ragonvalia

Nota. Recuperado de: (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002) el día 06 de julio de 2021.

2.4.4. Equipamientos Municipales

Los equipamientos municipales son estas edificaciones que, por su uso, son una fuente considerable en la cantidad portante de caudal de aguas residuales, ya que se caracterizan por permitir un alto de aforo de población.

- Sedes educativas
- Plaza de mercado y carnicería municipal
- Estación de policía
- Hogar campesino
- Alcaldía municipal
- Casa de la cultura
- Biblioteca pública municipal
- Canchas múltiples
- Estadio municipal
- Plaza de toros
- Matadero municipal
- Templos religiosos

El municipio de Ragonvalia solo cuenta con una planta de procesamiento de pulpa de fruta llamada Coagronvalia, no genera ningún residuo que se deba considerar especial o categorizar como aguas residuales industriales.

2.4.5. Hidrología

El casco urbano de municipio de Ragonvalia, norte de Santander, es atravesado por la quebrada “La Jerónima” y en su costado norte, limita con la quebrada “Agua Blanca”, siendo esta última la fuente de abastecimiento del acueducto municipal. Las aguas residuales se

depositan en la quebrada “la rascadora”, la cual desciende desde el sur y nace en el municipio de Herrán, Norte de Santander (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002).

2.4.6. Clima

Ragonvalia al ser un municipio con gran extensión de su territorio de un relieve montañoso, presenta una temperatura media que oscila entre los 16 y 20 grados centígrados y presenta dos temporadas de lluvias distribuidas en los dos semestres del año, de igual manera en sus épocas secas se estima un incremento en sus temperaturas cercanas a los 26 grados centígrados (E.O.T. Alcaldía municipal de Ragonvalia, 2002). Dichos valores se han visto drásticamente aumentados debido al cambio climático y a la variabilidad que se presenta en todo el territorio del departamento, con ayuda de la plataforma del sistema de alertas tempranas climatológicas S.A.T.C. Norte de Santander, se obtiene una gráfica con datos actuales del comportamiento y variación de la temperatura en lo corrido del año 2020, con un intervalo de medición de 30 minutos, la cual nos muestra una temperatura media de 19.463°C. Y unas temperaturas mínimas y máximas de 12.389°C y 28.667°C respectivamente.

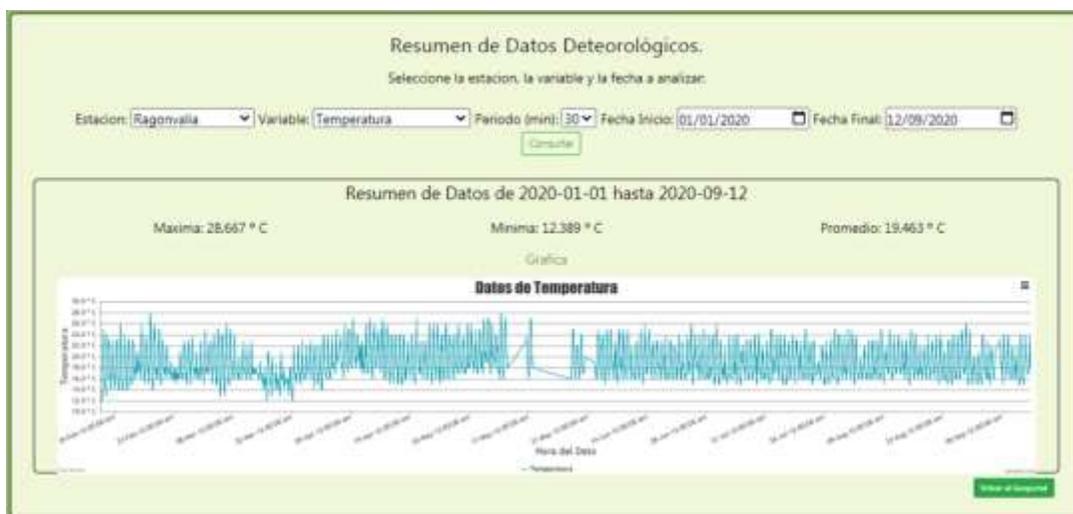


Figura 6. Resumen de Datos Meteorológicos

Nota. Recuperado de: (CDGR , UNGR, & Universidad de Pamplona, 2021), S.A.T.C. Norte de Santander el día 07 de julio de 2021. <https://www.satcnortedesantander.gov.co/oline.php>

En el municipio de Ragonvalia se presentan corrientes de viento aproximadamente similares en cuanto a dirección y frecuencias, predominando un rumbo de 90°NE. en un horario comprendido de 7:00 Am hasta la 1:00Pm. Viéndose un cambio abrupto en las horas de la madrugada, pues se registran direcciones cercanas al azimut de 270°.

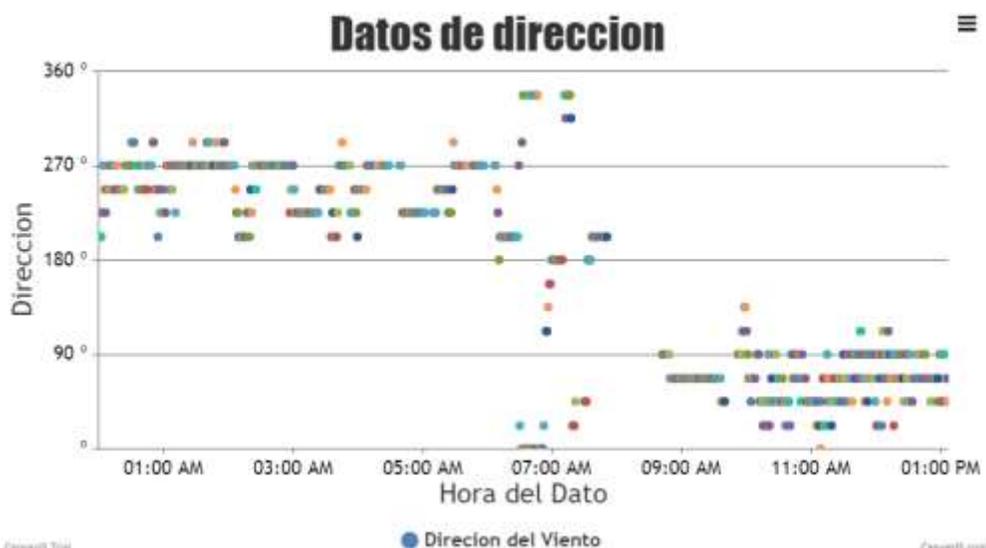


Figura 7. Resumen de Datos de Dirección del Viento

Nota. Recuperado de: (CDGR , UNGR, & Universidad de Pamplona, 2021), S.A.T.C. Norte de Santander el día 09 de enero de 2022. <https://www.satcnortedesantander.gov.co/oline.php>

2.5.Marco Legal

Instituto Colombiano de Normalización y Certificación. Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Directrices para el diseño de programas de muestreo. NTC-ISO 5667-10- Bogotá D.C.: El instituto, 1995.

Instituto Colombiano de Normalización y Certificación. Gestión ambiental: guía para la realización de ensayos de toxicidad (bioensayos) en organismos acuáticos. GTC 31. Bogotá D.C.: El instituto, 1996.

Resolución 0330 del 2017. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Resolución 0631 de 2015.

Colombia. Presidencia de la República de Colombia. Decreto 2811 (18, diciembre, 1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1974.

Decreto 1575 del 09 de mayo del 2017 del ministerio de la protección social. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Resolución 2115 del 21 de julio del 2017 del ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

3. Diseño Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

Este proyecto se clasifica según su propósito como una investigación de tipo aplicada, basados en el formato de anteproyecto de ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, ya que resuelve necesidades concretas, al aplicar las teorías y conceptos técnicos adquiridos en el desarrollo académico de la ingeniería civil y su aplicación en el diseño de un tratamiento óptimo para las aguas residuales del Municipio de Ragonvalia.

El nivel de esta investigación es exploratorio porque desarrolla un tratamiento óptimo para las aguas residuales del área urbana del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander, basados en antecedentes concisos de problemáticas similares a nivel nacional e internacional. De igual manera es de nivel descriptiva, pues nace del análisis de información recolectada en campo mediante instrumentos como las encuesta. Además, su enfoque según la estrategia, es documental ya que los datos obtenidos son de documentos ya existentes tomados de la Unidad de Servicios Públicos y la población se tomó de la base de datos del DANE.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población está delimitada por los usuarios del alcantarillado municipal de la zona urbana de Ragonvalia, siendo en su mayoría de uso residencial. Entiéndase por usuario a toda acometida conectada directa o indirectamente a la red de alcantarillado municipal.

3.2.2. Muestra

La muestra en una investigación se caracteriza por ser representativa, adecuada y valida. Con el fin de garantizar una proximidad a las condiciones reales de cada situación. Por ello se calcula mediante fórmulas estadísticas para poblaciones finitas (Suárez Ibijés, 2011).

Con lo anterior se tiene que el tamaño de la muestra es el siguiente:

$$p = 0,5$$

$$q = 0,5$$

$$e = 5\% = 0,05$$

$$z = 95\% = 1,96$$

$$N = 750$$

$$n = \frac{(p*q)}{\left(\frac{e}{z}\right)^2 + \frac{p*q}{N}} \quad (1)$$

$$n = \frac{(0,5*0,5)}{\left(\frac{0,05}{1,96}\right)^2 + \frac{0,5*0,5}{705}}$$

$$n = 248,66 \approx 249 \text{ usuarios}$$

3.3. Instrumentos para la Recolección de Datos

3.3.1. Fuentes Primarias

Como fuente primaria de información se utilizó el método de encuesta, el cual se implementó de manera aleatoria a la población, siendo en este caso los usuarios del sistema de alcantarillado de la zona urbana del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

3.3.2. Fuentes Secundarias

Las fuentes secundarias utilizadas en este proyecto fueron proyectos y artículos de investigación, bases de datos de población de DANE, normatividad sobre el tratamiento de aguas residuales, Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio Ragonvalia y archivo central e histórico de la Alcaldía Municipal de Ragonvalia.

3.4. Fases y Actividades Específicas del Proyecto



Figura 8. Fases del Proyecto

4. Metodología

4.1.Fase Inicial del Proyecto

Como fase inicial del proyecto se plantea la búsqueda de información que permite conocer las características de las aguas residuales y el estado al actual de cobertura en el servicio de alcantarillado municipal, con el fin de estimar los aportes dentro del sistema y el comportamiento en diferentes temporadas del año. Dentro de estas actividades, el proyecto se enfocó en identificar los factores que inciden en la generación de las aguas residuales del municipio de Ragonvalia, para ello se realizó una búsqueda en las bases de datos de la Unidad de Servicios Públicos municipal y el archivo central de la alcaldía de Ragonvalia. La unidad de servicios públicos, adscrita a la Secretaría de Planeación Municipal, presenta anualmente a la Corporación autónoma regional (CAR), un informe con de programas, presupuestos, actividades y demás información, denominado Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV).

Dentro de estos informes, se realizan análisis de las aguas residuales vertidas en el municipio. Estas mediciones se realizan en el punto de vertimiento de las aguas residuales a la fuente receptora, así como cien metros aguas arriba y debajo del cauce de la misma, con una frecuencia anual y mayormente en los meses de diciembre. Adicionalmente, se consultan documentos oficiales como los planes de uso eficiente y ahorro del agua, y el plan integrado del cambio climático del departamento Norte de Santander (PICCDNS), este último hace referencia a las temperaturas en el ambiente y sus variaciones.

Además, se utiliza el instrumento de la encuesta para hacer un diagnóstico, sobre una muestra de habitantes escogida al azar de 249 usuarios, dicha cantidad de acuerdo al porcentaje poblacional en los barrios del municipio, la misma se realizó con el fin de conocer el contexto y las condiciones en las que se producen aguas residuales y los factores implicados.

4.2. Análisis de Datos

El análisis de la información se basa en los resultados de los estudios obtenidos en los PSMV y se toman los parámetros de mayor incidencia en la contaminación de dichas aguas, se compara con los valores máximos permisibles en el vertimiento por la Resolución 0631 del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, y así, justificar la necesidad de crear un proceso de tratamiento que disminuya la carga contaminante que se vierte en la fuente receptora de las aguas residuales del municipio.

Los parámetros de contaminación presentes en estos informes corresponden a las características físico-químicas y microbiológicas, como la demanda química y bioquímica de oxígeno, la cantidad de sólidos suspendidos totales, coliformes fecales y conductividad eléctrica a 25°C, aislando las características presentadas en cada estudio, se puede observar la presencia en mayor medida de sólidos suspendidos, DBO y DQO.

Para el proceso de tratamiento se requiere de una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual corresponde principalmente a una instalación encargada de disminuir la carga de estos contaminantes hasta niveles aceptables por la resolución 0631, para que, al desembocar en las fuentes hídricas, no aumenten la contaminación y estos cuerpos de agua sean seguros para las poblaciones aguas abajo, siendo un acto de responsabilidad y empatía el uso eficiente y consiente de dicho recurso fundamental para vida.

4.3. Presentación de Resultados

Inicialmente, se encamina el proceso de investigación en proponer estrategias que permitan disminuir la contaminación vertida en los cuerpos de agua superficial, por medio de actividades educativas que vinculen directamente a la comunidad de la zona urbana del

municipio de Ragonvalia y a la unidad de servicios públicos, se tiene en cuenta los resultados de las encuestas, para ver los factores que se presentan en esta problemática planteada.

En los programas de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) se plantean proyectos y acciones encaminadas al uso correcto del recurso hídrico, así como la disposición correcta de residuos. Los cuales se convierten en una herramienta fundamental para lograr materializar las recomendaciones o estrategias presentadas en el producto final de este proyecto, que ayuden a crear conciencia ambiental y responsabilidad en los habitantes del municipio y, de esta manera, vincular las diferentes actividades de la vida cotidiana enfocadas en el uso consciente de este recurso.

Como segunda parte del tercer objetivo del proyecto, se plantea un tratamiento para las aguas residuales del municipio, previo a su disposición final en cuerpos de agua superficial, para ello, a partir del marco teórico, los antecedentes y demás información recolectada y teniendo conocimiento del contexto del lugar y las condiciones en las que se generan las aguas residuales, se propone realizar una planta de tratamiento de aguas residuales, que cumpla con los requerimientos normativos y técnicos y, que se adapte a la necesidad, siendo una solución viable, segura y adecuada para el municipio.

Como primera medida se y según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en la resolución 0330 del 2017, en su artículo 40 contempla un periodo de diseño de 25 años para cualquier componente de un sistema de acueducto o alcantarillado. En el artículo 43 y 44, la misma resolución, nos presenta los criterios a tener en cuenta para la dotación neta y bruta respectivamente. Siendo la altura promedio sobre el nivel del mar el factor determinante de dicho caudal.

Según la resolución 0330 del 2017, el coeficiente de retorno es considerado como el valor promedio de agua que después de ser utilizado en las actividades domésticas, es dirigido a la red de alcantarillado, convirtiéndose en aguas residuales. Las cuales, según el capítulo 4, se componen por el aporte del acueducto y las aguas denominadas conexiones herradas. Para ello se realiza la proyección del crecimiento poblacional con los tres métodos (aritmético, geométrico y exponencial) para tomar la población con mayores habitantes en el año de 2047 y los cálculos de los caudales del acueducto y de las aguas residuales para dicho año y con la población calculada.

Al momento de realizar el diseño del tratamiento de aguas residuales se debe iniciar por el planteamiento de la ubicación del mismo, para ello en los artículos 182, 183 y 184 se mencionan los sitios idóneos para dicha localización, teniendo en cuenta las distancias mínimas a las que se deben ubicar de los centros poblados y las eficiencias aceptadas para cada sistema de tratamiento. Para los cálculos de la laguna facultativa se tiene en cuenta el método de Yáñez Lasso (Cepis) para dar como resultado las dimensiones de dicha laguna y verificar que se pueda cumplir con los valores máximos permisibles en vertimientos.

5. Resultados

5.1. Encuesta

A continuación, se detalla la información correspondiente a la encuesta que se encuentra en el Anexo 1 y que se realizó con el fin de conocer el contexto y así tener un diagnóstico del tipo de vertimiento de aguas residuales y de la población de usuarios del acueducto y alcantarillado del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

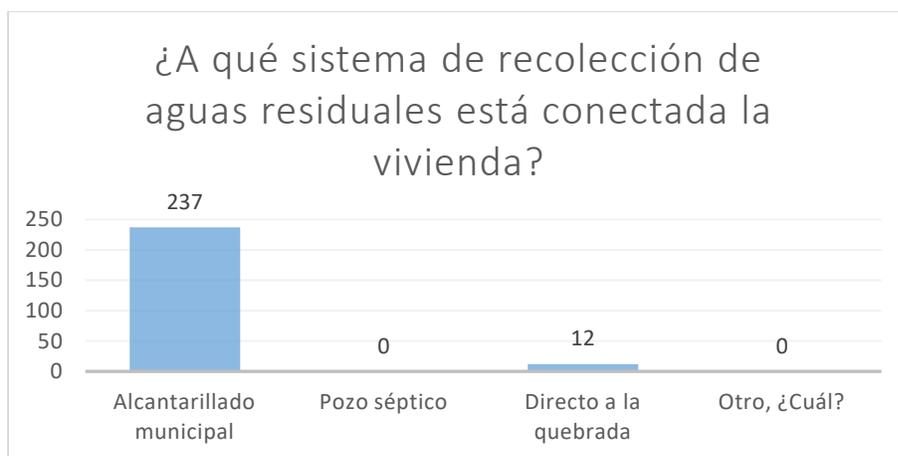


Figura 9. Resultados: Sistema de Recolección de Aguas Residuales en Viviendas

El 95,18% de las viviendas de la muestra tomada en la zona urbana del municipio de Ragonvalia tienen el servicio de alcantarillado municipal y el 4,82% de las viviendas conectan sus aguas residuales directamente a las quebradas aledañas al municipio, generando una contaminación que debe considerarse al momento de proponer un tratamiento a las aguas residuales.



Figura 10. Resultados: Tipo de Vivienda

El 67,07 % de las viviendas de la muestra son de tipo unifamiliar, el 30,92 % es de tipo multifamiliar y el 2,01 % de las viviendas es de tipo comercial. Con lo cual se logró determinar la incidencia de las aguas de uso doméstico en la generación de AR.

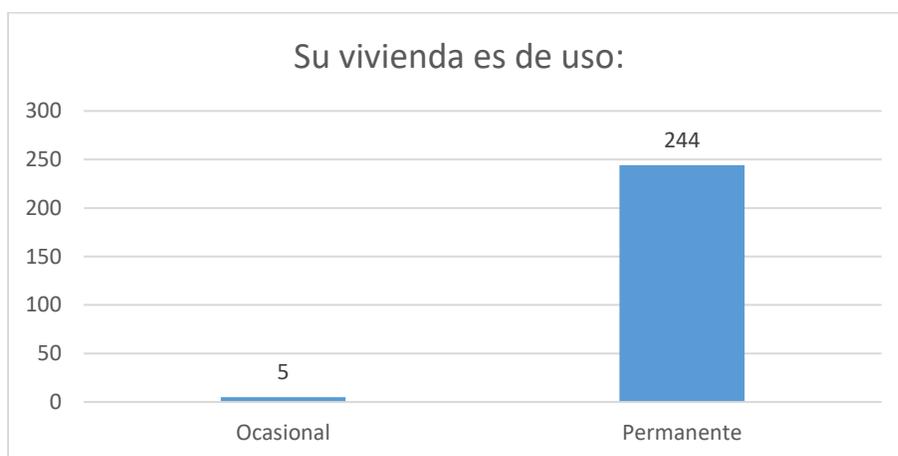


Figura 11. Resultados: Uso de Vivienda

El 97,99 % de las viviendas de la zona urbana del municipio de Ragonvalia es uso permanente y el 2,01 % es de uso ocasional, con esto se pudo concluir que cerca del 100% de las viviendas permanecen habitadas durante todo el año, siendo constante la disposición de AR en las redes del alcantarillado municipal.

