

**Análisis patológico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de
Villanueva, departamento de Casanare**

**Oscar Geovanny Cruz Wilches, Wendy Lorayne Patiño Acero, David Ricardo
Rodríguez Parra**

Facultad de ciencias y tecnologías, Universidad Santo Tomas

Ing. Oscar Julián Cardozo

5 de septiembre de 2021



Tabla de Contenido

Resumen	7
1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	9
3. Objetivos	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. Marco Referencial	13
4.1. Marco Teórico	14
4.1.1. Tipos de Plantas de Tratamiento.....	16
4.2. Marco Legal- Normativa	17
4.3. Marco Histórico	18
5. Alcances y Limitaciones	20
6. Metodología	21
6.1. Descripción y Selección del Paciente	21
6.2. Preparación y Planteamiento del Estudio	22
6.2.1. Inspección Preliminar del Paciente.....	22
6.2.2. Recopilación de Información Necesaria Para el Estudio	24
6.2.3. Permisos y Autorizaciones Para Abordar el Estudio al Paciente	24
6.2.4. Definición del Equipo de Trabajo que Realizará la Exploración.....	25
6.2.5. Planteamiento de Desarrollo	26
7. Inspección, Estudios y Análisis Técnico del Paciente	27
7.1. Historia Clínica	27
7.1.1. Responsables del Estudio	27
7.1.2. Fecha de Realización del Estudio	27
7.1.3. Datos Generales del Paciente	27
7.1.4. En la Edificación y/o Construcción Civil.....	33
7.1.5. Aplicación Patológica	33
7.1.6. Datos Específicos de las Lesiones	34
7.1.7. Descripción de la Patología Más Relevante del Paciente.....	35
7.1.8. Clasificación y origen de la patología	36
7.1.9. Datos Generales del Entorno	36
7.1.10. Arquitectura (descripción general)	39
7.2. Estructura.....	42
7.2.1. Por Diseño y Construcción (A.10.2.2.1-NSR10).....	42
7.2.2. Por Estado de la Estructura (A.10.2.2.1-NSR10).....	43
7.2.3. Evaluación de la Estructura en General	43
7.3. Lesiones Mecánicas, Físicas y Químicas	44
7.3.1. Formatos de información de campo	44
7.3.2. Fichas de Levantamiento de Lesiones	45
7.3.3. Identificación de Lesiones Patológicas	47
7.3.4. Lesiones de Relevantes y de Interés.....	56
7.4. Suelos y Cimentaciones	58
7.4.1. Generalidades	58
7.4.2. Tipo de Cimentación.....	58

7.4.3.	Estudio de Suelos Realizado en el Paciente	59
7.5.	Ensayos destructivos y no destructivos	66
7.5.1.	Bocatoma y Sedimentador Caño Claro	67
7.5.2.	Bocatoma y Desarenador Huerta La Grande	73
7.5.3.	Tanque de Filtros	80
7.5.4.	Tanque Unidad de Filtros.	85
7.5.5.	Tanque Floculadores.....	90
7.5.6.	Tanque sedimentadores.....	94
7.5.7.	Tanque almacenamiento	98
7.5.8.	Zona Administrativa.....	102
8.	Diagnostico	103
8.1.	Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Físico.....	104
8.1.1.	Fallas Geológicas.....	104
8.1.2.	Estudios de Vulnerabilidad Sísmica	107
8.1.3.	Análisis de Riesgos Estructurales a Nivel Físico	111
8.1.4.	Normativa de Cumplimiento	116
8.1.5.	Matriz de Vulnerabilidad	118
9.	Propuesta o recomendación de Intervención	122
10.	Presupuesto	126
11.	Cronograma	129
12.	Conclusiones y Recomendaciones	131
13.	Bibliografía	135

Índice de anexos

Anexo 1	Fichas de levantamiento de lesiones patológicas	137
Anexo 2	Fichas de campo de información de infraestructura	138
Anexo 3	Resultados de laboratorio de ensayos de suelos y geotecnia	139
Anexo 4	Resultados de laboratorio de ensayos destructivos y no destructivos.....	140
Anexo 5	Matriz de vulnerabilidad	141
Anexo 6	Planos de representación grafica	142
Anexo 7	Planos de lesiones.....	143
Anexo 8	Documento diagnostico AAA Espavi	144
Anexo 9	Fichas técnicas de productos	145
Anexo 10	Registro fotográfico.....	146

Índice de Fotografías

Fotografía 1	Vista general aérea de la PTAP	23
Fotografía 2	Vista aérea de tanques y edificación para operación.	32
Fotografía 3	Alto nivel de corrosión	56
Fotografía 4	Abrasión mecánica severa en concreto	57
Fotografía 5	Detección de refuerzo Bocatoma Caño Claro.....	67
Fotografía 6	Toma de lectura de esclerómetro muro interno 1 y 2.	68
Fotografía 7	Toma de lectura esclerómetro muro externo 1 y muro interno 1.	69
Fotografía 8	Extracción de núcleos Bocatoma y Sedimentador Caño Claro	70
Fotografía 9	Fallo de núcleos 1, 2, 3 y 4 bocatoma y sedimentador Caño Claro.....	70