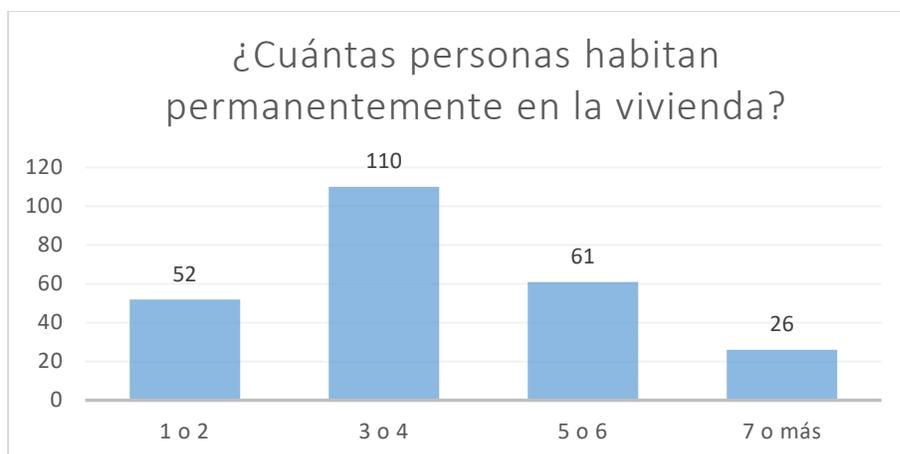


Figura 12. Resultados: Personas que Habitan las Viviendas

En el 44,18 % de las viviendas de la muestra, habitan entre 3 a 4 personas, en el 24,50 % habitan entre 5 a 6 personas, en el 20,88 % habitan entre 1 a 2 personas y en el 10,44 % habitan entre 7 o más personas. Con esto podemos identificar un valor aproximado de la densidad poblacional del municipio. Teniendo en cuenta que más del 70% de las viviendas de la muestra tienen 3 o más habitantes.

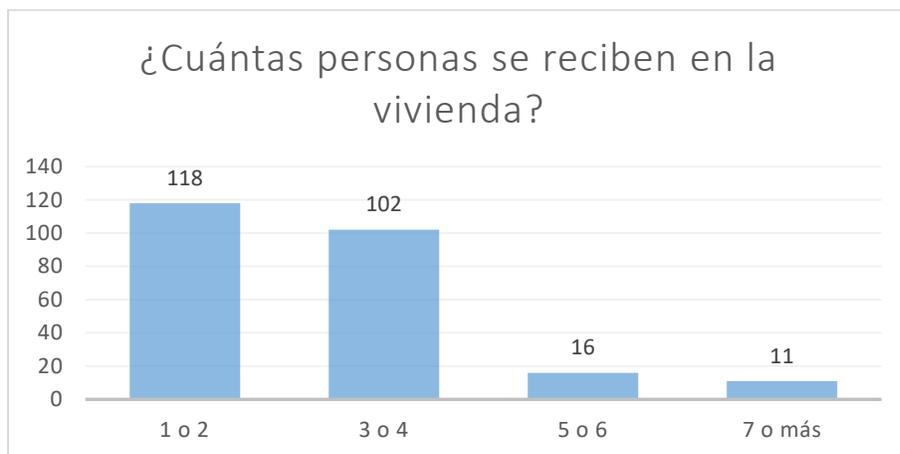


Figura 13. Resultados: Personas que Visitan las Viviendas

El 47,39 % de las viviendas de la zona urbana del municipio de Ragonvalia reciben entre 1 a 2 personas, el 40,96 % reciben entre 3 a 4 personas, el 6,43 % entre 5 a 6 personas y el 4,42 % entre 7 o más personas.

% entre 7 a personas de visitas. La población visitante en el municipio presenta un incremento considerable, ya que influye en la densidad poblacional y así genera un incremento en los caudales de agua residual de la zona urbana.

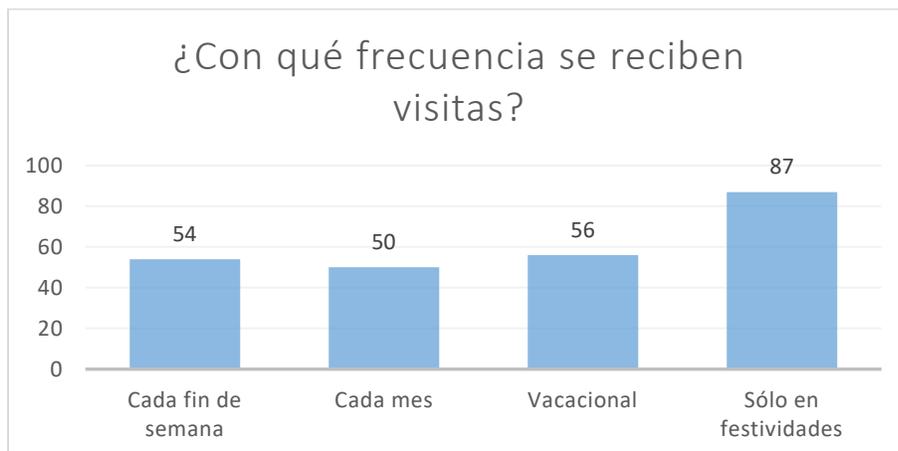


Figura 14. Resultados: Frecuencia de Visitas

El 34,94 % de las viviendas de la zona urbana del municipio de Ragonvalia reciben visitas en las festividades, el 22,49 % reciben visitas vacacionalmente, el 21,69 % reciben cada fin de semana y el 20,08 % se recibe visitas mensualmente. Con esto se concluye que, en las temporadas de festividades, se verá un incremento en los caudales de AR domésticas.

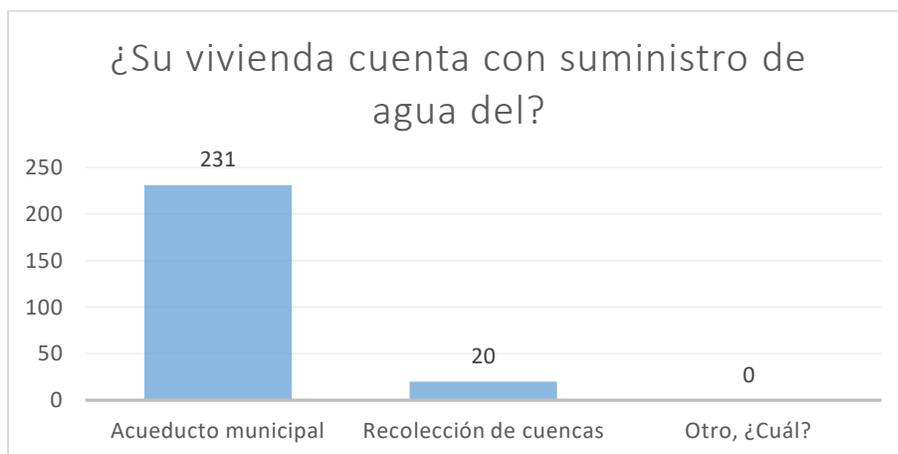


Figura 15. Resultados: Suministro de Agua a las Viviendas

El 92,03 % de las viviendas de la zona urbana del municipio de Ragonvalia cuentan con el suministro de agua potable del municipio y el 7,97 % cuentan con sus propias recolecciones de aguas. Con lo cual se puede asumir que el coeficiente de retorno será aproximado a los valores teóricos propuestos en la norma. Sin ver un incremento considerable debido al exceso de consumo o dotación máxima de agua proveniente de captaciones directas de las fuentes de agua.

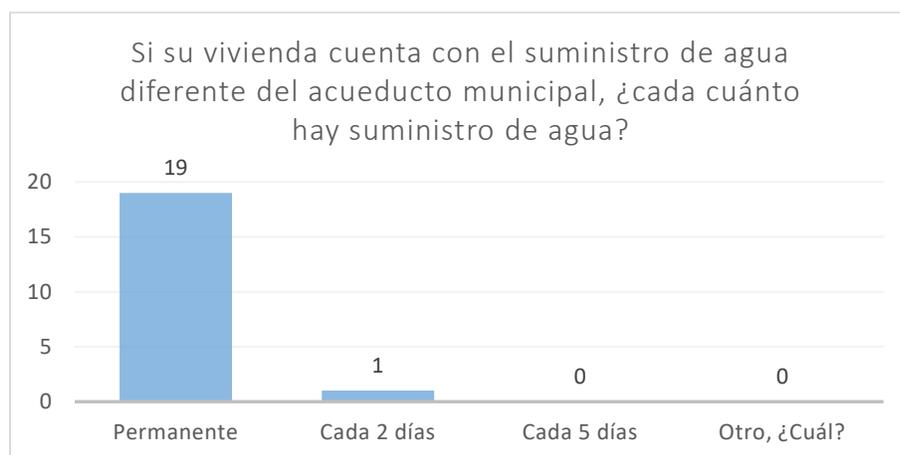


Figura 16. Resultados: Frecuencia de Suministro de Agua

Entre las viviendas que cuentan con la recolección de aguas propias el 95 % cuentan con el suministro de agua permanentemente y el 5 % cuentan con el suministro cada 2 días. Pese a que la cobertura en la red del acueducto es alta en el municipio, existe un pequeño porcentaje de la población encuestada que prefiere captar el agua de fuentes naturales y que mantiene un suministro permanente de agua cruda para sus viviendas.

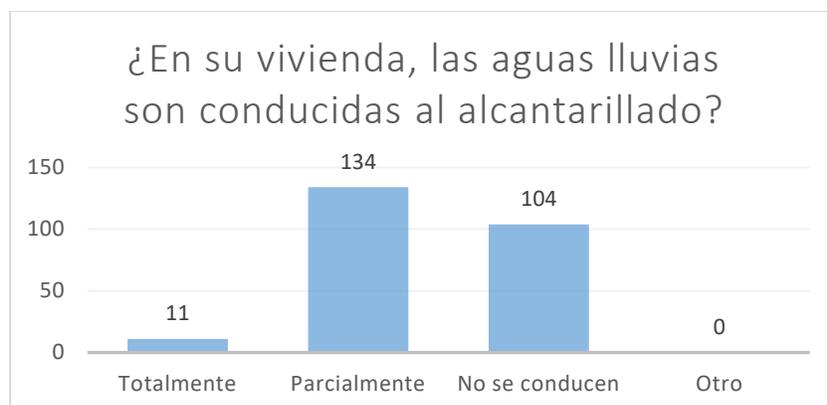


Figura 17. Resultados: Conducción de Aguas Pluviales

El 53,82 % de las viviendas de la zona urbana del municipio de Ragonvalia conducen una parte de las aguas lluvias al alcantarillado del municipio, el 41,77 % de las viviendas no conducen las aguas lluvias al alcantarillado y el 4,42 % de las viviendas conducen en su totalidad las aguas lluvias al alcantarillado del municipio. Por lo que hay principalmente una recolección parcial, esto se manifiesta en un alto índice de conexiones herradas dentro del municipio, lo que influye en un aumento del caudal de aguas residuales producidas en el municipio.

5.2. Estudios del Vertimiento y de la Fuente Receptora de las AR

La Unidad de Servicios Públicos de municipio realiza toma de muestras a las aguas residuales en el punto de vertimiento, aguas arriba y aguas abajo de la fuente receptora, para determinar la presencia de coliformes y, principalmente los parámetros de DBO, DQO y SST, información que es posteriormente reportada a las autoridades ambientales (Anexo 2).

En el Anexo 5 se puede verificar un comportamiento atípico en los valores obtenidos para los resultados de laboratorios de la vigencia 2020. Por tal razón, se descartaron para el análisis final en este estudio, con respecto a la cantidad de contaminación presente en la fuente receptora del vertimiento de las aguas residuales de la zona urbana del municipio de Ragonvalia.

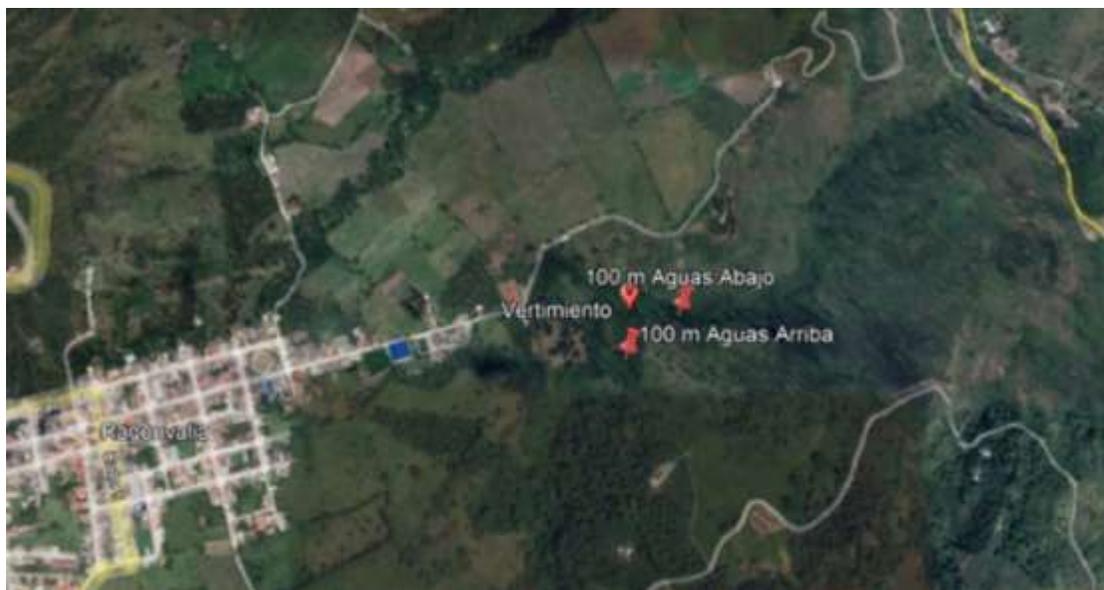


Figura 18. Puntos de la toma de muestra en el vertimiento, aguas arriba y aguas abajo de la fuente receptora.

Nota. Fuente cartográfica: Google Earth.

A continuación, se muestran las gráficas comparativas de los valores promedio de cada uno de los parámetros mencionados anteriormente desde el año 2014 hasta el año 2019.

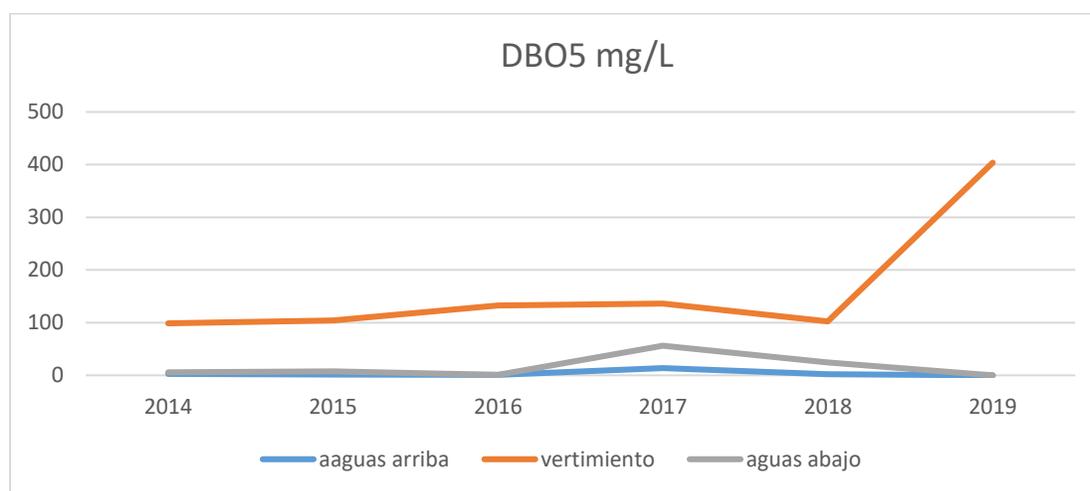


Figura 19. Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.

En el comportamiento de la DBO (Figura 19) se observa un incremento considerable de contaminación en el informe del año 2019. No obstante, los valores de DBO antes y después del vertimiento de las AR presenta valores similares, siendo el año 2017, el de mayor variación.

En la Figura 20 se aprecia el promedio de demanda química de oxígeno de las muestras, siendo evidente un aumento en la contaminación aguas abajo del punto de vertimiento entre los años 2017 y 2018. En el emisario final, se aprecia unos niveles de contaminación inferiores a los 300 mg/L entre los años 2014 y 2018, incrementando hasta los 500mg/L en la vigencia 2019.

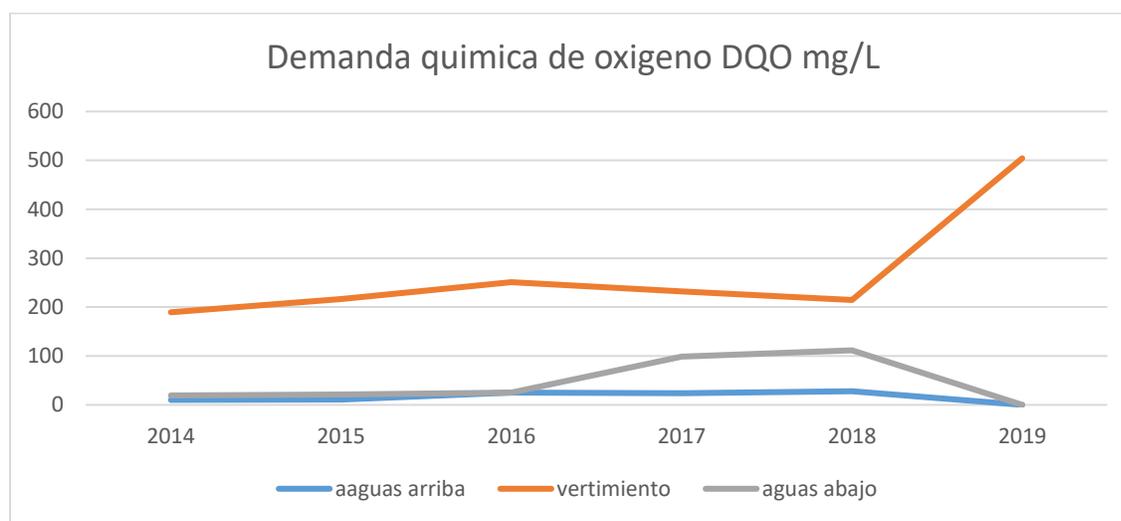


Figura 20. Demanda Química de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.

La presencia de material sólido en suspensión presenta una disminución cercana a los 100 mg/L a lo largo de todo el periodo de estudio. En la figura 21 se puede apreciar un descenso drástico entre el año 2018 y 2019, llegando a valores inferiores a 20 mg/l. por otra parte. El nivel de SST aguas abajo del punto de vertimiento se mantiene en valores similares, a excepción del año 2018, donde presentó un incremento cercano a 30 mg/L.

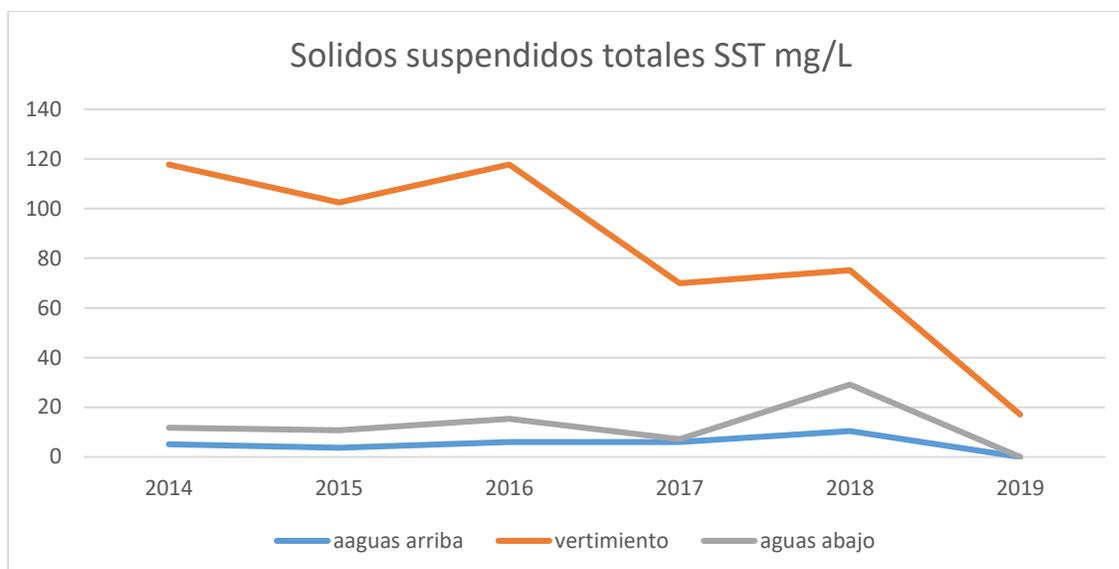


Figura 21. Sólidos Suspendidos Totales de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014-2019.

Es común encontrar altos niveles de contaminación por microorganismos coliformes en las aguas residuales, pues la mayor parte de ellas provienen del uso doméstico. Sin embargo, su análisis en este estudio fue omitido debido a que el enfoque del mismo es sobre los parámetros fisicoquímicos.

En la Tabla 8 se tienen los valores máximos permitidos de algunos de los parámetros analizados anteriormente. Para poblaciones con una carga menor o igual a 625,00 kgDBO₅/día.

Tabla 8.

Parámetros Fisicoquímicos y sus Valores Límites Máximos Permisibles en los Vertimientos

Puntuales de Aguas Residuales Domésticas

Parámetros	Unidades	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (ARD) DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIDAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS (ARD). Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD-ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PUBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O igual a 625 Kg/DBO₅*día
Generales			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,00	180,00
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂		90,00
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	100,00	90,00
Sólidos sedimentables (SSED)	mg/L	5,00	5,00
Grasas y aceites	mg/L	20,00	20,00
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L		Análisis y reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/L		Análisis y reporte
Compuestos de Fósforo			
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L		Análisis y reporte
Fósforo total (P)	mg/L		Análisis y reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitratos (N.NO ₃)	mg/L		Análisis y reporte
Nitritos (N.NO ₂)	mg/L		Análisis y reporte

Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y reporte
Nitrógeno total (N)	mg/L	Análisis y reporte

Nota. Recuperado de: Resolución 631 de 2015, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, el día 03 de noviembre de 2021. <https://www.rds.org.co/es/recursos/resolucion-631-de-2015-parametros-vertimientos>

Al realizar una comparativa de los valores de DBO5, DQO y SST, con los máximos permitidos por la resolución 631 del 2015 (Tabla 8), se aprecia la alta contaminación depositada en la fuente receptora, marcado en un color rojo el año en que se sobrepasaron los límites mencionados en la Tabla 8.

Tabla 9.

Cumplimiento de Límites Máximos Permitidos según la Resolución 631 de 2015, Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

	DBO5 val máx. 90mg/l	DQO val máx. 180 mg/l	SST val máx. 90mg/l
2014	98,7	189,38	117,7
2015	103,91	216,47	102,51
2016	132,45	250,87	117,72
2017	136,37	231,73	69,93
2018	102,6	214,66	75,12
2019	403,75	504,25	17,07

El no cumplimiento de los valores máximos permitidos de contaminantes en el punto de vertimiento de las aguas residuales, es el principal indicador de la necesidad de implementar un proceso de tratamiento posterior al uso del recurso hídrico en las actividades domésticas.

Dado que en el municipio de Ragonvalia, Norte de Santander, no cuenta con un plan de manejo de las aguas residuales, se plantea la construcción de un sistema de tratamiento de las AR, que permita disminuir su carga contaminante antes de ser depositada en la quebrada La

Rascadora. Para realizar esta propuesta se realizó una proyección de la población habitante en la zona urbana del municipio desde el año en curso hasta en 2047, tomando un periodo de diseño de 25 años (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

5.3. Proyección Poblacional

Se contempla un periodo de diseño de 25 años según el artículo 40 de la resolución 0330 del 2017 para redes de acueducto y alcantarillado con el fin de mantener la eficiencia de los sistemas a lo largo de este tiempo teniendo en cuenta los aumentos de población y de caudales que se presenten (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Se tomó como información inicial los censos realizados por el DANE en los años 1985, 1993, 2005 y 2018, con los que se realizó la proyección de la población de la zona urbana del municipio de Ragonvalia por los tres métodos recomendados en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico del 2016.

5.3.1. Método Aritmético

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc}) \quad (2)$$

P_f = población (hab) año para el que se quiere proyectar

P_{uc} = población (hab) último año censo con información

P_{ci} = población (hab) correspondiente al censo inicial con información

T_{uc} = último año censado con información

T_{ci} = año correspondiente al censo inicial con información

T_f = año al cual se quiere proyectar la información

5.3.2. Método Geométrico

Útil en poblaciones que muestran una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (3)$$

P_f = población (hab) año para el que se quiere proyectar

P_{uc} = población (hab) último año censo con información

T_{uc} = último año censado con información

T_f = año al cual se quiere proyectar la información

r = tasa de crecimiento anual en forma decimal

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1 \quad (4)$$

En el cálculo de la tasa de crecimiento, se obtiene un valor entre cada censo realizado en el DANE, para luego sacar el promedio entre ellos. En la tabla 10 se muestra los valores obtenidos y posteriormente la tasa de crecimiento promedio.

Tabla 10.*Proyección de la Población mediante el Método Geométrico*

Proyección Método Geométrico de población					
1985-1993		1993-2005		2005-2018	
Puc	2466	Puc	2779	Puc	2874
Pci	2085	Pci	2466	Pci	2779
Tuc	1993	Tuc	2005	Tuc	2018
Tci	1985	Tci	1993	Tci	2005
r	0,02120017	r	0,01000756	r	0,00258901

$$r_{pro} = \frac{0,02120017 + 0,01000756 + 0,00258901}{3}$$

$$r_{pro} = 0,01126558$$

5.3.3. Método Exponencial

La utilización de este método requiere por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión.

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})} \quad (5)$$

P_{cp} = población del censo posterior

P_{ca} = población del censo anterior

T_{cp} = año correspondiente al censo posterior

T_{ca} = año correspondiente al censo anterior

k = tasa de crecimiento de la población

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (6)$$

El cálculo de la tasa de crecimiento, se obtiene un valor entre cada censo realizado en el DANE, para luego sacar el promedio entre ellos. En la tabla 11 se muestra los valores obtenidos y posteriormente la tasa de crecimiento promedio.

Tabla 11.

Proyección de la Población mediante el Método Exponencial

Proyección Método Exponencial de Población					
1985-1993		1993-2005		2005-2018	
Pcp	2466	Pcp	2779	Pcp	2874
Pca	2085	Pca	2466	Pca	2779
Tcp	1993	Tcp	2005	Tcp	2018
Tca	1985	Tca	1993	Tca	2005
k	0,02097857	k	0,00995781	k	0,00258566

$$k_{pro} = \frac{0,02097857 + 0,00995781 + 0,00258566}{3}$$

$$k_{pro} = 0,01117402$$

Con respecto a los anteriores métodos, se muestra en la tabla 12 el crecimiento de la población, acompañados con los datos obtenidos en el DANE en sus líneas de tendencia, (Figura 1) para el año 2047.

Tabla 12.

Proyección Total Proyectada por los Diferentes Métodos

Año	Población DANE	Método Aritmético	Método Exponencial	Método Geométrico
2047		3567	3974	3977

De acuerdo a los datos de las proyecciones de los tres métodos anteriores, se tomará la población de 3977 habitantes, según el método geométrico, por ser el de mayor crecimiento.

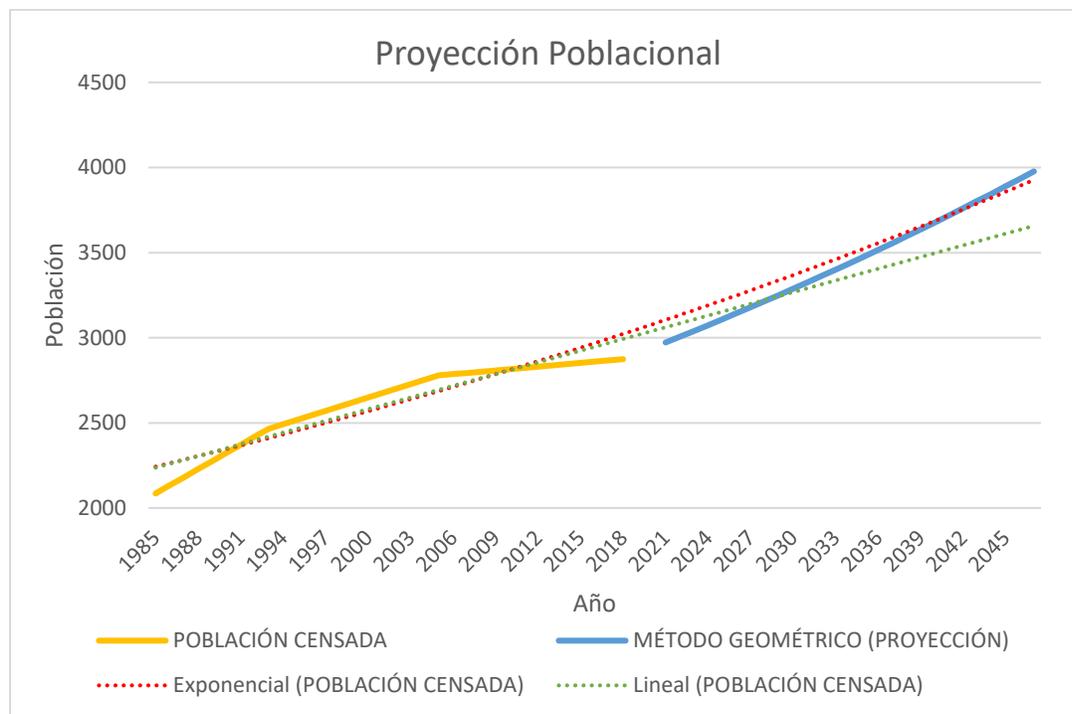


Figura 21. Comparativa de Datos de la Proyección de Población

5.4. Proyección de Caudales

5.4.1. Caudal de Dotación

Según la altura sobre el nivel del mar y teniendo en cuenta que no existe un sistema de micromedición con el que se pudiera estimar la dotación neta, la resolución 0330 de junio de 2017 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Tabla 13), establece la dotación neta máxima para la altura media de 1615 en 130 L/Hab*día.

Tabla 13.

Dotación Neta Máxima por Habitante según la Altura sobre el Nivel del Mar de la Zona

Atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MAXIMA (L/HAB*DÍA)
>2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Nota. Recuperado de: Resolución 0330 de 2017, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

Ya obtenida la dotación neta, se pretende hallar la dotación bruta mediante la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1-\%p} \quad (7)$$

Donde %p es el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles para calcular la dotación bruta que no debe superar el 25%, de tal manera el valor sería el siguiente:

$$d_{bruta} = \frac{130 \text{ L/hab} * \text{día}}{1 - 0,25}$$

$$d_{bruta} = 173,33 \text{ L/hab} * \text{día}$$

5.4.2. Demanda

Caudal Medio Diario (Qmd). Según la resolución 0330 de junio de 2017 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se calculará para una población proyectada a 25 años, en este caso se tomará el año 2047 con una población de 3977 habitantes según la proyección geométrica, y teniendo en cuenta la dotación bruta asignada se halla el caudal medio diario con la siguiente formula:

$$Q_{md} = \frac{P \times d_{bruta}}{86400} \quad (8)$$

Caudal Máximo Diario (QMD). Consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un periodo de un año, para lo cual hay que tener en cuenta el coeficiente de consumo máximo diario.

$$QMD = Q_{md} \times k_1 \quad (9)$$

Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al periodo de diseño, el valor de K_1 será 1,3 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Caudal Máximo Horario (QMH). Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año, sin tener en cuenta el caudal de incendio. Es necesario tener en cuenta el coeficiente de consumo máximo horario.

$$QMH = QMD \times k_2 \quad (10)$$

Para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, al periodo de diseño, el valor de K_2 será 1,6 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Los caudales medio diario, máximo diario y máximo horario para una serie de años desde 2021 con una proyección hasta el 2047, se mostrará en la tabla 14.

Tabla 14.*Caudales Sistema de Acueducto para un Periodo de 25 años*

Año	Población (hab)	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
2047	3977	7,98	10,37	16,60

Caudal Aguas Residuales Domésticas (Q_D). Con el fin de llevar a cabo el cálculo del caudal de diseño de aguas residuales domésticas para la red de alcantarillado de aguas residuales, la demanda de agua potable es vital para calcular dicho caudal de diseño, a través de un coeficiente de retorno, que según el Ministerio de vivienda, ciudad y territorio se define como la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales y el caudal medio de agua que consume la población. Al contar con la proyección de demanda de agua potable, el caudal de aguas residuales domésticas se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{NETA}}{86400} \quad (11)$$

Donde (D_{NETA}) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/Hab*día) y (P) es el número de habitantes proyectados al período de diseño.

Al no contar con los datos de campo coeficiente de retorno (C_R), el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico recomienda tomar un valor de 0,85.

Caudales de Aguas Residuales No Domésticas. En conformidad con la Resolución 0330 del 2017 y 631 del 2015 para zonas netamente industriales, comerciales e institucionales se deben elaborar análisis específicos de aportes de aguas residuales.

Tabla 15.*Contribuciones de Aguas Residuales No Domésticas*

Contribución industrial (L/s-ha _{ind})	0,6
Contribución comercial (L/s-ha _{com})	0,5
Contribución institucional (L/s-ha _{inst})	0,5

Nota. Recuperado de: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf

Para este caso no se plantea área en la zona industrial, debido que el municipio no presente industrias; el área en la zona comercial es de 0,6976 hectáreas y en la zona institucional es de 1,2981 hectáreas.

Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{md}). Se calcula el caudal medio diario de aguas residuales con la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

$$Q_{md} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN} \quad (12)$$

En donde:

Q_{md}= Caudal medio diario (L/s).

Q_D= Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).

Q_I= Caudal industrial (L/s).

Q_C= Caudal comercial (L/s).

Q_{IN}= Caudal institucional (L/s).

Caudal máximo horario (QMH). El Caudal Máximo Horario es el caudal máximo durante una hora observada en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado. Para tener en cuenta la variación del caudal de aguas residuales domésticas, particularmente en las horas pico, en alcantarillados se usa el Factor de mayoración.

Factor de Mayoración. El factor de mayoración se usa para calcular el caudal máximo horario, utilizando como base el caudal medio diario, se tienen en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso de agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de tuberías puede contribuir cada vez más a amortiguar los picos de caudal. El factor de mayoración se calcula, hasta donde sea posible, haciendo uso de mediciones de campo, en donde se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población y la medición de los caudales en las horas de mayor consumo. En este caso al no ser factible, se utilizará la ecuación empírica de Flores en la cual se calcula F como función del número de habitantes, este último dado en miles de habitantes.

$$F = \frac{3,5}{P^{0,1}} \quad (13)$$

Donde:

F = Factor de mayoración (adimensional).

P = Población servida en miles de habitantes (Hab/1000).

Ya estimado el factor de mayoración de aguas residuales domésticas se utiliza como parámetro para el cálculo del caudal máximo horario final, que será igual que:

$$Q_{MH} = F \times Q_D + Q_i + Q_c + Q_{in} \quad (14)$$

Donde,

Q_{MH} = Caudal máximo horario final (m³/s).

F = Factor de mayoración (adimensional).

Q_D = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).

Q_I = Caudal industrial (L/s).

Q_C = Caudal comercial (L/s).

Q_{IN} = Caudal institucional (L/s).

Caudal de conexiones erradas (QCE). Se considera a los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado de aguas residuales, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, QCE. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias. Los aportes por conexiones erradas se utiliza un valor máximo de 0.2 l/s-ha. La zona urbana del municipio de Ragonvalia es de 49,09 hectáreas.

Caudal de infiltración (QINF). La infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado de aguas residuales, principalmente freáticas, y a través de las fisuras en las tuberías, en juntas hechas deficientemente, en la unión de tuberías con cámaras de inspección y demás estructuras, y en estos elementos cuando no son completamente impermeables. Para el caudal de infiltración se utiliza un factor de 0.2 l/s-ha, que se multiplica con el área urbana del municipio, correspondiente a 49,09 hectáreas.

Caudal de diseño (QD). El caudal de diseño se obtiene con la suma del caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas.

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE} \quad (15)$$

Donde:

Q_D = Caudal de diseño para cada tramo de la red (L/s).

Q_{MH} = Caudal máximo horario del tramo (L/s).

Q_{INF} = Caudal por infiltraciones en el tramo (L/s).

Q_{CE} = Caudal por conexiones erradas en el tramo (L/s).

En la Tabla 16 se presenta todos los caudales proyectados para el periodo de diseño, de acuerdo al crecimiento de población. En el anexo 6 se detallan los caudales proyectados para cada año dentro del periodo de diseño.

Tabla 16.

Caudales proyectados en el Sistema de Alcantarillado de la Zona Urbana

Año	Población	QD	QI	QC	QIN	Qmd	F	QMH	QCE	QINF	QD
	(Hab)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)		(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
2047	3977	5,09	0,00	0,35	0,65	6,08	3,05	16,51	9,82	9,82	36,14

El mayor aporte de las aguas residuales del alcantarillado municipal de Ragonvalia son las AR domésticas, pues el municipio no cuenta con una zona industrial o espacios dedicados a ese tipo de actividades y las zonas comerciales e institucionales generan un aporte muy bajo en comparación con el uso residencial.

Tabla 17.

Caudales de Aporte de Aguas Residuales Actual y Proyectado en la Zona Urbana Municipal de Ragonvalia

Caudal (Q)	Unidades	2021	2047 (proyectado)
Q Aguas Domésticas	L/s	3,8	5,09
Q Aguas Institucionales	L/s	0,65	0,65
Q Aguas Comerciales	L/s	0,35	0,35
Q Aguas Industriales	L/s	0,00	0,00

Las aguas residuales domesticas se generan por descargas de los retretes y servicios sanitarios, descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

Al hacer una comparativa de las características del agua antes y después del punto de vertimiento se pueden apreciar aumentos en los parámetros analizados mediante estudios de laboratorio. Priorizando la atención en los sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno Pues son los parámetros de mayor control por las entidades territoriales como CORPONOR en el caso del municipio de Ragonvalia.

6. Estrategias y Propuesta de Tratamiento para las Aguas Residuales

En cumplimiento con el objetivo general del estudio, el cual se delimita principalmente en el tercer objetivo específico, mismo que está planteado en dos enfoques que son: las estrategias para disminuir la carga contaminante y la propuesta del tratamiento óptimo de la AR. Se presenta en este capítulo, en dicho orden de ideas, lo mencionado anteriormente, siendo el resultado, que, basados en los estudios e investigación de los capítulos anteriores, el proyecto entrega en beneficio del municipio de Ragonvalia y que la implementación de mismo ayudaría a mejorar la calidad de vida de esta población y de las comunidades aguas abajo, que tendrían agua de mejor calidad del agua, beneficiando su salud y su estilo de vida. Además, del importante aporte al cuidado y protección del medio ambiente, un acto de responsabilidad que beneficia a todos.

6.1. Estrategias para Disminuir la Carga Contaminante de las AR

El municipio de Ragonvalia cuenta con un solo emisario final en su sistema de alcantarillado, facilitando así el tratamiento total de las aguas residuales. No obstante, la unidad de servicios públicos, tiene conocimiento de un pequeño número de viviendas que no estarían conectadas a la red del alcantarillado municipal, debido a los desniveles presentes en el terreno, específicamente, para las viviendas que se ubican junto a la quebrada Aguablanca y Jerónima, impidiendo la conexión de las acometidas del alcantarillado. Dicha información se puede apreciar en la figura 23, donde se indica la ubicación del emisario final y de las fuentes hídricas mencionadas.



Figura 23. Red de Alcantarillado Municipal de la Zona Urbana del Municipio de Ragonvalia

Nota. Se señala el emisario final en círculo rojo. Recuperado de: EOT Ragonvalia actualización 2020.