Fotografía 10 Ensayo de Carbonatación núcleos 1, 2, 3 y 4 bocatoma y sedimentador Caño Claro	71
Fotografía 11 Regata en elemento de concreto, bocatoma Caño Claro	72
Fotografía 12 Detección de refuerzo bocatoma y desarenador Huerta La Grande	73
Fotografía 13 Toma de lectura de esclerómetro No. 1, 2 y 3.	74
Fotografía 14 Extracción de núcleos bocatoma y desarenador Huerta La Grande	75
Fotografía 15 Fallo de núcleos 1 a 7 bocatoma y desarenador Huerta La Grande	76
Fotografía 16 Ensayo de Carbonatación núcleos 1 a 7 bocatoma y desarenador Huerta La Grande.....	77
Fotografía 17 Regata en elemento de concreto, bocatoma Huerta La grande	78
Fotografía 18 Regata en elemento de concreto, desarenador Huerta La grande	79
Fotografía 19 Detección de refuerzo tanque de filtros.....	80
Fotografía 20 Toma de lectura de esclerómetro No. 1 y 2	81
Fotografía 21 Extracción de núcleos tanque de filtros.....	82
Fotografía 22 Ensayo de Carbonatación núcleo tanque de filtros.....	83
Fotografía 23 Regata en elemento de concreto tanque de filtros	84
Fotografía 24 Detección de refuerzo tanque unidad de filtros.....	85
Fotografía 25 Toma de lectura de esclerómetro No. 1 tanque unidad de filtros	86
Fotografía 26 Extracción de núcleos tanque unidad de filtros.....	87
Fotografía 27 Ensayo de Carbonatación núcleo 1 y 2 tanque unidad de filtros	88
Fotografía 28 Regata en elemento de concreto tanque unidad de filtros.....	89
Fotografía 29 Detección de refuerzo tanque floculadores	90
Fotografía 30 Toma de lectura de esclerómetro tanque floculadores	91
Fotografía 31 Extracción de núcleos tanque floculadores	92
Fotografía 32 Ensayo de Carbonatación tanque floculadores	93
Fotografía 33 Detección de refuerzo tanque sedimentadores.....	94
Fotografía 34 Toma de lectura de esclerómetro tanque sedimentadores	95
Fotografía 35 Extracción de núcleos tanque sedimentadores.....	96
Fotografía 36 Ensayo de Carbonatación tanque sedimentadores	97
Fotografía 37 Detección de refuerzo tanque almacenamiento	98
Fotografía 38 Toma de lectura de esclerómetro tanque almacenamiento	99
Fotografía 39 Extracción de núcleos tanque almacenamiento.....	100
Fotografía 40 Regata en elemento de concreto tanque almacenamiento.....	101
Fotografía 41 Toma de lectura de esclerómetro zona administrativa	102
Fotografía 42 Lesiones significativas en elementos de concreto	115
Fotografía 43 Abrasión avanzada en elementos de concreto	116

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Resumen de patologías en obras hidráulicas	17
Ilustración 2 Localización general.....	29
Ilustración 3 Localización de PTAP desde el casco urbano	37
Ilustración 4 Precipitación	38
Ilustración 5 Retícula compositiva del PTAP.	40
Ilustración 6 Referencia ficha de levantamiento de información de campo	45

Ilustración 7 Referencia ficha de levantamiento de lesión patológica	46
Ilustración 8 Localización de sondeos realizados	60
Ilustración 9 Características geológicas generales	105
Ilustración 10 Geología municipio de Villanueva – Casanare	106
Ilustración 11 Fallas Geológicas municipio de Villanueva – Casanare	107
Ilustración 12 Intensidad sísmica esperada municipio de Villanueva – Casanare	108
Ilustración 13 Intensidad sísmica observada municipio de Villanueva – Casanare	109
Ilustración 14 Amenaza por remoción en masa municipio de Villanueva – Casanare.....	110
Ilustración 15 Zona de amenaza sísmica NSR-10, municipio de Villanueva – Casanare.....	111

Índice de Tablas

Tabla 1 Equipo profesional a cargo	25
Tabla 2 Fuentes de abastecimiento	37
Tabla 3 Nivel freático	38
Tabla 4 Identificación de lesiones P.1 Zona administrativa, cámara de llegada y floculadores....	47
Tabla 5 Identificación de lesiones P.2 Zona administrativa, cámara de llegada y floculadores....	48
Tabla 6 Identificación de lesiones P.1 tanque de almacenamiento	49
Tabla 7 Identificación de lesiones P.2 tanque de almacenamiento	50
Tabla 8 Identificación de lesiones P.1 tanque de filtros y floculadores	51
Tabla 9 Identificación de lesiones P.2 tanque de filtros y floculadores	52
Tabla 10 Identificación de lesiones Bocatoma.....	53
Tabla 11 Identificación de lesiones filtros	54
Tabla 12 Identificación de lesiones cámara de salida, sedimentadores y zona de aquietamiento.....	55
Tabla 13 Localización de sondeos.....	59
Tabla 14 Empujes de tierra.....	64
Tabla 15 Asentamientos a 2.50m	65
Tabla 16 Asentamientos a 4,00m	66
Tabla 17 Resultado de separación de acero Bocatoma Caño Claro	68
Tabla 18 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en Bocatoma Caño Claro	69
Tabla 19 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos bocatoma y sedimentador Caño Claro	71
Tabla 20 Resultados de carbonatación bocatoma y sedimentador Caño Claro	72
Tabla 21 Resultado diámetro de refuerzo bocatoma Caño Claro	73
Tabla 22 Resultado de separación de acero bocatoma y desarenador Huerta La Grande	73
Tabla 23 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en Bocatoma Huerta La Grande.....	75
Tabla 24 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos bocatoma y desarenador Huerta La Grande.....	76
Tabla 25 Resultados de carbonatación bocatoma y sedimentador Caño Claro	77
Tabla 26 Resultado diámetro de refuerzo bocatoma Huerta La Grande.....	78
Tabla 27 Resultado diámetro de refuerzo desarenador Huerta La Grande	79
Tabla 28 Resultado de separación de acero tanque de filtros	80
Tabla 29 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque de filtros	81
Tabla 30 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque de filtros	82
Tabla 31 Resultados de carbonatación tanque de filtros.....	83
Tabla 32 Resultado diámetro de refuerzo tanque de filtros.....	84
Tabla 33 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros	85
Tabla 34 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque de filtros	86
Tabla 35 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque unidad de filtros	87
Tabla 36 Resultados de carbonatación tanque unidad de filtros.....	88



Tabla 37 Resultado diámetro de refuerzo tanque unidad de filtros	89
Tabla 38 Resultado de separación de acero tanque floculadores	90
Tabla 39 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque floculadores	91
Tabla 40 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque floculadores	92
Tabla 41 Resultados de carbonatación tanque floculadores.....	93
Tabla 42 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros	94
Tabla 43 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque sedimentadores	95
Tabla 44 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque sedimentadores	96
Tabla 45 Resultados de carbonatación tanque sedimentadores	97
Tabla 46 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros	98
Tabla 47 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque almacenamiento	99
Tabla 48 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque almacenamiento	100
Tabla 49 Resultado diámetro de refuerzo tanque unidad de filtros	101
Tabla 50 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro zona administrativa.....	102
Tabla 51 Características generales de la estructura	112
Tabla 52 Características del suelo.....	112
Tabla 53 Ficha de evaluación física de la estructura.....	113
Tabla 54 Parámetros sísmicos	118
Tabla 55 Categorización de probabilidad de ocurrencia	119
Tabla 56 Categorización de nivel de severidad	119
Tabla 57 Clasificación del riesgo	120
Tabla 58 Matriz de vulnerabilidad	120
Tabla 59 Presupuesto de recomendación de intervención primaria	126
Tabla 60 Presupuesto de recomendación de estrategia de prevención	128
Tabla 61 Cronograma de recomendación de intervención primaria.....	129
Tabla 62 Cronograma de recomendación de estrategia de prevención.....	130



Resumen

Durante el desarrollo de las actividades asociadas al presente estudio patológico, se evidenció que, contar con una ruta definida era vital para el alcance de los objetivos planteados, debido a que, este mecanismo permitía; llegar de una forma más práctica a los orígenes de cada lesión analizada; realizar de manera eficiente el diagnóstico de la misma y posteriormente establecer la conclusión correspondiente.