A razón de lo anterior, en este estudio, dando cumplimiento a uno de sus objetivos, se plantea como estrategia para garantizar una recolección total o mayor de las aguas residuales en el municipio, la posibilidad de implementar un sistema de captación de las AR en las riberas de las quebradas que atraviesan la zona urbana, conduciéndolas por el álveo de las mismas, y conectándolas en un nivel inferior al de su captación. En la figura 24, se muestran en color rojo las zonas que, por su topografía, es probable que presenten la imposibilidad de conectar las acometidas directamente en la red del alcantarillado municipal. Por ende, justifican la adopción de la estrategia antes mencionada, y de esta manera se dé una cobertura en mayor medida de las AR tratadas en relación con las que el municipio produce.

corresponda, donde se vincule a la población que ejerce dichos oficios y se garantice en primera instancia una capacitación adecuada en la disposición de residuos, uso adecuado de productos químicos certificados para cada actividad y finalmente el funcionamiento de estas labores acorde a la normatividad vigente.

6.2. Propuesta de Tratamiento de las AR

6.2.1. Tipo de Tratamiento

Como se explicó en el numeral 2.2.5.1, el sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización es el tratamiento óptimo debido que es más eficiente removiendo la carga contaminante con menores costos económicos y efectos ambientales adversos. Creando así una alternativa de solución sin comprometer gran parte de presupuesto del municipio en su funcionamiento y mantenimiento a lo largo del tiempo. Adicionalmente en la Tabla 18 se relaciona la eficiencia de los sistemas de tratamiento, donde se aprecia la superioridad de las plantas basadas en lagunas facultativas. En los principales países en vía de desarrollo, las lagunas de estabilización se convierten en el método de tratamiento más apropiado de las AR de origen doméstico, ya que su funcionamiento se realiza por mecanismos naturales y altamente sostenibles (Sánchez Ortiz & Matsumoto, 2012).

Este proyecto de investigación pretende ser una herramienta de tipo instructivo en el proceso de la formulación del tratamiento de las AR para el municipio de Ragonvalia, mismo que se encuentra catalogado según la ley 1551 del 2012 como municipio de sexta categoría, razón por la que el presupuesto que podría destinar la administración para la materialización de proyectos de esta clase es limitado, por lo que el funcionamiento de sistemas de tratamiento de AR diferentes a las lagunas de estabilización, que pese a ocupar áreas menores y un incremento en el caudal de agua tratado por días, son más costosos de mantener a lo largo del tiempo.

Los tratamientos de AR basados en sistemas de lagunajes, son adecuados para pequeñas poblaciones, que como en el caso de Ragonvalia, no superan los 10.000 habitantes o usuarios aportantes al caudal de AR. Adicional a ello, estos sistemas no requieren una mano de obra especializada para su funcionamiento o monitoreo (Tchobanoglous & Crites, 2000). Aunque el mantenimiento, que en este caso es la remoción de lodos producto de la sedimentación de sólidos presentes en la laguna, sí requiere personal con previa capacitación, dicho proceso no genera un costo económico elevado, como lo sería en otro tipo de sistemas como los Biodiscos, Reactores UASB o sistemas de lodos activados (Rodríguez Fernández, y otros, 2006).

las lagunas facultativas tienen mayor facilidad de remover los lodos producidos, en comparación con las lagunas anaeróbicas y, aunque en algunos casos puede presentarse gran presencia de algas y aumentar el nivel de sólidos suspendidos en su efluente, se pueden remover de manera sencilla adicionando un sistema de filtración de estas algas, previo a la disposición final en el cuerpo de agua receptor (Bermeo Garay, 2016).

Tabla 18.

Rangos de Eficiencia en los Procesos de Tratamiento

	Unidades de tratamiento	Eficiencia Mínima de Remoción de Parámetros, Porcentajes (%)						Observaciones
		DBO ₅	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	
Pretratamiento	Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-15	0-6	0-40	N/A	Remociones con militamices y microcribas
	Desarenadores	0-5	0-5	0-10	N/A	N/A	N/A	
	Trampas de grasa	0-5	0-3	10-15	N/A	85-95	N/A	
Tratamiento primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	75-85	60-70	30-50	
	Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	75-85	80-90	80-90	
	Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	75-85	60-70	30-50	

Tratamiento secundario	Reactor UASBA (ARAFa)	65-85	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	Sin contar con algas Con sedimentación secundaria
	Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	75-85	70-90	80-90	
	Lagunas aireadas	80-90	60-70	N/A	N/A	N/A	80-90	
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lodos activados (convencional es)	80-95	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores de alta tasa (rocas)	65-90	55-70	60-85	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores de alta tasa (plástico)	75-95	60-80	65-85	N/A	N/A	80-90	
Desinfección	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Laguna de maduración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99,99	

Nota. Recuperado de: Resolución 0330 de junio de 2017 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

Este sistema de tratamiento consta de tanques formados por excavaciones o diques de tierra, con profundidades menores a 5 m tienen periodos de permanencia hidráulica de 1 a 40 días. Sus objetivos principales son reducir la presencia de organismos patógenos en líquidos residuales, disminuir DBO y DQO del líquido y permitir el reúso del líquido para la agricultura (Aburto & Luna, 2014).

En el proceso de diseño de las lagunas de estabilización propuesto por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS, se precisan dos aspectos fundamentales.

En primer lugar, datos básicos como lo son:

- Población presente y futura

- Consumo de agua potable y producción de aguas residuales
- Aspecto socio-económico de la población o comunidad beneficiada
- Características de las aguas residuales producidas en la actualidad (DBO, contenido de sólidos, temperatura, PH del agua, contenido de nitrógenos, contenido de fósforos entre otros)
- Condiciones meteorológicas de la región
- Topografía y características del suelo

El siguiente aspecto corresponde a criterios como la carga orgánica, el funcionamiento y la eficiencia esperada de la laguna, el diseñador debe tener conocimiento de los procesos de estabilización biológicos que suceden en la laguna, la relación con las condiciones ambientales existentes, y las características generales de las aguas residuales.

Dentro de estos criterios, existe una incertidumbre en los comportamientos de la laguna, por esto se realizan comparativas de plantas semejantes en zonas con las características ambientales similares a las que se tienen en la zona que se pretenden intervenir.

Las PTAR, normalmente cuentan con disposiciones en serie y paralelo de lagunas, esto con el fin de aumentar su eficiencia total y disminuir en cierta medida el área a utilizar en la construcción de las mismas. Adicional a eso en algunos casos se cuentan con sistemas que permiten la recirculación del agua en las lagunas, también con el fin de aumentar la eficiencia en su funcionamiento.

Dependiendo de la disposición del sistema de lagunas se obtendrá mayores o menores valores de eficiencia en los procesos de tratamiento. Como se muestra en la figura 25, se puede acudir a una disposición en serie y/o en paralelo de dos o más lagunas que permitan mejor aprovechamiento del área disponible para su construcción.

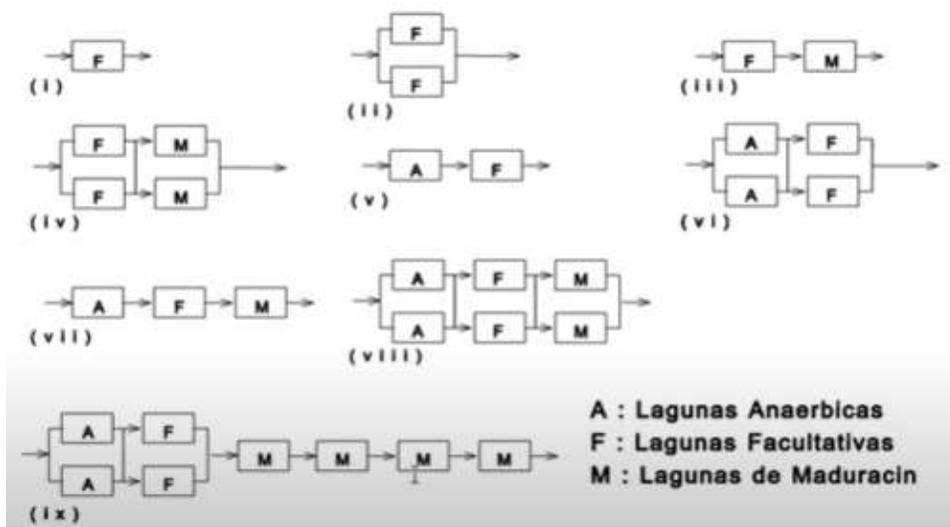


Figura 25. Diferentes Configuraciones de Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales por Lagunajes.

Nota. Recuperado de: https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Configuracion-de-lagunas-en-paralelo-facultativa-mas-maduracion-Fuente_fig1_312491882 el 5 de noviembre de 2021.

6.2.2. Propuesta de Localización de la PTAR

Como parte fundamental del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la zona urbana del municipio de Ragonvalia, se debe contar con un lugar adecuado para su construcción.

Para lagunas facultativas se debe tener una distancia mínima de 200 metros con relación a centros poblados y 50 metros con fuentes de agua para consumo humano diferente a la descarga (Tabla 19). En las figuras 26 y 27, se muestran la zona propuesta en cuestión, en donde se evidencia el cumplimiento de estas distancias mínimas permitidas por la norma vigente.

Tabla 19.

Distancias Mínimas para la Localización de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales con relación a otra Infraestructura

Tecnología	Con respecto a	Distancia (metros)
PTAR	Fuentes de agua para consumo humano diferente a la descarga	50
PTAR con reactor aeróbico y aireación difusa	Centros poblados	75
PTAR con reactor aeróbico y aireación superficial (aerosoles)	Centros poblados	100
PTAR con reactor anaerobio	Centros poblados	200
PTAR	Planta de potabilización y tanques de agua	150
Lagunas anaerobias	Centros poblados	500
Lagunas facultativas	Centros poblados	200
Lagunas aireadas	Centros poblados	100
Filtros percoladores de baja tasa (problemas con moscas)	Centros poblados	200
Filtros percoladores de media y alta tasa	Centros poblados	100

Nota. Recuperado de: Resolución 0330 de junio de 2017 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

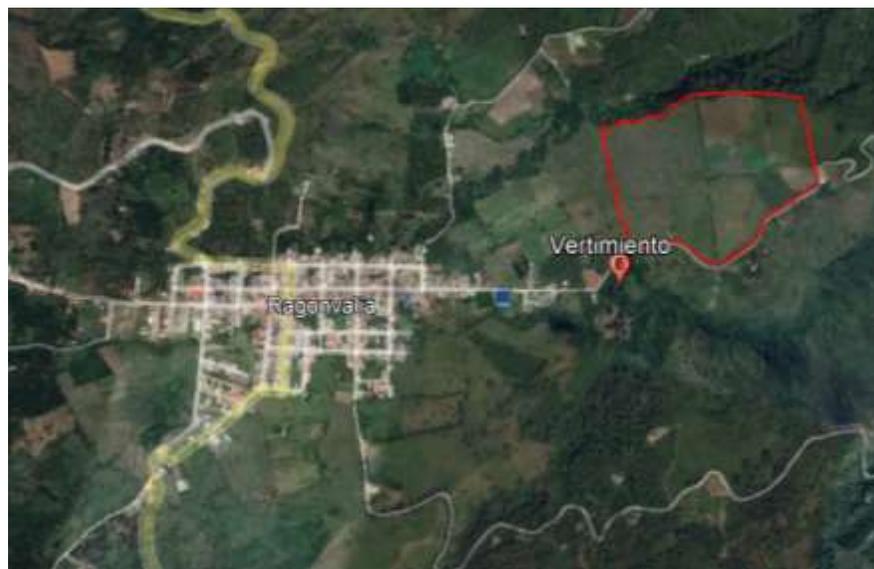


Figura 26. Propuesta de Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Zona Urbana del Municipio de Ragonvalia.

Nota. Fuente cartográfica: Google Earth.



Figura 27. Detalle del Terreno Propuesto como Alternativa de Ubicación de la PTAR

El terreno se ubica con el sistema Magna Sirgas con las coordenadas 1333142,516N; 1509301,268E de tipo Gauss-Krüger, Origen Este. ubicado en la vereda La Alhambra, zona rural del municipio de Ragonvalia, dicha área actualmente no está considerada como expansión urbana como se muestra en la figura 28. Adicional a ello, en la figura 29 se observa que, en la zona descrita no se han presentado problemas de erosión o amenazas de riesgo, descritos en el EOT municipal.



Figura 28. Demarcación de la Zona de Expansión Urbana del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

Nota. Fuente: Actualización E.O.T. 2020, Secretaría de Planeación Municipal.

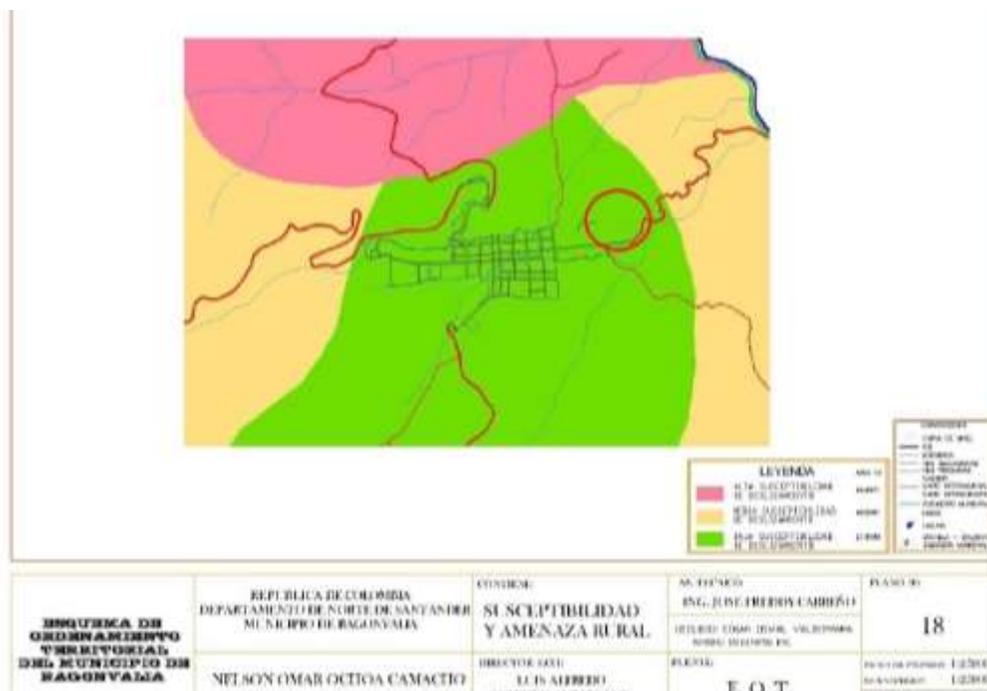


Figura 29. Mapa de Zonas de Riesgo o Susceptibles a la Erosión, Vereda la Alhambra, Zona Rural del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

Nota. Fuente: E.O.T. Alcaldía Municipal de Ragonvalia, 2002 (editada por autores).

Adicional a las características mencionadas, la zona propuesta presenta pendientes suaves que facilitan la construcción de la laguna facultativa, cuneta con un área aproximada de 20 hectáreas, lo cual se convierte en una ubicación óptima para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Además, se tiene en cuenta el uso de suelo actual para dicha zona, que fue verificado en el plano número 28 del EOT municipal, donde se establece el uso de suelo de la zona rural del municipio, siendo este “Bns Bosque natural secundario” (Figura 30).

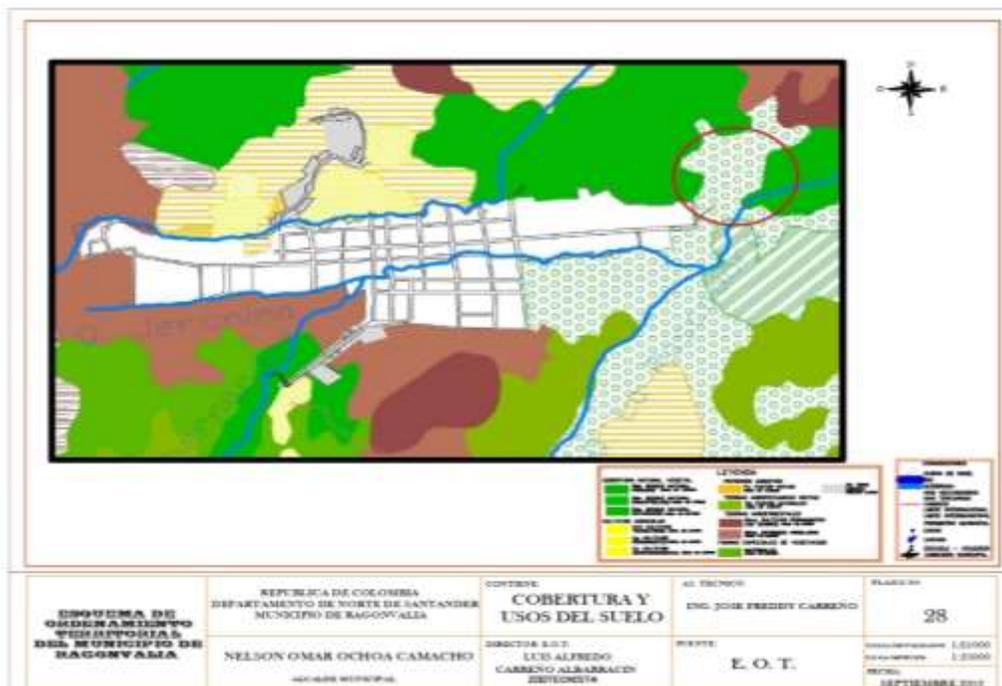


Figura 30. Mapa de Uso de Suelo. Vereda La Alhambra, Zona Rural del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

Nota. Fuente: E.O.T. Alcaldía Municipal de Ragonvalia, 2002. (editada por autores).

6.2.3. Información Disponible para el Proceso de Diseño

La temperatura promedio de las aguas residuales se obtuvo de los informes de caracterización anuales que se tienen como base de los análisis realizados en el capítulo 5, con el cual tenemos una temperatura promedio de 20,05°C.

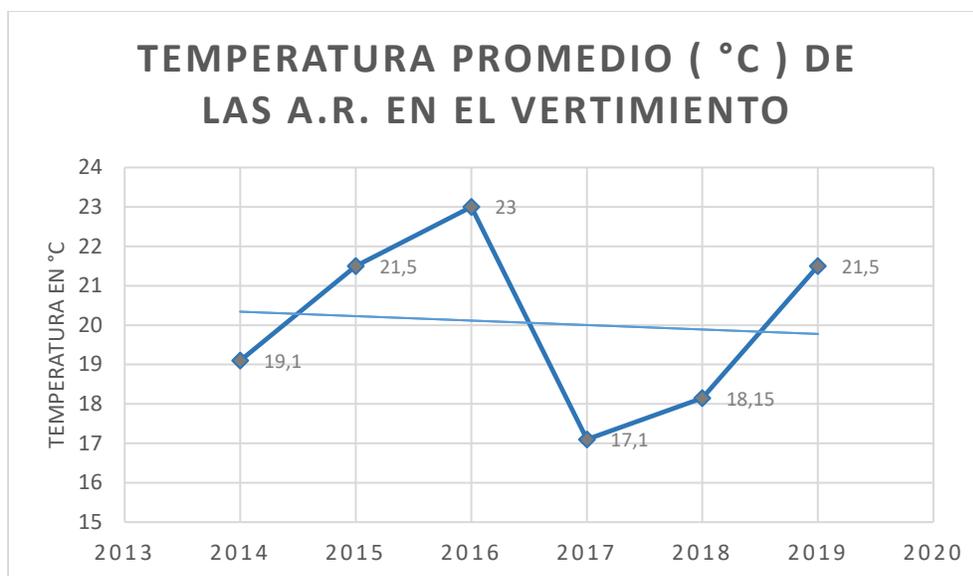


Figura 31. Temperatura Promedio de las Aguas Residuales en el Punto de Vertimiento.

La población inicial y final para el cálculo se realizará basados en los valores obtenidos por el método geométrico. Para una proyección a 25 años (2021-2047) Por ende, tendremos los siguientes valores:

- Población inicial= 2976 habitantes
- Población final proyectada= 3977 habitantes

Para la demanda bioquímica de oxígeno tomaremos el valor máximo presente en el periodo 2014 – 2019

- DBO = 403,75 mg/l

La producción de aguas residuales será el caudal total obtenido, dividido entre la población proyectada (método geométrico)

- Producción de AR = 132,09 L/Hab*día

El valor promedio de evaporación en la zona urbana del municipio de Ragonvalia se obtiene de la estación hidrometeorológica manual del IDEAM presente en el municipio.

- Evaporación = 3 mm/día



Figura 32. Tanque de Medición de Evaporación, Estación Meteorológica Manual (IDEAM).

Ubicación: Cabecera Municipal de Ragonvalia, Norte de Santander.

La infiltración en el suelo de la laguna dependerá del proceso constructivo del a misma y las características específicas del terreno. En el anexo 7 se expone el estudio geotécnico realizado por el Departamento Para la Prosperidad Social en una zona aledaña a la ubicación del emisario final y al punto donde se sugiere realizar la construcción de la PTAR, en el cual encontramos un perfil conformado por una capa vegetal de 0,4m de espesor, presenta una grava areno-arcillosa de granulometría gruesa a media, la arena de granulometría fina. Compacidad media, según sus límites de plasticidad, se considera ligera, de compresibilidad ligera o baja y cambio potencial de volumen probablemente bajo.

Con base en estas características se pueden asumir velocidades de infiltración menores a 2mm/hora, esto en casos de suelos con alta presencia de arenas de granulometría gruesa o de gran tamaño. Para suelos con arenas de granulometría fina se estiman valores medios de 0.2 mm/hora (Franch & Torrijo, 2013).

- Infiltración en el suelo de la laguna = 0,2 mm/Hora.

6.2.4. Producción de Aguas Residuales

$$\text{prod. AR actual} = \text{produccion de AR} * \text{pob inicial} \quad (16)$$

$$= 132,09 \text{ l/hab/dia} * 2976 \text{ hab}$$

$$= 393092,41 \text{ l/dia}$$

$$= 393,0924 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{prod. AR futura} = \text{produccion de AR} * \text{pob futura inicial} \quad (17)$$

$$= 132,09/\text{hab dia} * 3799 \text{ hab}$$

$$= 525312 \text{ l/dia}$$

$$\text{prod AR futura} = 525,312 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6.2.5. Carga Orgánica de las Aguas Residuales

DBO de las aguas residuales a 20,05°C = 403,75 mg/l

$$\text{Carga orgánica AR actual} = \frac{\text{DBO AR}}{1000} * \text{Prod AR actual inicial} \quad (18)$$

$$= \frac{403,75 \text{ mg/l}}{10^3} * 393,0924 \text{ m}^3/\text{dia} = 158,711 \text{ Kg/dia}$$

$$\text{Carga orgánica AR futura} = \frac{\text{DBO AR}}{1000} * \text{Prod AR futura} \quad (19)$$

$$= \frac{403,75 \text{ mg/l}}{10^3} * 525,312 \text{ m}^3/\text{dia} = 212,0947 \text{ Kg/dia}$$

6.2.6. Modelo de Yáñez Lasso (CEPIS)

Cargas superficiales para lagunas facultativas recomendadas por la resolución 0330 del 08 de junio del 2017, del ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

Carga superficial aplicada:

$$Csa = 350 \text{ Kg DBO/ha/dia}$$

Carga superficial removida:

$$Csa = 7,67 + 0,8063 * 4350 \text{ Kg} \frac{\text{DBO}}{\text{ha}} * \text{dia} = 289,875 \text{ KgDBO/dia} \quad (20)$$

Área necesaria de laguna principal:

$$\text{Área actual} = \frac{\text{carga orgánica AR actual}}{Csa} = \frac{158,711 \text{ Kg/dia}}{350 \text{ KgDBO/ha/dia}} \quad (21)$$

$$\text{Área actual} = 0,45346 \text{ Hectáreas}$$

$$\text{Área futura} = \frac{\text{carga orgánica AR futura}}{Csa} = \frac{212,0947 \text{ Kg/dia}}{350 \text{ KgDBO/ha/dia}} \quad (22)$$

$$\text{Área futura} = 0,60598 \text{ Hectáreas}$$

Volumen de la laguna:

Para una altura de 1,5 metros se obtienen los siguientes volúmenes

$$\text{Vol. Actual} = \text{Área actual (m)} * h = (0,45346 * 10^4) * 1,5\text{m} = 6801,9026\text{m}^3 \quad (23)$$

$$\text{Vol. futuro} = \text{Área futura (m)} * h = (0,60598 * 10^4) * 1,5\text{m} = 9089,7737\text{m}^3 \quad (24)$$

Periodo de retención:

En este punto se precisa conocer las pérdidas por infiltración y evaporación

$$\begin{aligned} \text{Infiltración actual} &= \frac{\text{infiltr.en suelo de laguna}}{1000} * 24\text{Horas} * \text{Área actual (m}^2\text{)} & (25) \\ &= \frac{0,2}{1000} * 24 * 0,45346 * 10^4 = 21,766 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Evaporación actual} &= \frac{\text{Evaporacion (mm)}}{1000} * \text{Área actual (m}^2\text{)} & (26) \\ &= \frac{3}{1000} * 0,45346 * 10^4 = 13,604 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas actuales en la laguna} &= \text{Inf. actual} + \text{Evap. actual} & (27) \\ &= 21,766 + 13,604 = 35,370 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Infiltración futura} &= \frac{\text{infiltr.en suelo de laguna}}{1000} * 24\text{Horas} * \text{Área futura (m}^2\text{)} & (28) \\ &= \frac{0,2}{1000} * 24 * 0,60598 * 10^4 = 29,0872 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Evaporación futura} &= \frac{\text{Evaporacion (mm)}}{1000} * \text{Área futura (m}^2\text{)} & (29) \\ &= \frac{3}{1000} * 0,60598 * 10^4 = 18,17954 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas futuras en la laguna} &= \text{Inf. futura} + \text{Evap. futura} & (30) \\ &= 29,0872 + 18,17954 = 47,26682 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\text{Caudal efluente actual } Q_a = \text{prod AR actual} - \text{Pérdidas actuales en la laguna} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} &= 393,0924 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} - 35,370 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \\ &= 357,723 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

$$\text{Caudal efluente futuro } Q_f = \text{prod AR futura} - \text{Pérdidas futuras en la laguna} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} &= 525,312 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} - 47,26682 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \\ &= 478,04518 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \end{aligned}$$

Periodos de retención:

$$P \text{ ret. actual} = \frac{\text{Vol. actual}}{Q_a} = \frac{6801,9026}{357,723} = 19,014466 \text{ dias} \quad (33)$$

$$P \text{ ret. futura} = \frac{\text{Vol. futuro}}{Q_f} = \frac{9089,7737}{478,04518} = 19,014466 \text{ dias} \quad (34)$$

DBO soluble en el efluente de la laguna principal:

$$\text{Carga superficial existente } C_{se} = C_s \text{ aplicada} - C_s \text{ removida} \quad (35)$$

$$C_{se} = 350 - 289,875 = 60,125 \text{ KgDBO} / \text{m}^3$$

$$\text{DBO efluente actual} = \frac{C_{se} * \text{Area actual}}{Q_a} = \frac{60,125 * 0,45346}{357,723} \quad (36)$$

$$= 0,0762163 \text{ KgDBO} / \text{m}^3 = 76,2163 \text{ gDBO} / \text{m}^3$$

$$\% \text{ de remoción de DBO} = \frac{\text{DBO de AR a } 20,05^\circ\text{C} - \text{DBO efluente actual}}{\text{DBO de AR a } 20,05^\circ\text{C}} * 100 \quad (37)$$

$$= \frac{403,75 - 76,21632}{403,75} * 100 = 81,122\%$$

$$DBO \text{ efluente futura} = \frac{Cse * Area \text{ futura}}{Qf} = \frac{60,125 * 0,6059}{478,04518} \quad (38)$$

$$= 0,0762163 \text{ KgDBO}/m^3 = 76,2163 \text{ gDBO}/m^3$$

$$\% \text{ de remoción de DBO} = \frac{DBO \text{ de AR a } 20,05^\circ\text{C} - DBO \text{ efluente futura}}{DBO \text{ de AR a } 20,05^\circ\text{C}} * 100 \quad (39)$$

$$= \frac{403,75 - 76,21632}{403,75} * 100 = 81,122\%$$

Con lo anterior se observa que, con una laguna de estabilización, lograríamos bajar a los valores máximos permitido por la resolución 631 del ministerio del ambiente y desarrollo sostenible, en cuanto a demanda biológica de oxígeno se refiere. Logrando una disminución del 81% de la DBO.

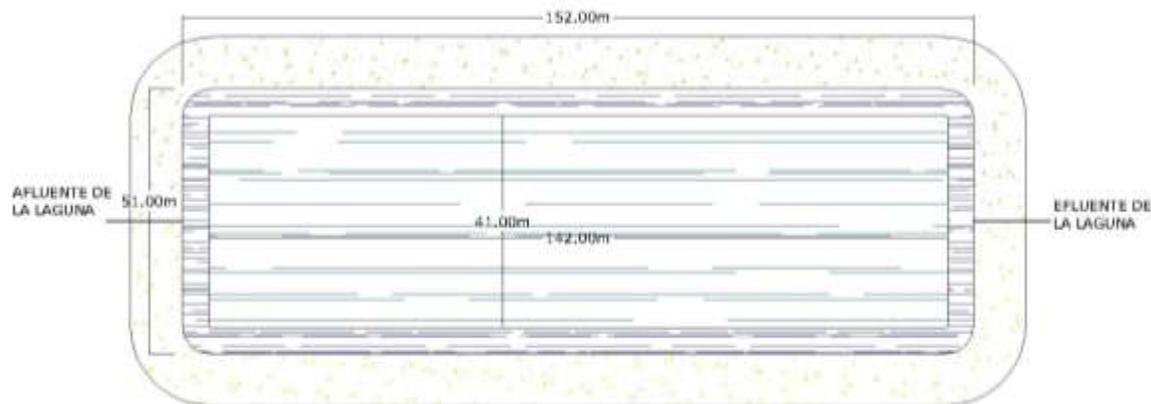


Figura 33. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Vista en Planta

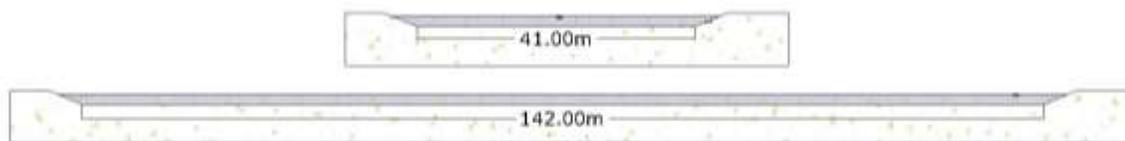


Figura 34. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Vista en Perfil

Transversal y Longitudinal

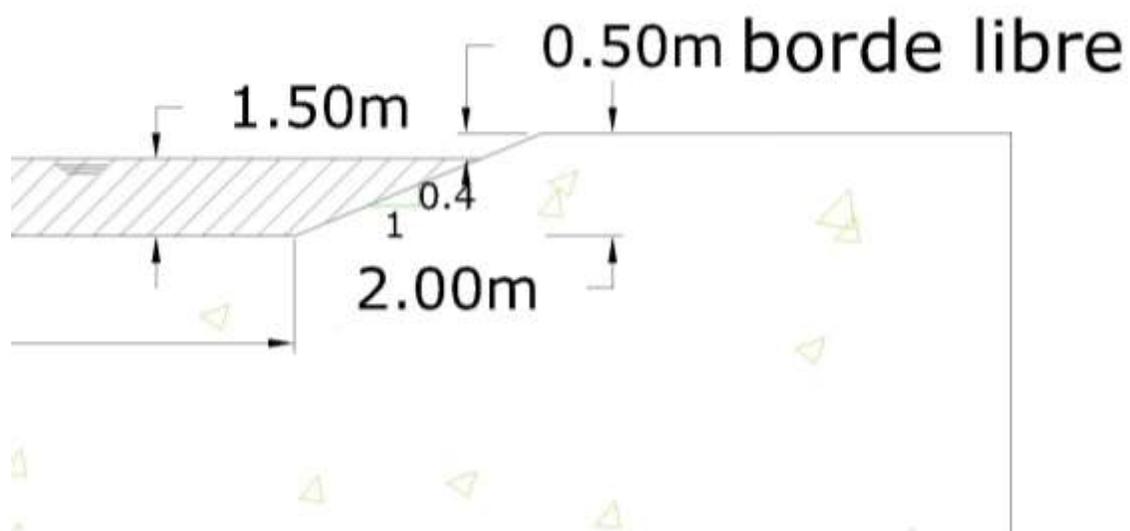


Figura 35. Bosquejo del Dimensionamiento de la Laguna Facultativa, Detalle de Talud

7. Conclusiones

En este trabajo se planteó un tratamiento óptimo para las aguas residuales del área urbana del municipio de Ragonvalia del departamento Norte de Santander. El cual consta de una laguna facultativa que garantizará el cumplimiento de los límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, plasmados en la resolución 631 de 2015, del ministerio del ambiente y desarrollo sostenible.

Con base en los estudios de las aguas residuales del municipio de Ragonvalia desde la vigencia 2014 y hasta la vigencia 2019, se logra identificar que los factores que inciden mayormente en la generación de las aguas residuales son las demandas bioquímicas y las demandas químicas de oxígeno, debido a las altas cargas contaminantes, producto de las actividades domésticas y comerciales de la población de la zona urbana del municipio.

Se concluye que para el tamaño de la población del municipio de Ragonvalia proyectada hasta el año 2047, un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en una laguna facultativa, es eficiente y permite lograr las disminuciones de contaminación deseadas. Siendo esto verdaderamente favorable para la ejecución y construcción de la PTAR, pues no demanda gran cantidad de área y presupuesto para su funcionamiento.

Las estrategias que se presentaron en este documento, se hicieron con el fin de complementar el tratamiento de aguas residuales por medio de una laguna facultativa, el propósito de las mismas es ayudar a disminuir la carga contaminante depositada en las fuentes hídricas del municipio, en las cuales, se pretende abarcar sectores como comercio, turismo y educación, que de cierta manera están involucrados en la producción de aguas residuales; teniendo estas un enfoque ambiental y uno constructivo.

Observando los resultados de la información obtenida por la encuesta, se puede apreciar que cerca del 5% de la población no deposita sus aguas residuales domesticas en el alcantarillado municipal, no obstante, se concluye que hay un gran cubrimiento de este servicio en la totalidad de la zona urbana del municipio de Ragonvalia. Según la información recolectada, se puede apreciar un gran incremento de población en temporadas de fiestas y/o vacaciones, siendo esto un posible factor a tener en cuenta en el crecimiento poblacional y por ende en los caudales de aporte al alcantarillado municipal.

8. Recomendaciones

Dados los resultados de la encuesta aplicada para este estudio, se encontró que cerca del 5% de los usuarios no hacen uso del sistema de alcantarillado municipal, por lo que se recomienda analizar dicha situación para proponer una alternativa que incremente el alcance del servicio.

Con el fin de aumentar la zona de expansión urbana del municipio, se recomienda analizar la viabilidad de tomar la quebrada Aguablanca como fuente receptora, ya que la misma permite que la PTAR quede lo más retirado posible del casco urbano.

Una vez presentado en este documento el diagnóstico de la situación del municipio de Ragonvalia frente a la contaminación de las fuentes hídricas con aguas residuales, se recomienda a la administración municipal revisar la factibilidad de formular un proyecto que contemple la ejecución de la propuesta planteada en este estudio, y en consecuencia, dar solución a dicha problemática.

Se recomienda a la entidad pertinente, una mayor vigilancia en los procesos de aprobación de licencias de construcción, haciendo énfasis en la verificación del correcto manejo de aguas lluvias, esto con el fin de disminuir el caudal de conexiones erradas y, de esta manera, evitar un aumento en el caudal de AR aportada por los usuarios.

9. Referencias Bibliográficas

- Aburto, P., & Luna, C. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque San Juan de Aragón. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 47.
- Arboleda Valencia, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá: McGraw Hill.
- Barraqué, C., Sociedad Anónima Española Degremont, & Et al. (1979). *Manual técnico del agua*. Bilbao: Bilbao Degremont.
- Bermeo Garay, M. (2016). *Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales (segunda edición Mejorada y Actualizada ed.)*. Guayaquil, Ecuador: Autores.
- CDGR , UNGR, & Universidad de Pamplona. (07 de Julio de 2021). *S.A.T.C. Norte de Santander*.
Obtenido de <https://www.satcnortedesantander.gov.co/>
- cloete, E., & Muyima, N. (1997). *serie de informes científicos y técnicos de análisis de comunidades microbianas*. Cambridge, Inglaterra: IWA Publishing.
- Comisión nacional del agua CONAGUA. (2015). *Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Mexico D.F, Mexico: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales.
- Contraloria general del departamento Norte de Santander. (2019). *Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente*. San José de Cúcuta, Norte de Santander.
- Da Cámara, L., Hernández, M., Paz, L., & Gómez, M. (2014). *Manual de diseño para planta de tratamiento de aguas residuales alimenticias*.

- Daphne, L. (1994). *Hazardous organic waste amenable to biological treatment. En Biotechnology for the treatment of Hazardous waste*. Chelsea: Lewis publishes.
- E.O.T. Alcaldia municipal de Ragonvalia. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Ragonvalia, Colombia.
- Eddy, M. &, Tchobanoglous, G., & Burton, F. &. (2002). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York: McGrawHill Education.
- Fair, G. (1973). *Purificación de aguas y tratamientos y remoción de aguas residuales (Primera edición ed.)*. Limusa Wiley.
- Franch, J., & Torrijo, J. (03 de abril de 2013). *Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación («in situ» y en laboratorio)*. Obtenido de <https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>
- Gomes, K. R. (2009). *Wasterwater Management*. Oxford book Co., 19.
- González Manosalva, J., Mejía Ruiz, R., & Molina Pérez, F. (2012). Diseño conceptual de una estación experimental de tratamiento de aguas residuales domesticas orientada a municipios con población menor a 30.000 habitantes. *Revista Ingenierías Universidad de Medellin*, 87-99.
- IDEAM. (2004). *Metodología para el calculo del indice de escacez de aguasuperficial*. Bogotá.
- Lalaleo Camino, M. (2015). *Optimización de la planta de tratamiento de agua residual de la empresa Bioalimentaria, sector pachanlica*. Riobamba, Ecuador: Tesis de Grado.

- Lizarazo Becerra, J., & Orjuela Gutiérrez, M. (2013). *Sistemass de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia Tesis de Grado Esp. en Administración en salud Publica*. Bogotá, Colombia: Autores.
- Metcalf, & Eddy. (1998). *Ingenieria de aguas residuales. Tratamiento , vertimiento y reutilización*. McGrawHill.
- Ministerio de la protección social; ministerio del ambiente, vivienda y desarrollo sostenible. (2007). *Resolucion 2115*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de la protección social. (2007). Decreto 1575. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vivienda. (2016). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. *Titulo D*. Bogotá, Colombia: el ministerio.
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (17 de junio de 2017). resolución 0330. *Sistema de tratamiento de aguas residuales .*, 182. bogotá, Colombia.
- Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible. (2015). *Resolucion 631 del 17 de marzo*.
- Miranda, J., Ubaque, C., & Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Tecnura: Tecnologias y Cultura afirmando el conocimiento*, 19-46; 149-164.
- Mujeriego Sahuquillo, R. (1989). *Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada*. Catalunya, España: Universidad Politecnica.
- Organizacion mundial de la salud (OMS). (1974). *Servicios publicos de evaluación de aguas residuales. informe N° 541*. Ginebra: Organización mundial de la salud.

- Pérez, A., & Torres, P. (2008). Índices de alcalinidad para el control del tratamiento anaerobico de aguas residuales fácilmente acidificables. *Ingeniería y Competitividad*, 10.
- Rodríguez Fernández, A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valdiño, M., Villar Fernández, S., & Sanz García, J. (2006). *Tratamiento avanzado de aguas residuales industriales*. Madrid, España: Elecé Industria Gráfica.
- Rojas, R. (2002). Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. *Sistema de tratamiento de aguas residuales* (pág. 19). CEPIS/ OPS-OMS.
- Sánchez Ortiz, I., & Matsumoto, T. (2012). Evaluación del desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de ILHA Solteira (SP) por lagunas facultativas primarias. *Scielo*, 3-4.
- Sayago, U., & Sayago, J. (2011). *Estimación de la confiabilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan con lagunas de estabilización en la cuenca alta y media del rio Bogotá*. Bogotá, Colombia.: Autores.
- Souza, M. (1997). *Metodología de análisis de decisiones para seleccionar alternativas de tratamieno y uso de Aguas residuales*. Brasilia, Brasil: Universidad de Brasilia.
- Suárez Ibujés, M. (2011). Cálculo del tamaño de la muestra. *Repositorio Universidad Tecnica del Norte*, 6.
- Tchobanoglous, G., & Crites, R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. New York: McGraw Hill.
- Vivanco, E., Yaya, R., & Chamy, R. (23 de enero de 2022). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas y residuos industriales*. Obtenido

de CYTED. programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo:
https://www.cytcd.org/sites/default/files/tratamiento_anaerobio_de_aguas_residuales.pdf

Anexos

**Anexo 1. Encuesta de Información del Alcantarillado, dirigida a los Usuarios del
Acueducto del Municipio de Ragonvalia, Norte de Santander**

1. ¿A qué sistema de recolección de aguas residuales está conectada la vivienda?