En referencia a la Planta de Tratamiento de Agua Potable del municipio de Villanueva, se establece que es una infraestructura de vital importancia para la municipalidad. Sin embargo, debido a la poca inversión y escasos mantenimientos realizados a la misma, actualmente, presenta daños en su estructura y afectaciones en el sistema que, a no muy largo plazo se pueden traducir en una ineficiencia en su operación y consecuentemente daños y problemas en la población beneficiaria de la PTAP.

Ejemplo de lo anterior es que, los tanques de almacenamiento han sido objeto de la abrasión y con ello se ha visto disminuido la calidad de los materiales. Esta situación, ha sido causada por el tránsito del agua a dichas estructuras y la fricción que esta genera contra los elementos de concreto, teniendo en cuenta que, aunque la infraestructura está construida para tal fin, no se contempló en su diseño el mecanismo de llenado empleado actualmente, lo cual provoca una contusión en las paredes de los tanques a causa de la presión de llenado.

El hablar de Plantas de Tratamiento de Agua Potable, es hablar de caudales de agua cruda que, al pasar por un sistema de procesos físicos y químicos, alcanzan un nivel de pureza aceptable para el consumo humano. En este sentido, la PTAP de Villanueva cumple con el objetivo principal para el cual fue construida. Sin embargo, la planta presenta deficiencias o fallas constructivas en su infraestructura; motivo por el cual, se desarrolló el informe patológico de la misma, enumerando las lesiones existentes y el grado de afectación evidenciado.

1. Introducción

La planta de tratamiento de agua potable (PTAP¹) hace parte del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Villanueva, en el departamento de Casanare, que bajo el contrato de consultoría con objeto “Elaboración del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Sanitario-Pluvial del casco urbano del municipio de Villanueva, departamento de Casanare”, actualmente se encuentra en fase desarrollo, como parte integral de los productos del proyecto se encuentra el análisis patológico de la infraestructura de PTAP del municipio.

Uno de los objetivos de la consultoría es adelantar un diagnóstico físico y estructural, como parte de una evaluación integral de las condiciones en que se encuentran cada uno de los componentes físicos de las instalaciones de la PTAP. Por lo que, en aras de dar cumplimiento a los requisitos establecidos por la universidad Santo Tomás, en la especialización de patología de la construcción, y teniendo en cuenta la relación laboral que existe entre el consultor y uno de los integrantes del grupo de trabajo, se llevó a cabo un acuerdo con el consultor del proyecto, para que se permitiese adelantar un levantamiento y análisis patológico de la PTAP del municipio, dejando constancia que no se recibirá algún tipo de compensación económica, pero que como firma consultora se harán cargo de los ensayos que puedan ser requeridos en las estructuras de la planta, para adelantar los análisis correspondientes.

¹ Planta de tratamiento de agua potable

2. Justificación

A nivel normativo el decreto 1077 de 2015 establece en su artículo 2.3.3.1.5.17., que para todos los municipios participantes de los PAP-PDA se deberá contar con el respectivo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

De igual forma La ley 388 de 1997 en su artículo 10, numeral 3. Establece que en la elaboración del POT y adopción del mismo, el municipio debe señalar y localizar las infraestructuras básicas relativas a los sistemas de abastecimiento de agua, saneamiento.

Por otro lado el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico vigente, establecido mediante resolución 330 de 2017, “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”, determina en su artículo 42 que, debe contarse con un catastro de la red actualizado que incluya un inventario de las tuberías existentes, su localización y el mayor número de anotaciones posible para cada accesorio considerado estratégico en la operación como: tipo de accesorio, material, profundidad y año de instalación. Este catastro debe incluir además las válvulas e hidrantes que formen parte de la red de distribución.

De igual forma dentro del componente de gestión documental de la resolución en comento se hace énfasis en la necesidad de contar con información debidamente organizada bajo la ley general de archivo (ley 594 de 2000 y sus decretos reglamentarios), dicha información mínima es:

- Memorias técnicas de diseño e informe de diseño definitivo y especificaciones técnicas.
- Estudios complementarios relacionados con aspectos ambientales, socioeconómicos, culturales, arqueológicos, etc.
- Catálogos e información técnica



- Planos topográficos independientes de los planos de diseño.
- Planos de diseño definitivos.
- Informe de construcción, incluyendo como mínimo planos récord de construcción, certificados de calidad de los materiales, ensayos de laboratorio, cantidades de obra, procedimientos constructivos, manejo de imprevistos, manuales de instalación y funcionamiento, registros diarios o bitácora de obra.
- Manuales de operación y mantenimiento.
- Catastro de redes. El catastro de redes debe incluir como mínimo información de localización de tuberías y accesorios, diámetros, materiales y año de instalación.
- Registros de operación.
- Registros de mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo.
- Registros de capacitaciones, inducciones, entrega de elementos de protección personal y demás gestión relacionada con la seguridad industrial y salud ocupacional de los trabajadores.
- Registros relacionados con la gestión del riesgo.
- Catastro de usuarios.
- Registro de atención a usuarios.