- a. Alcantarillado municipal _____
- b. Pozo séptico _____
- c. Directo a la quebrada _____
- d. Otro, ¿Cuál?

2. Su vivienda es tipo:

- a. Unifamiliar _____
- b. Multifamiliar _____
- c. Hotel _____
- d. Comercio _____
- e. Otro, ¿Cuál?

3. Su vivienda es de uso

- a. Ocasional _____
- b. Permanente _____

4. ¿Cuántas personas habitan permanentemente en la vivienda?

- a. 1-2 _____
- b. 3-4 _____
- c. 5-6 _____
- d. 7 o más _____

5. ¿Cuántas personas se reciben visitas en la vivienda?

- a. 1-2 _____
- b. 3-4 _____
- c. 5-6 _____
- d. 7 o más _____

6. ¿Con qué frecuencia se recibe visitas?

- a. Cada fin de semana _____
- b. Cada mes _____
- c. Vacacional _____
- d. Solo en festividades _____

7. Su vivienda cuenta con suministro de agua del:

- a. Acueducto Municipal _____
- b. Recolección de cuencas _____
- c. Otro, ¿Cuál?

8. Si su vivienda cuenta con el suministro de agua diferente del acueducto municipal, ¿cada cuánto hay suministro de agua?

- a. Permanente _____
- b. Cada 2 días _____
- c. Cada 5 días _____
- d. Otro, ¿Cuál?

9. En su vivienda, las aguas lluvias son conducidas al alcantarillado

- a. Totalmente _____
- b. Parcialmente _____
- c. No se conducen _____
- d. Otro

Anexo 2. Informes de Caracterización de las Aguas Residuales del Municipio de Ragonvalia.

1. Vigencia 2014.

Tabla A.2.1.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: IR-14-138		FECHA DE EMISIÓN: 2014-12-22				
MUNICIPIO: Ragonvalia SITIO: Quebrada la Rascadora- Antes del vertimiento Coordenadas X= 1177797 Y=1330552 y h=1296 CLASE DE MUESTRA: Agua Superficial TIPO DE MUESTRA: Compuesta PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPA-07-P-014 PLAN DE MUESTREO N°:14-138		RECOLECTADA POR: Sandy Rodriguez INTERESADO: Alcaldía Municipio de Ragonvalia-Corponor DIRECCIÓN: Municipio de Ragonvalia Palacio Municipal Centro Municipio de Cúcuta, Calle 13 Av. el Bosque, # 3E-278 Barrio Caobos				
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	14-138-465	14-138-466	14-138-467	14-138-468		
Fecha de recolección (A/M/D)	2014/12/11	2014/12/11	2014/12/12	2014/12/11		
Hora de recolección (hh:mm)	07:00-12:00	13:00-18:00	19:00-00:00	01:00-06:00		
Fecha de entrada (A/M/D)	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12		
Hora de entrada (hh:mm)	07:30	07:30	07:30	07:30		
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17		
Parámetro	Método	Unidades				
Sólidos Suspendedos Totales	SM 2540 D, Ed. 21/2005	mg/L	4,90	5,70	4,70	5,30
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	2,64	2,94	2,63	2,75
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 21/2005	mg/L	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Conductividad eléctrica a 25 °C	SM 2510 B, Ed. 21/2005	uS/cm	275	292	257	257
Oxígeno Disuelto	SM 4500 O B Y C, Ed. Ed. 21/2005	mg O ₂ /L	7,95	7,75	7,65	7,90
Coliformes Totales	SM 9221 B, Ed. 21/2005	NMP/ 100 ml	46 x 10 ²	11 x 10 ²	11 x 10 ²	15 x 10 ²
Coliformes Fecales	SM 9221 E, Ed. 21/2005	NMP/ 100 ml.	930	24 x 10 ²	430	750
Observaciones: Muestras simples de Microbiología y Oxígeno Disuelto tomada a las siguientes horas: 14-138-465: 10:00, 14-138-466: 16:00, 14-138-367: 22:00, 14-138-468: 04:00						
Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización del Coordinador de Laboratorio Ambiental de Corponor ²						
Angela O./Sandy R./ Pedro M.						

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2014. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.1.2

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: IR-14-138		FECHA DE EMISIÓN: 2014-12-22									
MUNICIPIO: Ragonvalia SITIO: Alcaldía Municipal de Ragonvalia -Vertimiento Coordenadas X= 1177884, Y=1330424 y h=1286 CLASE DE MUESTRA: Agua Residual Domestica TIPO DE MUESTRA: Compuesta PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPA-07-P-014 PLAN DE MUESTREO N°: 14-138		RECOLECTADA POR: Pedro Moreno- Sandy Rodríguez INTERESADO: Alcaldía Municipio de Ragonvalia -Corponor DIRECCIÓN: Municipio de Ragonvalia Palacio Municipal Centro Municipio de Cúcuta, Calle 13 Av el Bosque, # 3E-278 Barrio Caobos.									
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	14-138-469	14-138-470	14-138-471	14-138-472	14-138-477	14-138-478	14-138-479	14-138-480			
Fecha de recolección (A/M/D)	2014/12/11	2014/12/11	2014/12/11	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/13	2014/12/13		
Hora de recolección (hh:mm)	07:00-12:00	13:00-18:00	19:00-00:00	01:00-06:00	07:00-12:00	13:00-18:00	19:00-00:00	01:00-06:00	07:30		
Fecha de entrada (A/M/D)	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/13	2014/12/13	2014/12/13	2014/12/13	2014/12/13		
Hora de entrada (hh:mm)	07:30	07:30	07:30	07:30	07:30	07:30	07:30	07:30	07:30		
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17	2014/12/12 2014/12/17		
Parámetro	Método	Unidades									
Sólidos Suspendedos totales	SM 2540 D, Ed. 21/2005	mg/L	188	218	44,6	71,0	143	121	72,5	83,5	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	117	176	48,7	68,0	146	114	71,5	48,4	
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 21/2005	mg/L	216	295	80,7	118	322	267	146	70,4	
Observaciones: —											
Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización del Coordinador de Laboratorio Ambiental de Corponor ²											
Angela O./Sandy R./ Pedro M.											

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2014. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.1.3

Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: IR-14-138		FECHA DE EMISION: 2014-12-22				
MUNICIPIO: Ragonvalia SITIO: Quebrada La Rascadora- Después del vertimiento Coordenadas X= 11779532 Y=1330953 y h=1212 CLASE DE MUESTRA: Agua Superficial TIPO DE MUESTRA: Compuesta PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPA-07-P-014 PLAN DE MUESTREO N°: 14-138		RECOLECTADA POR: Sandy Rodríguez INTERESADO: Corponor DIRECCION: Municipio de Ragonvalia Palacio Municipal Centro Municipio de Cúcuta, Calle 13 Av. el Bosque, # 3E-278 Barrio Caobos				
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	14-138-473	14-138-474	14-138-475	14-138-476		
Fecha de recolección(A/M/D)	2014/12/11	2014/12/11	2014/12/12	2014/12/11		
Hora de recolección (hh:mm)	07:10-12:10	13:10-18:10	01:10:08:10	19:10:00:10		
Fecha de entrada (A/M/D):	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12		
Hora de entrada (hh:mm)	07:30	07:30	07:30	07:30		
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12	2014/12/12		
	2014/12/17	2014/12/17	2014/12/17	2014/12/17		
Parámetro	Método	Unidades				
Sólidos Suspendedos Totales	SM 2540 D, Ed. 21/2005	mg/L	7,30	10,7	12,9	16,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	7,46	9,77	1,79	4,74
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 21/2005	mg/L	26,0	30,5	<10,0	<10,0
Conductividad			253	251	250	252
Oxígeno Disuelto	SM 4500 O B Y C, Ed. Ed. 21/2005	mg O ₂ /L	8,00	7,55	7,65	7,80
Coliformes Totales	SM 9221 B, Ed. 21/2005	NMP/ 100 ml.	46 x 10 ⁴	24 x 10 ⁴	75 x 10 ³	43 x 10 ³
Coliformes Fecales	SM 9221 E, Ed. 21/2005	NMP/ 100 ml.	93 x 10 ²	93 x 10 ²	23 x 10 ²	23 x 10 ²
Observaciones: Muestras simples de Microbiología y Oxígeno Disuelto tomadas a las siguientes horas: 14-138-473: 10:10, 14-138-474: 16:10, 14-138-475: 22:10, 14-138-476: 22:10. *Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización del Coordinador de						

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2014. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

2. Vigencia 2015.

Tabla A.2.2.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: IR-15-085		FECHA DE EMISION: 2015/10/09				
MUNICIPIO: Ragonvalia, Vereda La Alambra SITIO: Quebrada La Rascadora, 100 metros antes del vertimiento CLASE DE MUESTRA: Superficial PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: No Aplica		TIPO DE MUESTRA: Compuesta PLAN DE MUESTREO N°: No Aplica				
RECOLECTADA POR: Giovanni Cuellar INTERESADO: Giovanni Alonso Cuellar Jaramillo (PSMV Municipio Ragonvalia) DIRECCION: Vereda La Alambra, Ragonvalia, Norte de Santander						
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	15-085-540	15-085-541	15-085-542	15-085-543		
Fecha de recolección(A/M/D)	2015/09/30	2015/09/30	2015/09/30	2015/10/01		
Hora de recolección (hh:mm)	06:00-11:00	12:00-17:00	18:00-23:00	00:00-5:00		
Fecha de entrada (A/M/D):	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01		
Hora de entrada (hh:mm)	08:00	08:00	08:00	08:00		
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06		
Parámetro	Método	Unidades				
Sólidos Suspendedos Totales	SM 2540 D, Ed. 22/2012	mg/L	<3,00	<3,00	5,60	3,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	1,95	1,53	1,35	<1,03
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 22/2012	mg/L	11,5	<10,0	10,2	10,2
Conductividad eléctrica a 25 °C	SM 2510 B, Ed. 22/2012	us/cm	250	259	249	245
Coliformes totales	SM 9221 B, Ed. 22/2012	NMP/ 100 ml.	930	930	15x10 ³	46x10 ²
Coliformes Fecales	SM 9221 E, Ed. 22/2012	NMP/ 100 ml.	230	430	930	24x10 ²

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2015. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.2.2

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: 15-085		FECHA DE EMISIÓN: 2015/10/09									
MUNICIPIO: Ragonvalia, Vereda La Alambra SITIO: Vertimiento, pozo h130 según mapa USP CLASE DE MUESTRA: Residual Domestica PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: No Aplica				TIPO DE MUESTRA: Compuesta PLAN DE MUESTREO N°: No Aplica				RECOLECTADA POR: Giovanni Cuellar INTERESADO: Giovanni Alonso Cuellar Jaramillo (PSMV Municipio Ragonvalia) DIRECCION: Vereda La Alhambra, Ragonvalia, Norte de Santander.			
CODIGO DE IDENTIFICACION DE MUESTRA		15-085-048	15-085-049	15-085-050	15-085-051	15-085-052	15-085-053	15-085-054	15-085-055		
Fecha de recolección (A/M/D)		2015/09/30	2015/09/30	2015/09/30	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/02		
Hora de recolección (hh:mm)		06:00-11:00	12:00-17:00	18:00-23:00	00:00-5:00	06:00-11:00	12:00-17:00	18:00-23:00	00:00-5:00		
Fecha de entrada (A/M/D):		2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/02	2015/10/02	2015/10/02	2015/10/02		
Hora de entrada (hh:mm)		08:00	08:00	08:00	08:00	07:30	07:30	07:30	07:30		
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):		2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/02- 2015/10/07	2015/10/02- 2015/10/07	2015/10/02- 2015/10/07	2015/10/02- 2015/10/07		
Parámetro	Método	Unidades									
Sólidos Suspendidos totales	SM 2540 D, Ed. 22/2012	mg/L	59,0	79,0	69,0	18,3	169	174	83,8	169	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	132	97,5	105	17,4	138	159	104	78,4	
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 22/2012	mg/L	251	189	189	62,8	322	312	208	198	

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2015. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.2.3

Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento

INFORME DE RESULTADOS N°: 15-085		FECHA DE EMISIÓN: 2015/10/09									
MUNICIPIO: Ragonvalia, Vereda La Alambra SITIO: Quebrada La Rasadora, 100 metros después del vertimiento. CLASE DE MUESTRA: Superficial PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: No Aplica				TIPO DE MUESTRA: Compuesta PLAN DE MUESTREO N°: No Aplica				RECOLECTADA POR: Giovanni Cuellar INTERESADO: Giovanni Alonso Cuellar Jaramillo (PSMV Municipio Ragonvalia) DIRECCION: Vereda La Alambra, Ragonvalia, Norte de Santander.			
CODIGO DE IDENTIFICACION DE MUESTRA		15-085-544	15-085-545	15-085-546	15-085-547						
Fecha de recolección (A/M/D)		2015/09/30	2015/09/30	2015/09/30	2015/10/01						
Hora de recolección (hh:mm)		06:00-11:00	12:00-17:00	18:00-23:00	00:00-5:00						
Fecha de entrada (A/M/D):		2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01	2015/10/01						
Hora de entrada (hh:mm)		08:00	08:00	08:00	08:00						
Fecha de ejecución análisis (A/M/D):		2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06	2015/10/01- 2015/10/06						
Parámetro	Método	Unidades									
Sólidos Suspendidos totales	SM 2540 D, Ed. 22/2012	mg/L	10,2	14,3	10,6	8,00					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B, 4500-O G, Ed. 21/2005	mg/L	3,89	15,3	7,27	3,99					
Demanda Química de Oxígeno RC (DQO)	SM 5220 C, Ed. 22/2012	mg/L	15,3	33,2	22,0	15,3					
Conductividad eléctrica a 25 °C	SM 2510 B, Ed. 22/2012	uS/cm	333	350	340	342					
Coliformes totales	SM 9221 B, Ed. 22/2012	NMP/ 100 ml.	24x10 ²	46x10 ⁴	48x10 ²	24x10 ²					
Coliformes Fecales	SM 9221 E, Ed. 22/2012	NMP/ 100 ml.	43x10 ²	46x10 ⁴	24x10 ²	24x10 ²					

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2015. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

3. Vigencia 2016.

Tabla A.2.3.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

PARAMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO				
			M 1	M 2	M 3	M 4	PROMEDIO
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo cerrado, título métrico	MgO ₂ /L	<25	<25	<25	<25	<25
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Incubación 5 días, electrodo de membrana	MgO ₂ /L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sólidos Suspendidos totales*	Gravimétrico	mg/L	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0
Coliformes fecales*	Fermentación en Tubos Múltiples	NPM/100ml	200	45	200	400	211
Coliformes Totales*	Fermentación en Tubos Múltiples	NPM/100ml	450	1300	9400	2700	3462

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2016. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.3.2

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

PARAMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO							
			M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M6	M7	M8
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo cerrado, título métrico	MgO ₂ /L	428	295	105	146	377	267	229	160
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Incubación 5 días, electrodo de membrana	MgO ₂ /L	247	176	48,8	60,6	218	131	106	72,2
Sólidos Suspendidos totales*	Gravimétrico	mg/L	214	144	75,0	72,0	146	94,0	133	63,8
Grasas y aceites*	Gravimétrica, partición líquido líquido	mg/L	16,0	<12	<12	<12	15,4	<12	<12	<12
Hidrocarburos Totales**	Extracción Liq-Liq / Gravimétrico	mg TPH/L	<12,0	<12,0	<12,0	<12,0	<12,0	<12,0	<12,0	<12,0
Ortofosfatos**	Acido ascórbico	mg PO ₄ -L	11,6	4,39	3,96	4,71	6,77	6,57	6,05	6,77
Fósforo Total*	Acido ascórbico	mg PO ₄ -P/L	5,85	3,01	2,62	2,76	5,29	3,18	2,87	2,46
Nitrato*	Colorimétrico Método del salicilato de sodio	mg NO ₃ -N/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrito*	Colorimétrico Método del Reactivo Zambelli	mg NO ₂ -N/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Amonio (Nitrógeno amoniacal)*	Volumétrico	mg NH ₃ -N/L	14,4	<1,0	22,9	21,6	27,9	14,1	13,2	12,2
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)***	Espectrofotométrico	mg/L SAAM	5,06	2,93	2,03	2,14	5,64	8,25	4,21	4,42
Nitrógeno total***	Titrimétrico –Kjeldahl	mg/L N	17,9	19,6	21,3	23,0	17,6	12,0	11,5	12,6
Coliformes termotolerantes	fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	>16X10 ⁶							

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2016. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021 .

Tabla A.2.3.3*Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento*

PARAMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO				
			M 1	M 2	M 3	M 4	PROMEDIO
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo cerrado, título métrico	MgO ₂ /L	<25	<25	<25	<25	<25
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Incubación 5 días, electrodo de membrana	MgO ₂ /L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sólidos Suspendidos totales*	Gravimétrico	mg/L	16,9	16,6	13,5	14,3	15,32
Coliformes fecales*	Fermentación en Tubos Múltiples	NPM/100ml	4900	3300	450	930	2395
Coliformes Totales*	Fermentación en Tubos Múltiples	NPM/100ml	24000	22000	4900	13000	15975

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2016. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

4. Vigencia 2017.**Tabla A.2.4.1***Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento*

Parametro	Unidad	Consolidado de los análisis de laboratorio; ECOSAM S.A.S. - Quebrada la Rascadora - 100 mts antes del vertimiento - Municipio de Ragonvalia				Promedio
		COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	
FISICOQUIMICO						
Generales						
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	25	32	19	19	<2,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O2	14,5	18,6	11	11	<1,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0
Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O2	9,15	8,62	9,39	9,06	9,25
MICROBIOLOGICO						
Coliformes Totales	NMP/100 MI	9200	1400	490	1300	3098
Coliformes Fecales	NMP/100 MI	40	130	<18	19	52

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2017. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.4.2

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

F I S I C O Q U I M I C O S	Parametro	Consolidado de los analisis de laboratorio F-68; ECOSAM S.A.S.										Res 6/31/2015	Nivel Evaluacion
		Municipio de Ragonvalia											
		Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	COMP. N° 5	COMP. N° 6	COMP. N° 7	COMP. N° 8	Promedio		
Generales													
	Ph % de la jornada	Unidades de pH	6,74	7,00	7,01	7,11	7,37	7,44	7,38	7,43	7,19	600 a 9,00	Cumple
	Demanda Quimica de Oxigeno (DQO)	mg/L.O2	211	306	87,9	445	264	215	146	179	231,74	180,00	No Cumple
	Demanda Bioquimica de Oxigeno (DBO5)	mg/L.O2	126	187	53,6	274	173	117	69,8	90,6	136,38	90,00	No Cumple
	Sólidos Suspensidos Totales (SST)	mg/L	86,5	196	39,5	47,5	58	62,5	22,5	45	69,94	90,00	Cumple
	Sólidos Sedimentables (SSED) % de la jornada	ml/L	1,9	2,8	1,5	1,5	1,8	1,8	1,6	1,2	1,65	5,00	Cumple
	Grasas y Aceites	mg/L	<12	13	<12	<12	<12	<12	13,5	<12	<12	20,00	Cumple
	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	2,73	0,74	8,86	0,51	1,49	2,28	1,45	1,24	1,41	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos													
	Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	46	260	66	80	95	82	85	75	93,63	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo													
	Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L	2,68	3,28	1,55	2,61	2,76	2,72	2,18	2,05	2,48	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Fósforo Total (P)	mg/L	3,58	5,13	3,24	2,92	3,22	4,39	2,99	3,13	3,58	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno													
	Nitrato (N-NO3-)	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitrito (N-NO2-)	mg/L	<0,01	0,014	0,016	<0,01	<0,01	<0,01	0,244	<0,01	0,03	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L	7,91	21,5	20,9	18	11,60	21,00	13,70	17,4	16,39	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitrógeno Total (N)	mg/L	21,3	31,4	37,00	38,1	15,7	37,00	62,2	53,80	37,06	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Microbiológicos													
	Coliformos Fecales Termotolerantes	NMP/100ML	326	2,09E+08	6867000	1050000	17329000	8664000	2347000	42280	3673416	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2017. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.4.3

Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento

ECOSAM LABORATORIO	Parametro	Consolidado de los análisis de laboratorio; ECOSAM S.A.S - Quebrada la Rascadora - 100 mts después del vertimiento - Municipio de Ragonvalia						Resolución 095/2007	Nivel Evaluación
		Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	Promedio		
FISICOQUIMICO	Generales								
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	92	97	81	124	98,5	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	52,4	55,3	47,8	69,4	56,23	≤15	No Cumple
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<6,0	<6,0	<6,0	10,4	7,1	0 ≤ SST ≤ 10	Cumple
	Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O2	9,1	8,60	9,39	9,90	9,25	>4	Cumple
MICROBIOLOGICO	Coliformes Totales	NMP/100 ML	350000	240000	920000	1600000	777500	≤20.000	No Cumple
	Coliformes Fecales	NMP/100 ML	92000	54000	54000	35000	58750	≤2.000	No Cumple

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2017. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

5. Vigencia 2018.

Tabla A.2.5.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

Lasertec LABORATORIO	Parametro	Consolidado de los análisis de laboratorio; LASERTEC - 100 mts Aguas Arriba del vertimiento sobre la quebrada la Rascadora - Municipio de Ragonvalia					
		Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	Promedio
FISICOQUIMICO	Generales						
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	39,2	27,1	24	21,1	27,9
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	<1,98	<1,98	<1,98	<1,98	<1,98
	Sólidos Sedimentables	mg/L	<0,10	<0,10	0,4	<0,10	<0,10
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<10	<10	13,6	8,1	10,4
	Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O2	7,21	7,61	7,28	7,53	7,40
MICROBIOLOGICO	Coliformes Totales	NMP/100 ML	15000	310000	12000	300000	159500,0
	Coliformes Fecales	NMP/100 ML	504	210000	327	190000	100207,8

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2018. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.5.2

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

FÍSICO QUÍMICOS	Consolidado de los análisis de laboratorio GS-F0-04 - LASERTEC. Municipio de Ragonvalia											Nivel Evaluación	
	Parametro	Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	COMP. N° 5	COMP. N° 6	COMP. N° 7	COMP. N° 8	Promedio		Res. 621/2015
	Generales												
	PH de la jornada	Unidades de pH	8.47	8.17	8.18	8.35	8.30	8.27	8.20	8.45	8.21	6.9 A 9.00	Cumple
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	299	251	224	148	268	211	223	94.3	21416	100.00	No Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	152	96.3	120	60	184	86.1	114	44.4	10240	90.00	No Cumple
	Sólidos Suspensivos Totales (SST)	mg/L	117	86.3	71.5	36.4	150	75.8	53.3	16.7	75.13	90.00	Cumple
	Sólidos Sedimentables (SSD) % de la jornada	ml/L	2.8	1.9	1.0	1.6	2.8	1.6	1.3	1.5	1.91	5.00	Cumple
	Grasas y Aceites	mg/L	56	58.1	27.3	11	30	32	48.1	10	23.04	20.00	NO Cumple
	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SASM)	mg/L	7.2	3.34	3.27	1.02	7.89	6.64	4.95	4.33	4.86	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Bacterias												
	Heterocitos Totales (HTP)	mg/L	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	4.00	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Composición de Fosfatos												
	Orthofosfatos (P-PO43-)	mg/L	0.92	1.32	3.66	5.85	1.90	1.23	1.98	1.94	2.25	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Fósforo Total (P)	mg/L	3.5	1.8	9.0	4.5	4.9	2.5	3.8	3.8	3.98	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Composición de Nitrógenos												
	Nitrato (N-NO3-)	mg/L	<0.1	0.7	0.3	4.9	0.1	0.1	0.6	0.1	<0.2	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitró (N-NO2-)	mg/L	0.001	0.046	0.007	0.049	0.016	0.55	0.007	1.87	<0.3	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitrógeno Amomíaco (N-NH2)	mg/L	11.4	7.02	24.0	19.0	5.85	<1.0	15.90	28.5	14.38	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Nitrógeno Total (N) - Kjeldahl	mg/L	32.0	20.7	53.98	24.3	8.67	<5.0	32.9	47.20	24.38	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Microbiológicos												
	Coliformes Totales	MP/100ML	16000000	5200000	1100000	136000	4700000	1100000	140000	18000	244224	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
	Termotolerantes												

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2018. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.5.3

Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento

FÍSICO QUÍMICO	Consolidado de los análisis de laboratorio LASERTEC - 100 mts aguas abajo del vertimiento sobre la quebrada La Cascadora - Municipio de Ragonvalia								Nivel Evaluación
	Parametro	Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	Promedio	Resolución 097/2007	
	Generales								
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	112	150	73.2	111	111.4	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	28.4	28.6	29	26.6	26.7	≥15	No Cumple
	Sólidos Sedimentables	mg/L	1.3	1.00	0.8	0.8	1.0	-	-
	Sólidos Suspensivos Totales (SST)	mg/L	35.0	31.1	26.2	24.3	29.2	0 ≤ SST ≤ 10	NO Cumple
	Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O2	6.1	6.59	6.36	6.56	6.41	> 4	Cumple

MICROBIOLÓGICOS	Consolidado de los análisis de laboratorio LASERTEC - 100 mts aguas abajo del vertimiento sobre la quebrada La Cascadora - Municipio de Ragonvalia								Nivel Evaluación
	Parametro	Unidad	COMP. N° 1	COMP. N° 2	COMP. N° 3	COMP. N° 4	Promedio	Resolución 097/2007	
	Generales								
	Coliformes Totales	NMP/100 ML	200000	11900	710000	7360	332875.0	<20.000	No Cumple
	Coliformes Fecales	NMP/100 ML	100000	528	710000	393	389738.3	≤ 2.000	No Cumple

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2018. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

6. Vigencia 2019.

Tabla A.2.6.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

	Parametro	Consolidado de los analisis de laboratorio Chemilab						Nivel Evaluacion	
		Unidad	COMP. Nº 1	COMP. Nº 2	COMP. Nº 3	COMP. Nº 4	Pomedio		Res. 631/2015
FISICOQUIMICOS	Generales								
	Ph % de la jornada	Unidades de pH	7,44	7,70	7,77	7,81	7,68	6,00 A 9,00	Cumple
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	609	293	572	543	504,25	180,00	No cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	380	606	324	305	403,75	90,00	No Cumple
	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	17,7	18,7	16,1	15,8	17,08	90,00	Cumple
	Sólidos Sedimentables (SSED) % de la jornada	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,00	Cumple
	Grasas y Aceites	mg/L	4,12	4,21	4,13	4,03	4,12	20,00	Cumple
	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L					0,00	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Hidrocarburos								
	Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Compuestos de Fósforo								
	Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L	5,12	4,72	4,63	2,17	4,16	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Fósforo Total (P)	mg/L	6,13	6,11	6,14	6,01	6,10	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Compuestos de Nitrógeno								
	Nitratos (N-NO3-)	mg/L	63,2	61,8	60,5	63,4	62,23	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Nitritos (N-NO2-)	mg/L	4,33	4,12	4,21	4,1	4,20	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L	44,4	42,8	41,7	43,5	43,10	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Nitrógeno Total (N)	mg/L	122	116	121	127	121,50	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte
	Microbiologicos								
Coliformes Fecales Termotolerantes	NMP/100ML	67,2	63,2	61,2	59,8	62,85	Analisis y Reporte	Analisis y Reporte	

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2019. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

7. Vigencia 2020.

Tabla A.2.7.1

Resultados de Análisis Aguas Arriba del Vertimiento

Reporte de Resultados								
Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	100 mts AGUAS ARRIBA 2020-93-01-A-03	100 mts AGUAS ARRIBA RIO 2020-93-01-A-04
							MN190512	MN190513
1	2020-11-11 a 2020-11-17	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*	SM 5210 B, ASTM D688-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	mg O2/L	73	77
2	2020-11-17	DQO*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5,00	mg O2/L	131	140
3	2020-11-24	Fósforo total*	SM 4500 -P B,E	Digestión Colorimetría con Acido Ascórbico	0,07	mg P/L	0,175	0,154
4	2020-11-24	Nitrógeno Total*	Cálculo	Cálculo	3	mg N/L	11,5	10,1
5	2020-11-13	Sólidos Suspendidos Totales*	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C	10,0	mg/L	80	76
6	2020-11-11	Coliformes Totales	SM9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1,0	NMP/ 100 mL	19423	19310
7	2020-11-11	Coliformes Fecales	SM9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1,0	NMP/ 100 mL	1485	1515

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARRD: Agua Residual no Doméstica, ASI: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AP: Agua Mema, AX: Otros.
 * ChemLab tiene estos parámetros acreditados mediante Resolución 0285 de 2019-IDEAM
 ** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado
 *** Análisis realizados por laboratorio subcontratado no acreditado
 Parámetro no acreditado

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2020. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.7.1

Resultados de Análisis en el Punto de Vertimiento

Reporte de Resultados								
Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	PUNTO DE VERTIMIENTO RAGONVALIA 2020-93-02-A-03	PUNTO DE VERTIMIENTO RAGONVALIA 2020-93-02-A-04
							MN190516	MN190517
1	2020-11-11 a 2020-11-17	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*	SM 5210 B, ASTM D688-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	mg O2/L	30	35
2	2020-11-17	DQO*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5,00	mg O2/L	102	96
3	2020-11-24	Fósforo total*	SM 4500 -P B,E	Digestión Colorimetría con Acido Ascórbico	0,07	mg P/L	0,34	0,39
4	2020-11-28	Cinco y Acetato*	NTC 1362-2005-06-28, Norma 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo	0,2	mg/L	0,48	1,43
5	2020-11-29	Nitrito*	SM 4500-NO3 D	Electrometría	1	mg NO2/L	2,51	2,96
6	2020-11-29	Nitrato*	SM 4500-NO3 B	Colorimétrico	0,07	mg NO3/L	0,15	1,22
7	2020-11-22	Nitrógeno amoniacal (Amonio)*	Water Journal of Applied Science 2 (4): 263-271, 2006, 2008, 2006, 2004	Colorimétrico	0,024	mg/L NH3-N	26,10	34,38
8	2020-11-24	Nitrógeno total*	Cálculo	Cálculo	3	mg N/L	38	45,888
9	2020-11-29	Cinco y Acetato* (mg P/DAL)	SM 4500-P B	Colorimétrico	0,21	mg P/DAL	4,33	4,18
10	2020-11-29	Nitrógeno total*	NTC 1362-2005-06-28, Norma 4, Método C	Espectrofotometría Infrarrojo	0,2	mg/L	+0,2	+0,2
11	2020-11-24	Sólidos Suspendidos Totales*	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C	10,0	mg/L	38	38
12	2020-11-18	Surfactantes Aniónicos como SAMP*	SM 8840C	Enzimas líquido-colorimétrico	0,9	mg SAMP/L	0,62	0,69
14	2020-11-01	Coliformes Termotolerantes*	SM9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1,0	NMP/ 100 mL	1,04x10^2	1,03x10^2

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2020. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Tabla A.2.7.3*Resultados de Análisis Aguas Abajo del Vertimiento*

Reporte de Resultados								
Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	100 mts AGUAS ABAJO 2020-93-03-A-03	100 mts AGUAS ABAJO 2020-93-03-A-04
							MN190520	MN190521
1	2020-11-11 a 2020-11-17	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)*	SM 5210 B, ASTM D880-12 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	mg O2/L	79	72
2	2020-11-17	DQO*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5,00	mg O2/L	153	145
3	2020-11-24	Fósforo total*	SM 4500 -P B,E	Digestión Colorimétrica con Acido Ascórbico	0,07	mg P/L	0,182	0,182
4	2020-11-24	Nitrógeno Total*	Cálculo	Cálculo	3	mg N/L	14,5	14,3
5	2020-11-13	Sólidos Suspendidos Totales*	SM 2540D	Gravimetría Secado 103-105°C	10,0	mg/L	84	86
6	2020-11-11	Coliformes Totales	SM9223 B	Sustrato Enzimático Multicelida	1,0	NMP/ 100 mL	19105	19020
7	2020-11-11	Coliformes Fecales	SM9223 B	Sustrato Enzimático Multicelida	1,0	NMP/ 100 mL	1812	1710

Nota. Recuperado de: Resultados de análisis fisicoquímicos y de microbiológicos del vertimiento y de la fuente receptora antes y después del vertimiento, vigencia 2020. Unidad de servicios públicos de Ragonvalia, el día 21 de octubre de 2021.

Anexo 3. Población Total Proyectada por los Diferentes Métodos Recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Año	Población DANE	Método Aritmético	Método Exponencial	Método Geométrico
1985	2085			
1993	2466			
1005	2779			
2018	2874			
2021		2946	2972	2972
2022		2970	3005	3006
2023		2994	3039	3040
2024		3017	3073	3074
2025		3041	3108	3108
2026		3065	3143	3143
2027		3089	3178	3179
2028		3113	3214	3215
2029		3137	3250	3251
2030		3161	3286	3288
2031		3185	3323	3325
2032		3209	3361	3362
2033		3233	3398	3400
2034		3257	3437	3438
2035		3280	3475	3477
2036		3304	3514	3516
2037		3328	3554	3556
2038		3352	3594	3596
2039		3376	3634	3636
2040		3400	3675	3677
2041		3424	3716	3719
2042		3448	3758	3761
2043		3472	3800	3803
2044		3496	3843	3846
2045		3520	3886	3889
2046		3543	3930	3933
2047		3567	3974	3977

Anexo 4. Caudales del Sistema de Acueducto para un Periodo de Diseño de 25 años

AÑO	POBLACIÓN (hab)	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
2021	2972	5,96	7,75	12,40
2022	3006	6,03	7,84	12,54
2023	3040	6,10	7,93	12,68
2024	3074	6,17	8,02	12,83
2025	3108	6,24	8,11	12,97
2026	3143	6,31	8,20	13,12
2027	3179	6,38	8,29	13,26
2028	3215	6,45	8,38	13,41
2029	3251	6,52	8,48	13,57
2030	3288	6,60	8,57	13,72
2031	3325	6,67	8,67	13,87
2032	3362	6,74	8,77	14,03
2033	3400	6,82	8,87	14,19
2034	3438	6,90	8,97	14,35
2035	3477	6,98	9,07	14,51
2036	3516	7,05	9,17	14,67
2037	3556	7,13	9,27	14,84
2038	3596	7,21	9,38	15,00
2039	3636	7,29	9,48	15,17
2040	3677	7,38	9,59	15,34
2041	3719	7,46	9,70	15,52
2042	3761	7,54	9,81	15,69
2043	3803	7,63	9,92	15,87
2044	3846	7,72	10,03	16,05
2045	3889	7,80	10,14	16,23
2046	3933	7,89	10,26	16,41
2047	3977	7,98	10,37	16,60

Anexo 5. Valores Promedios de los Parámetros Analizados en y las Aguas Residuales del Municipio de Ragonvalia.

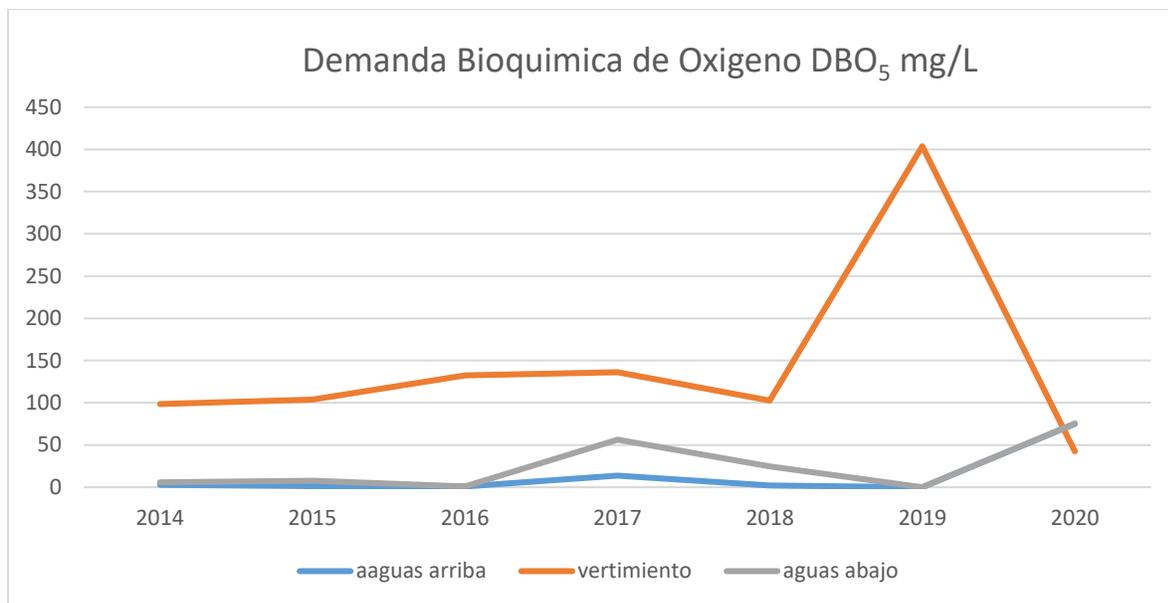


Figura A.4.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014 - 2020.

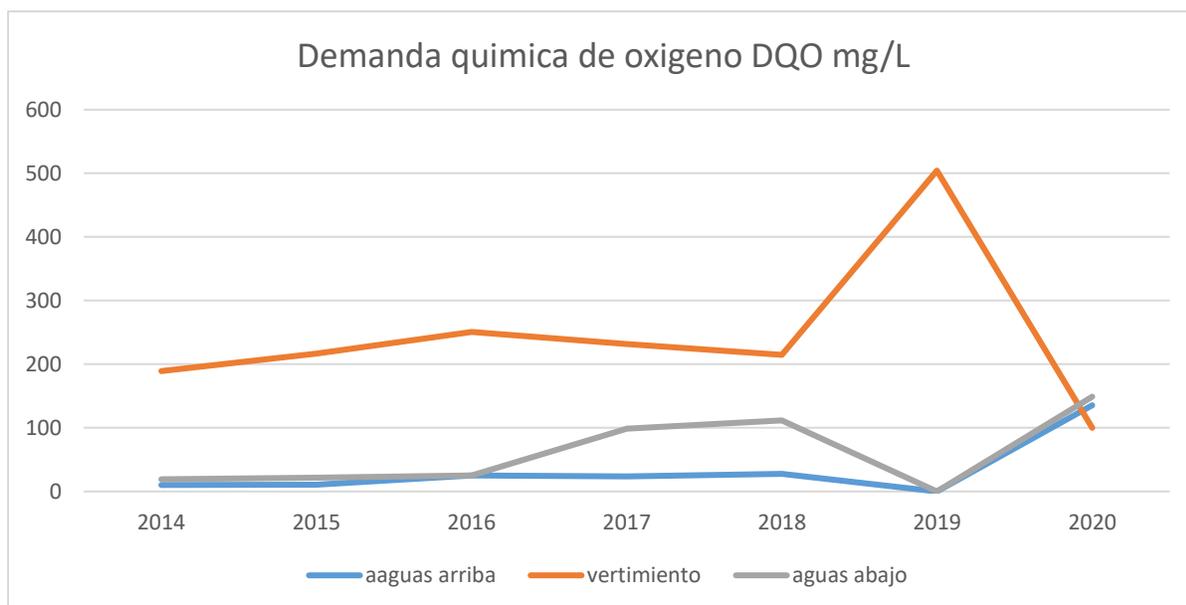


Figura A.4.2. Demanda Química de Oxígeno de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014 - 2020.