El plan maestro se convierte entonces en una herramienta de planeación que, al estar articulada con los planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y normatividad vigente; contiene los lineamientos conceptuales, técnicos, jurídicos y de política necesarios para garantizar la sustentabilidad hídrica, como los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado del área urbana de Villanueva. En consecuencia, constituye el

soporte primario de las decisiones relacionadas con los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

Actualmente ni la administración municipal ni la empresa prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado cuentan con los instrumentos de planificación necesarios, que le permitan identificar y cuantificar las inversiones requeridas para mejorar la prestación del servicio y aumentar las coberturas de acueducto y alcantarillado para así optimizar y garantizar la calidad del mismo a un periodo de diseño dado. Razón por la cual se justifica técnicamente contratar la consultoría especializada que le permita contar al Municipio con esta herramienta de planificación.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Efectuar un análisis patológico de la infraestructura de concreto de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, departamento de Casanare, con el fin de determinar una intervención apropiada según su estado, lo anterior, mediante la evaluación de lesiones y resultados de ensayos patológicos.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las lesiones existentes en la infraestructura de concreto de la PTAP, a través de la elaboración de fichas de inspección patológica.
- Establecer los ensayos de exploración a realizar al paciente y analizar el resultado de los mismos.
- Indicar un diagnóstico patológico de acuerdo a la información recolectada y procesada.
- Formular una propuesta o recomendación intervención respecto a los procesos patológicos identificados, que permita el planteamiento de las acciones a ejecutar sobre la infraestructura de la PTAP.



4. Marco Referencial

Durante siglos el ser humano tiene la noción de almacenar el agua para su consumo y a su vez para el riego de sus cultivos, ya que era de primera necesidad para la sobrevivencia. En tiempos atrás el ser humano consumía directamente de los afluentes hídricos como los ríos, pero cuando no se encontraba alguno, se construían pozos perforando la tierra y de allí extraían el agua.

A medida que avanza el tiempo la población empieza a crecer e inicia un problema de los escasos del líquido ya que no disponían para la población en crecimiento. Esto generó nuevas prácticas para el almacenamiento de agua y en los años 7000 en Jericó la población captaba a través de pozos y a su vez tenían un mecanismo de circulación del agua con sencillas canales construidas con excavaciones en la tierra formando un medio círculo. De igual manera en las poblaciones de Japón y China, aprovechaban los árboles huecos para el tránsito del agua, donde más adelante se inició a emplearse con nuevos y rígidos materiales como lo son el metal y la cerámica para la canalización de tan preciado recurso. (Lenntech, s.f).

Es así que como se fueron empleando nuevas y dinámicas formas de la captación y circulación del agua, donde los Romanos eran el personal más capacitado a lo largo de la historia, para la construcción de ejes de distribución, donde empleaban el agua subterránea para su consumo, Los Arquitectos Romanos fueron los que iniciaron las construcciones de presas como mecanismo artificial de retención del agua y manejaban la purificación por aireación, ya que proyectaban que el agua más pura era proveniente de las altas montañas. (Lenntech, s.f).

Es así que la historia nos viene dando un golpe de jerarquía por su experiencia y una ayuda para las próximas construcciones de estas plantas de tratamiento de agua. Por tal razón estas plantas iniciaron a proyectarse en los años 1950 y 1960, donde se están empleando para

amortizar las crecientes demandas de agua, por el aumento apresurado de la población humana.

Anteriormente era a través de aireación para el tratamiento del agua, hoy en día el cloro ha sido utilizado para esta tarea. Sin embargo, la experiencia que deja la historia, determina que la desinfección con ozono es rentable y resulta un agua de mejor calidad.

4.1. Marco Teórico

El agua es una prioridad que caracteriza a la población humana, por ser de vital necesidad para la vida, es por tal razón que se viene generando nuevos sistemas de captación y tratamiento de agua con el fin de purificar este sagrado recurso natural, ya que por unas innumerables situaciones que acontecen en la vida, el agua viene en escasos y generando problemas a nivel mundial que a medida del tiempo puede ser una dificultad para encontrar este recurso hídrico para el consumo humano.

Las aguas naturales pueden contener ya sea organismos, impurezas o sustancias peligrosas para la salud, u otros contaminantes, que, si bien no pueden ser perjudiciales para la salud, causan desagrado en el consumidor. Aunque la esencia de la purificación a través de la Planta de Tratamiento es la remoción de partículas perjudiciales a la salud, una función secundaria no menos importante es la erradicación de la turbidez, coloración, olor que hacen que el agua tenga una apariencia un poco desagradable. (Hernández & Corredor , 2017).

En la actualidad con toda la experiencia generada y con ayuda del conocimiento de la academia, han hecho posible diferentes diseños más óptimos y ágiles para que el consumo sea cada vez más simplificado, lo que equivale a disminuir costos de inversión y operación, todo lo



cual se logra con un conocimiento de la academia cada vez más acabado de las leyes y principios que rigen la cinética de los diferentes procesos. (Hernández & Corredor , 2017)

Es por tal razón que se debe tener un esquema de funcionalidad para tener un abastecimiento más ágil y con más beneficios para la vida humana:

Primero es un buen Almacenamiento, ya que cuando no se tenga un flujo constante de líquido, es pertinente un tanque que almacene una gran cantidad de agua en los momentos de escases.

Segundo es la fuente de abastecimientos, es beneficioso encontrar una línea de abastecimiento que puede ser subterránea o superficial, pero que se obtenga constantemente este recurso natural.

Tercero las obras de captación, donde se deben de proyectar correctamente desde su inicio en papel, hasta su construcción, ya que con este punto se determina una serie de elementos compositivos para una buena planta de tratamiento, puesto que, si el líquido llega superficialmente es a través de bocatomas y si proviene subterráneamente orientamos que se desarrolle por pozos profundos.

Y por último el tratamiento de agua, el cual se desarrolla para darle primero una transformación en apariencia, de olor y sabor, con el fin de proteger la vida humana al momento de consumirla.

Con lo anteriormente dicho, se puede decir que se cuenta con tipos de Plantas de Tratamiento que se distinguen por los modelos de filtración y se diferencia entre sí por las condiciones del tratamiento.

4.1.1. Tipos de Plantas de Tratamiento.

Las plantas de tratamiento de agua se pueden categorizar según el tipo de procesos que ellas empleen:

4.1.1.1. Filtración Lenta

Son Plantas que circulan el agua a través de la arena y el principio fundamental es de formar una capa biológica, realizando una degradación química de las partículas que contengan el agua. Estas plantas se identifican porque contiene unos filtros principalmente para trabajar con la arena, y son los siguientes; la caja de filtro, el filtro de capa sobrenadante, el filtro de lecho de arena y el filtro de reguladores. (Blacio & Palacios, 2011)