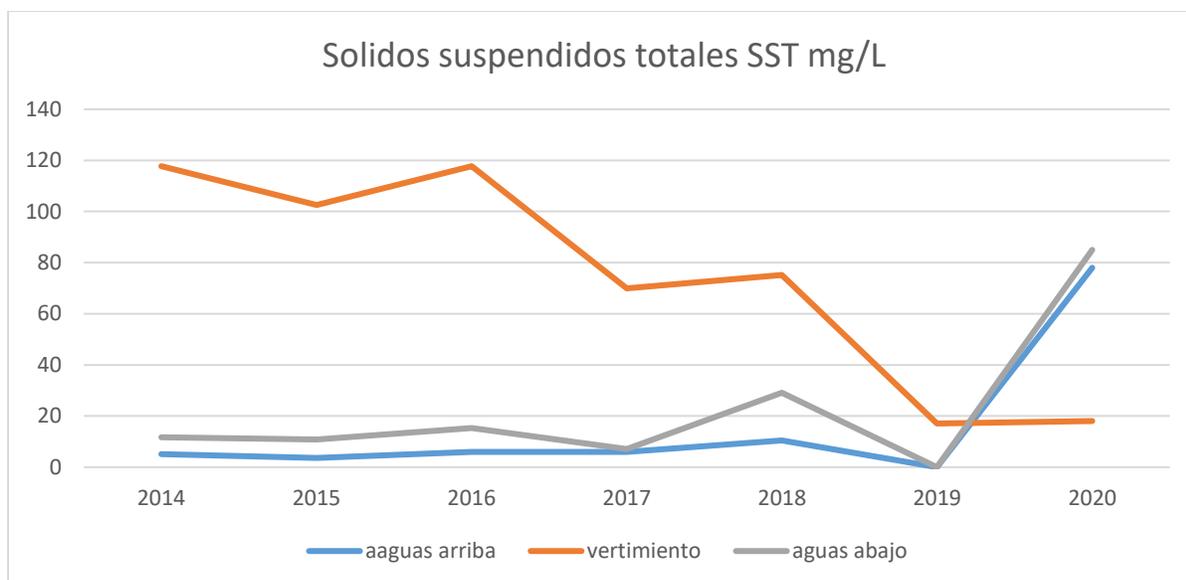


Figura A.4.3. Sólidos suspendidos totales de la Fuente Receptora antes del Vertimiento, en el Emisario Final y después del Vertimiento, Vigencia 2014 - 2020.

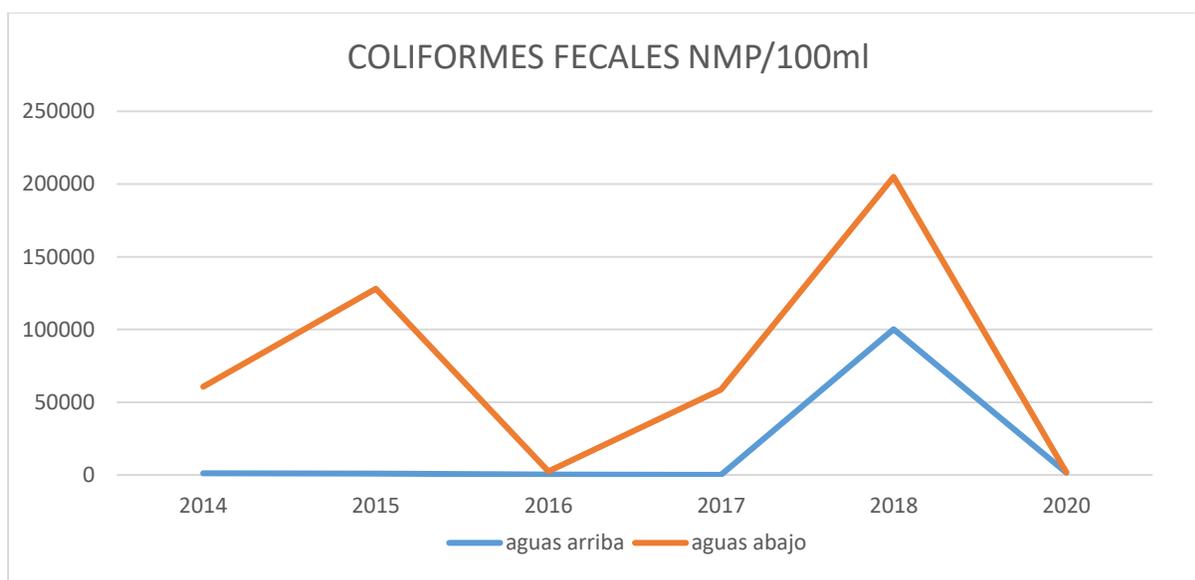


Figura A.4.4. Coliformes Fecales de la Fuente Receptora antes y después del Vertimiento, Vigencia 2014 - 2020.

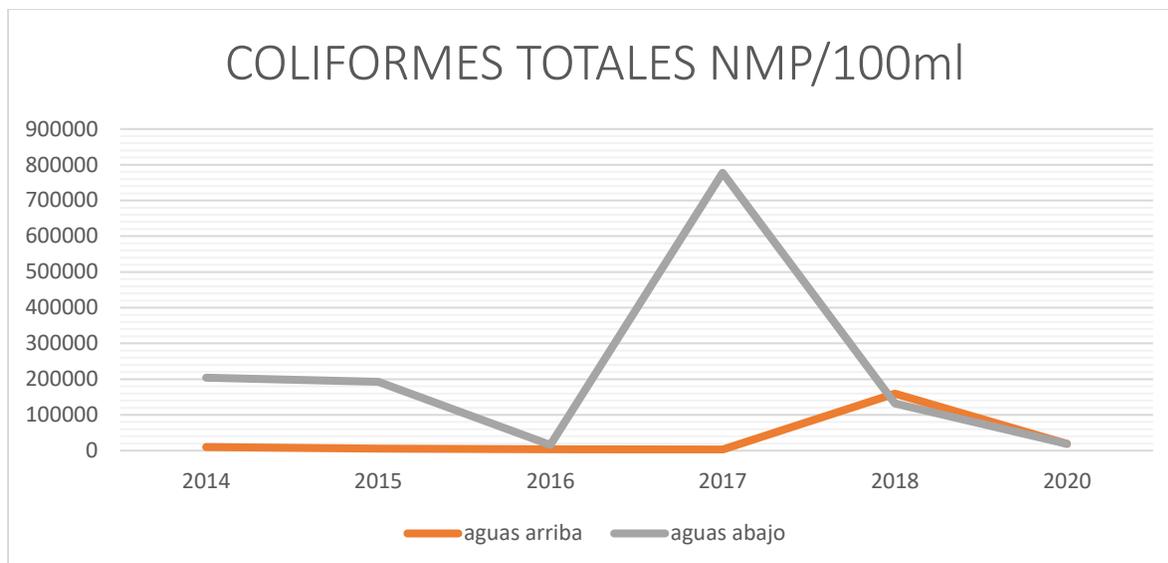


Figura A.4.5. Coliformes Totales de la Fuente Receptora antes y despues del Vertimiento, Vigencia 2014 - 2020.

Anexo 6. Caudales proyectados por año en el Sistema de Alcantarillado de la Zona

Urbana

Año	Población	QD	QI	QC	QIN	Qmd	F	QMH	QCE	QINF	QD
	(Hab)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)		(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
2047	3977	5,09	0,00	0,35	0,65	6,08	3,05	16,51	9,82	9,82	36,14
2021	2972	3,80	0,00	0,35	0,65	4,80	3,14	12,93	9,82	9,82	32,57
2022	3006	3,84	0,00	0,35	0,65	4,84	3,14	13,05	9,82	9,82	32,69
2023	3040	3,89	0,00	0,35	0,65	4,89	3,13	13,17	9,82	9,82	32,81
2024	3074	3,93	0,00	0,35	0,65	4,93	3,13	13,30	9,82	9,82	32,93
2025	3108	3,98	0,00	0,35	0,65	4,97	3,12	13,42	9,82	9,82	33,06
2026	3143	4,02	0,00	0,35	0,65	5,02	3,12	13,55	9,82	9,82	33,18
2027	3179	4,07	0,00	0,35	0,65	5,06	3,12	13,67	9,82	9,82	33,31
2028	3215	4,11	0,00	0,35	0,65	5,11	3,11	13,80	9,82	9,82	33,44
2029	3251	4,16	0,00	0,35	0,65	5,16	3,11	13,93	9,82	9,82	33,57
2030	3288	4,20	0,00	0,35	0,65	5,20	3,11	14,06	9,82	9,82	33,70
2031	3325	4,25	0,00	0,35	0,65	5,25	3,10	14,19	9,82	9,82	33,83
2032	3362	4,30	0,00	0,35	0,65	5,30	3,10	14,33	9,82	9,82	33,96
2033	3400	4,35	0,00	0,35	0,65	5,35	3,10	14,46	9,82	9,82	34,10
2034	3438	4,40	0,00	0,35	0,65	5,40	3,09	14,60	9,82	9,82	34,24
2035	3477	4,45	0,00	0,35	0,65	5,44	3,09	14,74	9,82	9,82	34,37
2036	3516	4,50	0,00	0,35	0,65	5,49	3,09	14,88	9,82	9,82	34,51
2037	3556	4,55	0,00	0,35	0,65	5,55	3,08	15,02	9,82	9,82	34,65

2038	3596	4,60	0,00	0,35	0,65	5,60	3,08	15,16	9,82	9,82	34,80
2039	3636	4,65	0,00	0,35	0,65	5,65	3,08	15,30	9,82	9,82	34,94
2040	3677	4,70	0,00	0,35	0,65	5,70	3,07	15,45	9,82	9,82	35,08
2041	3719	4,76	0,00	0,35	0,65	5,75	3,07	15,59	9,82	9,82	35,23
2042	3761	4,81	0,00	0,35	0,65	5,81	3,07	15,74	9,82	9,82	35,38
2043	3803	4,86	0,00	0,35	0,65	5,86	3,06	15,89	9,82	9,82	35,53
2044	3846	4,92	0,00	0,35	0,65	5,92	3,06	16,04	9,82	9,82	35,68
2045	3889	4,97	0,00	0,35	0,65	5,97	3,06	16,20	9,82	9,82	35,83
2046	3933	5,03	0,00	0,35	0,65	6,03	3,05	16,35	9,82	9,82	35,99
2047	3977	5,09	0,00	0,35	0,65	6,08	3,05	16,51	9,82	9,82	36,14

Anexo 7. Informe Geotécnico Cancha Sintética C.I.C. Ragonvalia



CONSORCIO RENACER
CONTRATO No.20 DPS-FIP DE
2014

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto comprende el diseño de detalle para la construcción de una cancha con grama sintética de 640m² con cerramiento, e iluminación del campo perteneciente al polideportivo Planadas, en el casco urbano del Municipio de Ragonvalia en Norte de Santander.

ASPECTOS CONSIDERADOS PARA EL SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Acorde con la descripción general del proyecto se consideró importante establecer las condiciones del subsuelo en cuanto a sus características de resistencia y deformabilidad. También se hizo un análisis de las posibles cargas verticales y horizontales, tanto estáticas como dinámicas, que pueden inducirse en los geomateriales debido a la construcción de las obras propuestas. Todo lo anterior acorde con los lineamientos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLORACIÓN

Conforme a la descripción del proyecto y las condiciones del terreno se decidió generar la ejecución de dos apiques a cielo abierto de hasta 1.50 m de profundidad con el objeto de caracterizar los geomateriales existentes en el área. Los apiques se ejecutaron por parte de Servi.Lab Ingeniería.

La localización de los apiques se muestra en el Plano anexo a este informe.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El perfil estratigráfico corresponde primordialmente a un suelo grueso tipo arena arcillosa de grano fino, con alto contenido de finos (25%-44%), que puede presentar bloques rocosos y gravas en algunos sectores de hasta 45 cm y 2.5 cm de diámetro nominal, respectivamente. El color del geomaterial es gris oscuro en general en los primeros 60 cm de profundidad y pasa a ser amarilla a mayor profundidad en el perfil. Un detalle del suelo se puede observar en el registro fotográfico anexo.

CONDICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

El sitio del proyecto se localiza sobre un terreno de morfología predominante plana y pendiente baja. En el momento de ejecución de los apiques, no fue posible encontrar evidencia de nivel de agua freática, no obstante debido a la morfología del sitio es posible que en épocas de lluvias se presente algún nivel de lámina de agua sobre el terreno.

Sin embargo teniendo en cuenta las características del proyecto, se considera que al generar la cobertura del área involucrada por el mismo se minimizaría el efecto de la infiltración del agua de lluvia o de escorrentía. La zona del municipio de Ragonvalia presenta pluviosidad igual a 1542.5 mm/año, con 199 días de lluvias anuales.

RESULTADOS DE ENSAYOS/PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO

El material encontrado en el sitio se caracterizó mecánicamente por medio de ensayos de CBR y el penetrometro dinámico de cono (PDC). Los valores de CBR obtenidos a través del PDC son mayores que 100% y en consecuencia mucho mayores de aquellos obtenidos por medio de pruebas convencionales, que rindieron resultados en condición de humedad natural y saturación total iguales a: 10.21% y 3.42% (apique 10) y 28,22% y 23,44% (apique 11).

El CBR del apique 10 se realizó sobre el suelo arenoso de color gris oscuro, que se encuentra más superficial sobre el perfil, por lo cual se considerará representativo de la condición general del sector que podría presentarse durante la construcción de las obras. Con base en los datos mencionados, es posible obtener un valor de CBR ponderado igual a 8.4 %, asumiendo estado de saturación del material durante el 27% del tiempo, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. CBR ponderado

	wN	Saturado
CBR (%)	10.21	3.42
Temporada por estado	73%	27%
Días del año	365.00	365.00
Σ Parcial por estado	2720.45	337.04
Σ Total	3057.50	
Días del año	365.00	
CBR Ponderado (%)	8.4	

En general el peso específico húmedo y seco del material se encontró igual a 2.06 y 1.77 t/m³.

CAPACIDAD PORTANTE

Debido a lo mencionado en el numeral anterior, la condición geomecánica del sector se correlacionó de manera directa con el valor del CBR ponderado, acorde con recomendaciones dadas por la AASHTO.

De esta manera **para construcción del cerramiento** es posible utilizar una **profundidad de desplante igual a 0.3 m**, un valor de **capacidad portante del terreno igual a 125 kPa ó 12.7 t/m²** y un **módulo de reacción vertical igual a 50 MPa/m ó 5100 t/m³** tal como puede verse en la Figura 1.

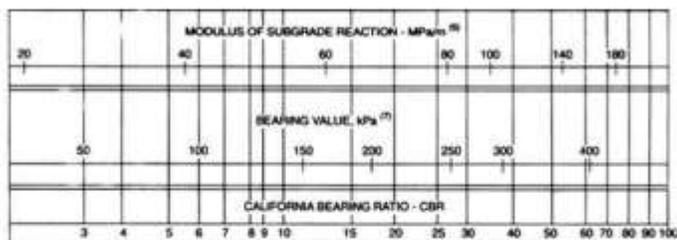


Figura 1. Correlación CBR, capacidad portante y módulo de reacción

MATERIALES DE SUBRASANTE

En general se entiende por subrasante la capa superior de la explanación en el espesor hasta el cual se encuentren esfuerzos producidos por el tipo de uso que se le da a la estructura de piso. Esta es la capa que sirve de soporte a las superficies de piso y por tanto debe presentar una rigidez suficiente.

Acorde con la exploración de la subsuelo, a lo largo de las zonas de intervención, en general, se encuentran materiales granulares y no deberían presentarse sectores en los cuales existan materiales de baja consistencia y composición orgánica (suelos blandos y muy húmedos), por lo cual no se prevé reemplazo por materiales de mejor calidad. Sin embargo, considerando las características puntales de los sondeos y/o apiques, en el caso de que se encuentren materiales indeseables como los mencionados, se podrá implementar un sistema de estabilización mecánica mediante:

- 1) Adición de arena o gravas con el fin de darle una estructura granular al suelo blando arcilloso,
- 2) Adecuación de la fundación por medio de rajón que proporcione un esqueleto granular a las fundaciones blandas.

En todos los casos, esto es, cuando la subrasante natural no presente per se problemas de capacidad portante, como cuando sea necesario estabilizarla según lo anotado previamente, esta deberá compactarse hasta al menos un 90% del Próctor Modificado.

Deberá tenerse en cuenta que los suelos finos con un elevado grado de saturación presentan el fenómeno de colchón elástico durante la compactación. En estos casos no es posible obtener el grado de compactación deseado y el aumento de la energía de compactación es inadecuado. De

ser así, se deberá tratar de disminuir la humedad del suelo o estabilizarlo mecánicamente con alguno de los métodos antes mencionados.

CAPA DE CONFORMACIÓN

Esta capa está constituida por el material de remplazo que se puede instalar cuando se tienen suelos de subrasante con baja capacidad portante y cuando sea necesario alcanzar los niveles arquitectónicos requeridos. No obstante, en general es recomendable que en todos los casos se instale al menos 10 cm de espesor de este material. El material que constituye esta capa deberá tener un C.B.R. de al menos 10%.

Es posible utilizar una gran cantidad de suelos para la capa de conformación; sin embargo se deberán evitar los siguientes materiales:

Los que tengan tamaño máximo superior a 4 pulgadas.

Los que tengan un porcentaje de finos superior a 35% o un índice de plasticidad > 15

Las arenas uniformes y limpias.

Las características de compactación dependerán del material en sí, no obstante un nivel de compactación de al menos un 95% del Próctor Modificado debe alcanzarse en este material previo a la construcción de cualquier tipo de superficie para las canchas.

PRESIÓN LATERAL ADMISIBLE PARA POSTES DE ILUMINACIÓN

Aplicando la metodología simplificada del Manual de diseño geotécnico del estado de Washington – WSDOT y teniendo en cuenta los valores del SPT y la probable consistencia del suelo cohesivo, se recomienda el uso de un valor conservador de presión lateral igual a 5.0 t/m^2 .

CONDICIONES ESPECIALES DEL MATERIAL

Debido a la condición del suelo se descartan posibles comportamientos indeseables del mismo debido a licuación, colapsabilidad y expansibilidad.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

En el anexo de los resultados de la exploración se observa un registro fotográfico que muestra las condiciones generales del sitio del proyecto y del material encontrado en el sitio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El perfil estratigráfico corresponde primordialmente a un suelo grueso tipo arena arcillosa de grano fino, con alto contenido de finos (25%-44%), que puede presentar bloques rocosos y gravas en algunos sectores de hasta 45 cm y 2.5 cm de diámetro nominal, respectivamente.



CONSORCIO RENACER
CONTRATO No.20 DPS-FIP DE
2014

Teniendo en cuenta las características del proyecto, se considera que al generar la cobertura del área involucrada por el mismo se minimizaría el efecto de la infiltración del agua de lluvia o de escorrentía. No obstante es recomendable la generación de adecuado sistema de drenaje superficial para captación y evacuación efectiva de las aguas de escorrentía.

Para construcción del cerramiento es posible utilizar una profundidad de desplante igual a 0.3 m, un valor de capacidad portante del terreno igual a 125 kPa ó 12.7 t/m² y un módulo de reacción vertical igual a 50 MPa/m ó 5100 t/m³ tal como puede verse en la Figura 1.

Aplicando la metodología simplificada del Manual de diseño geotécnico del estado de Washington – WSDOT y teniendo en cuenta los valores del SPT y la probable consistencia del suelo cohesivo, se recomienda el uso de un valor conservador de presión lateral igual a 5.0 t/m².

Debido a la condición del suelo se descartan posibles comportamientos indeseables del mismo debido a licuación, colapsabilidad y expansibilidad.

Para la construcción de la cancha es posible utilizar cualquier configuración estructural que se requiera, debido a que se espera que las cargas a soportarse sean despreciables.

Los materiales y procedimientos a utilizarse para la construcción de las obras, deben seguir especificaciones reconocidas nacional o internacionalmente, tales como las NTC, Inviás o ASTM.

Alejandro H. Pino Bravo
ALEJANDRO H. PINO BRAVO

Ingeniero civil

Especialista en geotecnia

M. Sc. Geotechnical Engineering

M. P. 19202088807 CAU