4.1.1.2. Filtración Rápida

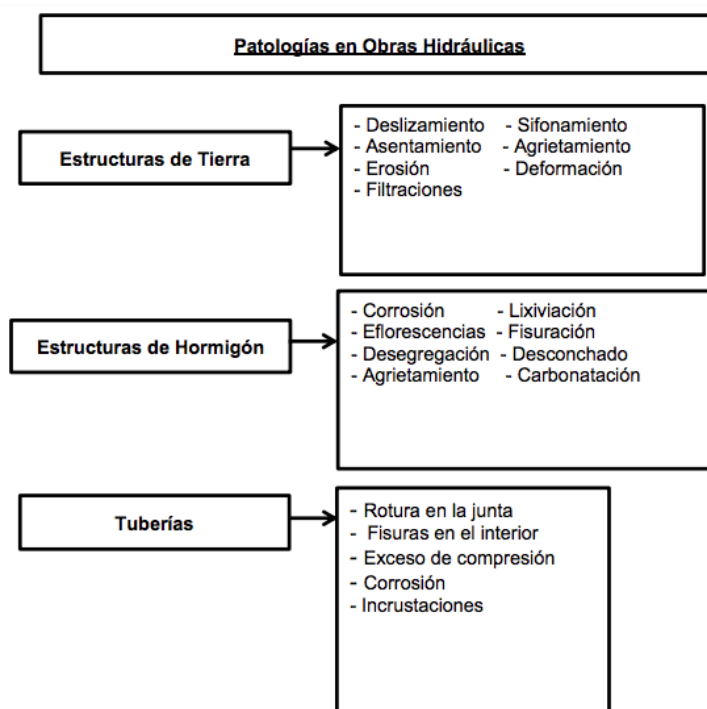
Estas plantas operan mediante el filtro de lecho que transitan a velocidades de 4 a 50 MH, ese ritmo por el que circula el agua ayuda a formar una biopelícula y donde busca eliminar cualquier particular que este a su alcance.

Los protocolos de eliminación son físicos y una de la importancia de esta filtración rápida es que elimina los elementos coloidales.

Esta filtración se caracteriza por que el filtro de lecho se va oscureciendo a momento de cada paso de sólidos en el agua y además son filtros que no alteran ni repercuten al momento de consumir el agua. (Pérez de la Cruz, 2011)

Dicho lo anterior, dentro de este marco teórico debemos tener en cuenta los tipos de patologías, para así determinar las clases de lesión más monótonas que tienes estos tipos de estructuras captadoras de aguas.

Ilustración 1 Resumen de patologías en obras hidráulicas



Fuente. (Crespo, 2015)

4.2. Marco Legal- Normativa

A continuación, se enuncia un listado de la normativa que aplica directa e indirectamente a este diagnóstico patológico.

la Ley 142 de 1994 en la que se decreta el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia.

En este marco se tuvo en cuenta el Decreto 219 de 200 en el cual se modificó la estructura del Ministerio de Desarrollo Económico y en especial los artículos 3º y 17º.

Por otra parte, el Decreto 1575 de 2007 por medio del cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para el consumo humano.

Decreto 2105 de 1983 por el cual se reglamentó parcialmente la potabilización del agua.

El Código Colombiano de Fontanería con su norma Técnica Colombiana NTC 1500, permite determinar inspecciones de instalaciones hidráulicas y de igual manera de aparatos, equipos, sistemas y accesorios para el consumo de agua.

Así mismo, el Ministerio de Vivienda existe un reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, en el cual encontramos la Resolución 1096 del 17 de noviembre de 2000 adoptada por el Ministerio de Desarrollo Económico, derogado y ahora regido bajo la resolución 0330 de 8 de junio de 2017.

Se finaliza con la normativa de diseño y construcción sismo resistente de Colombia, la NSR-10, en la cual incluye en su capítulo C.23, los lineamientos para el diseño de estructuras que van a contener líquidos, así como, la AIS 180-13 por la cual se indican las recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones y la ACI 350 por la cual se establece el diseño estructural, selección de materiales y construcción de estructuras medio ambientales, la cuales abarcan aquella que transportan, almacenan y tratan agua.

4.3. Marco Histórico

Cada día la historia demuestra que los antepasados sabían de la importancia que tiene hoy en día el agua, ya que garantiza la vida de todas las especies. Es por ello que poblaciones pasadas construían sus asentamientos en zonas que contengan abundante de agua. Ellos aprovechaban los ríos para el riego de sus cultivos y además para el consumo rutinario de agua.

Simple tuvieron la preocupación de mantener un agua más pura y limpia posible. En años atrás, el tratamiento del agua se proyectaba para mejorar las cualidades estéticas y visuales ya que al ver una liquido limpio era sinónimo de un agua pura.

A continuación, se indican unas referencias de algunos ejemplos de estructuras para la contención y tratamiento del agua en Colombia.

La planta de tratamiento de aguas residuales de San Fernando, localizada en Antioquia, Itagüí. La función de esta planta es para tratar las aguas industriales y residenciales del sur de Medellín. (Aburra, s.f)

La planta de tratamiento de Bello Antioquia, que su función es de recibir las aguas residuales residenciales, industriales y comerciales de Antioquia, una de su prioridad es de tratar el agua del río Medellín ya que es un determinante natural de gran importancia de la capital Antioqueña, esta planta alcanza a cubrir un 95 % de las aguas que se vierten al río. (EPM, s.f)

Estas plantas de tratamiento de agua en Colombia son prioritarias para la recuperación ambiental de las cuencas hidrográficas más contaminadas del país y para mejorar la calidad de vida de la población, por esta y miles razones más estamos realizando un estudio a través de un diagnostico patológico de la Planta de Tratamiento en Villanueva Casanare.

5. Alcances y Limitaciones

De acuerdo a lo estipulado por la firma consultora, el presente documento debe contener el análisis patológico de la PTAP del municipio de Villanueva, el cual incluirá el análisis de resultados de los ensayos desarrollados, levantamiento geométrico de la infraestructura de la planta, fichas patológicas o de lesiones, así como la respectiva identificación de lesiones de las estructuras, finalmente, se deberá establecer un diagnóstico del estado de la planta y las recomendaciones correspondientes según el análisis desarrollado.

La principal limitación con la que cuenta el desarrollo del presente estudio, es debido a la inexistencia de información respecto a la PTAP, puesto que, la empresa de servicios públicos encargada del funcionamiento y operación de la planta no cuenta con documentación histórica sobre el diseño, construcción o bitácoras que permita establecer precedentes sobre las estructuras.

6. Metodología

6.1. Descripción y Selección del Paciente

La planta de tratamiento del casco urbano del municipio con 25 años de edad, fue construida en el año 1995, actualmente se desconoce bajo qué tipo de normativa fue construido, pero si se conoce que su proyección siempre fue para prestar el servicio de potabilización de agua del municipio de Villanueva, Casanare.

La PTAP cuenta con la siguiente infraestructura:

Un tanque desarenador de concreto reforzado con unas dimensiones aproximadas de 6.30m de ancho, 20 m de largo y 3.30m de alto; contiene dentro de su estructura: un sistema de by-pass de 14", desfogue y purga de lodos en 8", válvula de corte de 14" una cámara de aquietamiento que permite disipar el exceso de energía de velocidad en la tubería de llegada.

En la entrada de la planta se encuentra una canaleta parshall la cual tiene una garganta de 3" donde se realiza la medición del caudal que se encuentra entrando a la PTAP.

La PTAP de Villanueva también cuenta con un sistema de floculación mecánico dividido en tres módulos. Los cuales tienen como principal objetivo la aglomeración de las partículas formando el floc para su posterior sedimentación.

Cuenta con un sistema de sedimentación de alta tasa que tiene una serie de placas paralelas las cuales aceleran el proceso de sedimentación, en la parte superior tienen un sistema de panal (Biofilter) con el objeto de evitar la flotación de las partículas que tienen poca densidad.

Tanque de concreto reforzado destinado a cubrir los consumos horarios de la población y acumular agua cuando las demandas son muy bajas. Esta estructura tiene las siguientes



De manera general la infraestructura de la planta tiene un nivel de conservación medio-bajo, entiéndase esto a que si bien se han realizado labores de mantenimiento de las estructuras, debido al tiempo de construcción, a la naturalidad del tipo de uso de las instalaciones y a procesos de mantenimiento inadecuados, así como el hecho de se encuentran sometidas a factores medio ambientales que afectan la apariencia de los elementos y que a medida del tiempo se van convirtiendo en factores patológicos de mayor relevancia, puesto que inciden y promueven el panorama ideal para el desarrollo de más agentes que afecten el correcto funcionamiento de los elementos.

Fotografía 1 Vista general aérea de la PTAP



Nota. Fotografía aérea de las instalaciones de la planta de tratamiento del casco urbano del municipio de Villanueva-Casanare. Fuente. Propia.

6.2.2. Recopilación de Información Necesaria Para el Estudio

Si bien se realizó la solicitud formal a la empresa de servicios públicos del municipio de Villanueva (ESPAVI), de la información histórica donde se encontrará una trazabilidad de las obras ejecutadas, actividades de mantenimiento, planos record de construcción de la planta y toda la información existente en referencia a la infraestructura de la PTAP, la empresa manifiesta que no cuenta con dicha información, sin embargo, por parte de ESPAVI se hizo entrega de un documento de generalidades de los sistemas de acueducto y alcantarillado del municipio, en donde se puede encontrar una descripción general de los componentes de la PTAP.

De acuerdo a lo anterior y debido a que es de obligatoriedad en concordancia al análisis patológico a desarrollar, se llevó a cabo el levantamiento geométrico de la infraestructura de la planta, así mismo se ejecutó la inspección de hallazgos visuales, con el fin de contar con información para desarrollar un análisis y lograr resolver de manera general un pre-diagnóstico patológico de las instalaciones de la planta, lo que es de gran relevancia, que permitió plantear la trazabilidad a desarrollar para la ejecución de ensayos destructivos y no destructivos, como insumo relevante para un producto de diagnóstico definitivo y de acuerdo con los lineamientos de calidad requeridos por el municipio.

6.2.3. Permisos y Autorizaciones Para Abordar el Estudio al Paciente

De acuerdo con lo descrito en el desarrollo del presente documento, la firma consultora a cargo del desarrollo del proyecto por objeto “Elaboración del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Sanitario-Pluvial del casco urbano del Municipio de Villanueva, Departamento de Casanare” es CONSORCIO MASTER PLAN, es relevante aclarar que uno de los objetivos de



NOMBRE	MATRICULA PROFESIONAL	PERFIL PROFESIONAL
WENDY LORAYNE PATIÑO ACERO	15202-348339 BYC	INGENIERA CIVIL
DAVID RICARDO RODRIGUEZ PARRA	25202-374450 CND	INGENIERO CIVIL

Nota. Tabla de relación de profesionales a cargo de análisis patológico de la planta de tratamiento del casco urbano del municipio de Villanueva-Casanare. Fuente. Propia.

Debido a la naturalidad del proyecto y lo anterior mente mencionado, el CONSORCIO MASTER PLAN proveerá del personal técnico que desarrollará los ensayos técnicos que cumplan con todos los estándares de calidad necesarios para el desarrollo del presente estudio.

6.2.5. Planteamiento de Desarrollo

De acuerdo a lo anteriormente descrito y con el fin de desarrollar el estudio y análisis de los procesos patológicos existentes en el paciente, se plantea abordar una historia clínica, descripción de estructura, suelos y cimentaciones, para proseguir con el diagnostico que contemplan la ejecución y resultados de la ensayos destructivos y no destructivos, así como la descripción de lesiones identificadas, con lo que se podrá llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad a nivel físico de la planta, permitiendo finalmente determinar de manera ideal que tipo de intervención o proceso a seguir ya sea para rehabilitar, reparar o reconstruir la planta.



7. Inspección, Estudios y Análisis Técnico del Paciente

7.1. Historia Clínica

Para el presente paciente se recolectó información en registro fotográfico, vuelos por medio de vehículo aéreo no tripulado y levantamiento de información por medio de inspección visual. Esta información está por ser procesada en fichas de registro de información con el fin de establecer todas las variables que inciden en el comportamiento de la estructura a través de los años y realizar un diagnóstico acertado.

7.1.1. Responsables del Estudio

Los responsables del estudio, son el equipo profesional relacionado en la Tabla 1 quienes desarrollarán el estudio en conjunto con la firma consultora CONSORCIO MASTER PLAN. De acuerdo a lo acordado se deberá cumplir con aquellos requerimientos necesarios para la aprobación del análisis patológico frente a la entidad contratante.

7.1.2. Fecha de Realización del Estudio

El desarrollo del estudio patológico se dio inicio en agosto de 2020 con el levantamiento de la infraestructura de la PTAP, procediendo al levantamiento de lesiones en noviembre de 2020 y ensayos de laboratorio realizados en marzo de 2021. Teniendo en cuenta que el estudio hace parte integral de un proyecto de consultoría, y en consecuencia a los imprevistos presentados a la fecha, el estudio objeto del presente informe se finiquita con éxito en julio de 2021.

7.1.3. Datos Generales del Paciente



7.1.3.1. Nombre

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del municipio de Villanueva, departamento de Casanare.

7.1.3.2. Localización

La ejecución de las actividades requeridas para la elaboración del producto de análisis patológico de la PTAP se realizará en el Departamento del Casanare en el municipio de Villanueva, el cual se encuentra ubicado al sur del departamento, sobre la parte baja del piedemonte, a orillas de los caños Agua clara y Perales o Arietes, a 4° 57" de latitud Norte y 73° 94" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

El casco urbano del municipio se encuentra localizado sobre los 300 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura promedio de 25.7 °C, siendo los meses de enero a marzo los más calurosos; la temporada de lluvias se presenta a partir del mes de abril, prolongándose hasta octubre, de acuerdo con la estación del IDEAM Huerta La Granja.

El municipio de Villanueva limita al norte con el municipio de Sabanalarga y Monterrey, al sur con el municipio de Cabuyaro departamento del Meta y occidente con los municipios de Barranca de Upía y Cabuyaro departamento del Meta, siendo los ríos Upía y Meta sus límites naturales y al oriente con los municipios de Monterrey y Tauramena, donde el río Túa es su límite natural. El municipio ocupa una extensión territorial de 825 kilómetros cuadrados.



Ilustración 2 Localización general



Nota. Localización general de la ciudad de Villanueva. Fuente. Adaptado de Google earth

7.1.3.3. Fecha de construcción, sistema constructivo, técnica constructiva

La planta de tratamiento del casco urbano del municipio fue construida en el año 1995, actualmente se desconoce bajo qué tipo de normativa fue construido, pero fue proyectada directamente para prestar el servicio de potabilización de agua.

7.1.3.4. Uso actual y previsto del sector

La infraestructura existente en la planta de tratamiento de agua potable del casco urbano del municipio de Villanueva, fue considerada en su construcción para el mismo tipo de uso al que actualmente se encuentra sometido, por lo que no ha existido modificaciones de uso

para los tanques de almacenamiento, desarenadores o edificaciones existentes desde el momento de su construcción.

Es importante resaltar que, al momento de diligenciamiento del presente documento, aún no se cuenta con datos confiables que evidencien bajo qué tipo de normativa fue desarrollado el diseño de la infraestructura de la PTAP.

7.1.3.5. Importancia del paciente

De acuerdo al artículo A.2.5.1.1 del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 las instalaciones tipo edificaciones de la planta de tratamiento de agua potable del casco urbano del municipio de Villanueva pertenecen al grupo de uso IV que hace referencia a edificaciones indispensables ya que cuenta con estructuras de operación para suministro de agua potable y es un tipo de edificación que no se puede reubicar fácilmente, así como hace parte de una línea de vida puesto que según la constitución de Colombia todos tenemos el derecho al suministro de agua potable. De igual manera, el tipo de estructuras diferente a edificaciones, como aquellas para el funcionamiento de la planta, tipo medioambientales, la NSR-10 indica que se debe tener en cuenta lo estipulado en la AIS 180-13 y la ACI 350, la cual estipula que, para dicho tipo de estructuras, se catalogan como grupo de uso II y coeficiente de importancia 1.25, debido a ser estructuras tipo tanque que deben seguir en uso después de un sismo.

7.1.3.6. Sistema estructural y constructivo

Los principales elementos que hacen parte de la infraestructura de la PTAP son contenedores tipo tanques que funcionan como desarenadores, tanques de floculación,

tanques para sistema de sedimentación, canaleta parshall y tanque de almacenamiento para suplir la demanda del casco urbano del municipio, dichos elementos son construidos en concreto reforzado de 3000psi según lo manifestado por los operadores de la planta. Según lo observado se puede indicar que cuenta con un sistema de muros estructurales de contención resistentes a flexión formando una geometría que permite el transporte y almacenamiento de agua. Con el fin de conocer a detalle la geometría de cada una de las estructuras, se sugiere revisar las fichas de levantamiento de campo en el Anexo 2 del presente documento.

Adicionalmente la PTAP cuenta con una estructura de dos niveles con elementos estructurales tipo vigas y columnas en concreto reforzado, haciendo referencia a un sistema aporticado, estructura con dimensiones de columnas de 0.20 x 0.30m y vigas de 0.20 x 0.20m y sistema de entrepiso en losa maciza la cual no se pudo verificar su espesor. El uso de esta edificación es para el laboratorio de toma de muestras de seguimiento de la calidad del agua a tratar, así como de almacenamiento e instalaciones para operación de la planta.

Fotografía 2 Vista aérea de tanques y edificación para operación.



Nota. Fotografía aérea donde se puede visualizar de manera general dos de las estructuras tipo tanques y edificación para operación. Fuente. Propia

7.1.3.7. Normativa actual que lo rige

Actualmente la normativa que rige el diseño y construcción de estructuras medio ambientales, que son aquellas para el transporte y almacenamiento de agua, es el reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10, adicionalmente es de ratificar que se debe seguir también los lineamientos estipulados en el documento de requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones AIS 180 – 13, la cual indica también como referencia para el análisis de este tipo de estructuras y como apoyo a la NSR-10, la ACI -350 por la cual el instituto americano del concreto establece el diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos.

Así mismo es importante considerar las recomendaciones hidráulicas y demás estipuladas en la resolución 0330 de 2017, para este tipo de infraestructura de tratamiento de agua potable.

7.1.4. En la Edificación y/o Construcción Civil

7.1.4.1. Tipo de cimentación.

Las estructuras presentes en la planta de tratamiento de agua potable cuentan con un tipo de cimentación superficial, puesto que sus principales elementos de la infraestructura son tipo contenedores de agua, lo cuales su profundidad no supera los 5 metros desde el nivel 0, en los que se encuentra una placa o losa sobre el terreno que transmite las cargas directamente al suelo, así como lo especifica el capítulo C.23-C.15.14 de la NSR-10.

7.1.5. Aplicación Patológica

7.1.5.1. Pediatría

No aplica.

7.1.5.2. Geriátrica.

Aplica. Esto debido a una se realiza la inspección del paciente, se logra identificar es estado en que este se encuentra, el cual es en un estado de deterioro puesto la severidad de sus lesiones.

7.1.5.3. Forense.

No aplica.

7.1.5.4. Preventiva.

Aplica.

7.1.6. Datos Específicos de las Lesiones

7.1.6.1. Localización y levantamiento de daños.

Para el levantamiento de daños se realizaron las fichas relacionadas en el Anexo 1 Fichas de levantamiento de lesiones patológicas. Por otro lado en el capítulo 7.3 del presente documento, se detalla sobre la identificación de la lesión, tipo, causa, estado actual y repercusiones .

7.1.6.2. Evaluación física, mecánica, composición y estructura del concreto y/o materiales

Evaluación física.

La planta al estar constituida por diferentes estructuras, todas conectadas por canales y en constante contacto con el agua, ha producido la presencia de organismos vegetales en las caras internas y externas de las estructuras.

Se puede identificar que el mantenimiento a la PTAP ha sido muy poco e inadecuado, se evidencia que los tanques de almacenamiento del agua ya tratada, presentan en sus caras internas porosidades, erosión mecánica y fisuras. Las estructuras que se adecuaron para el funcionamiento administrativo presentan humedad capilar y humedad por condensación que han generado el desprendimiento en algunas zonas de los acabados.

El estado físico en general, se encuentra con clasificación severo debido a lo avanzado que se encuentran las lesiones.

7.1.6.3. Evaluación Mecánica.

Las estructuras como bocatomas, desarenador, floculador y filtros, se encuentran con fisuras, erosionadas en algunas zonas con desprendimientos por elemento. Las lesiones se atribuyen entre otras cosas a posibles procesos constructivos ineficiente, falencias en el control de calidad de los materiales para la construcción que anudado a la longevidad de la obra y a la falencia en la programación y ejecución de programas de mantenimiento, incide en el deterioro de la infraestructura produciendo las fisuras identificadas.

Por otro lado, cabe resaltar que, al no realizar los adecuados mantenimientos de los muros de concreto, el flujo del agua y la fricción que esto genera en las caras internas, ha generado erosión que desencadena en corrosión, muros soplados, desprendimientos y demás.

7.1.6.4. Composición del concreto.

Se establece que los concretos de la obra, en un 80% se encuentra con afectaciones severas puesto que los tanques representan el mayor volumen e importancia según el uso de la obra. Se plantea la hipótesis de que la construcción de la planta se ejecutó con concreto fabricado en obra presumiendo una resistencia de 3000 PSI. Sin embargo, una vez se lleva a cabo ensayo de núcleos de concreto, los cuales se pueden verificar en el respectivo capítulo, se logra determinar que se cuenta con resistencia de concreta mínima de 1600 PSI y máxima de 3000 PSI.

7.1.7. Descripción de la Patología Más Relevante del Paciente.

El análisis realizado, indica que las lesiones primarias presentadas en la obra y clasificación grave más recurrentes son de lesiones mecánicas, esto debido al deterioro



producido por el paso de los años, debido al mantenimiento inadecuado realizado a la estructura, se puede evidenciar que agentes externos han atacado de manera continua el concreto, en algunas partes estos ataques producidos por la abrasión generada del tránsito del agua, ha llegado a debilitar tanto la composición del concreto que el acero de refuerzo ya se encuentra expuesto y presentando estado de oxidación y corrosión.

7.1.8. Clasificación y origen de la patología

7.1.8.1. Clasificación de la lesión. Grave.

7.1.8.2. Origen de la patología

La patología presentada, relaciona su origen a la erosión producida por flujo de agua y la fricción en contacto con los muros de concreto, es una clara evidencia de que para garantizar la durabilidad en las estructuras es necesario realizar tratamientos preventivos y mantenimientos periódicos a los recubrimientos del concreto. Esta lesión, da origen a patologías como oxidación, corrosión, presencia de organismos vegetales, humedades, desprendimientos leves en algunas zonas, fisuras y suciedades por depósitos.

7.1.9. Datos Generales del Entorno

7.1.9.1. Edificaciones u obras vecinas medio ambiente

La instalación de la planta de tratamiento de agua potable se encuentra a aproximadamente 5 kilómetros del centro del casco urbano del municipio hacia la parte alta de este, cuenta con un cerramiento en malla eslabonada en un área de una (1) hectárea.



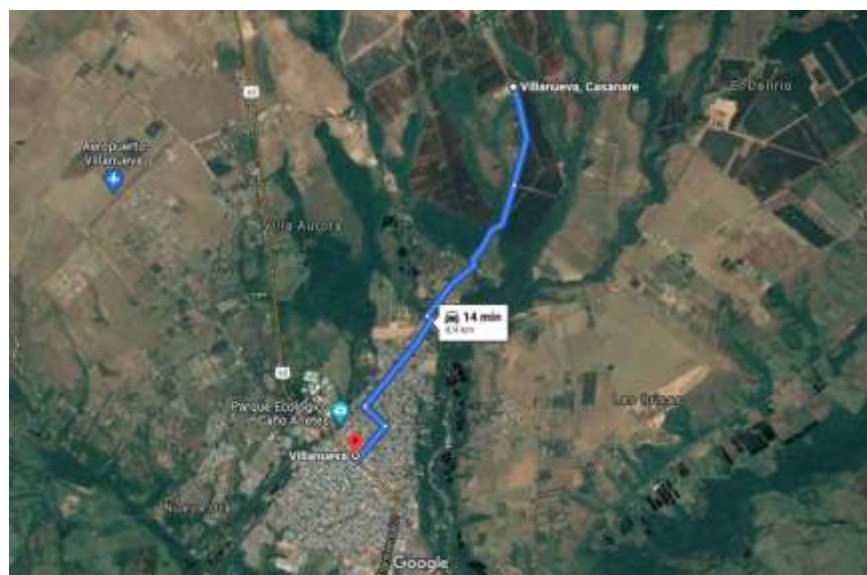
Las fuentes de abastecimiento para el sistema de acueducto actualmente se componen por fuentes subterráneas y superficiales como se relaciona a continuación:

Tabla 2 Fuentes de abastecimiento

FUENTE	USO	CONCESIÓN	CAUDAL
Caño claro	Todo el año	Nº 500.41.12-0160 del 20 de Febrero de 2012	57,5 Lt/s
Caño huerta la grande	En verano	Nº 500.41.12-0160 del 20 de Febrero de 2012	57,5 Lt/s
Pozo profundo Nº1	Contingencias	500.41-15.0703 del 20 mayo de 2015	12 Lt/s
Pozo profundo Nº2		En trámite 2016	

Nota. Tabla de información de fuentes de abastecimiento subterráneas y superficiales de la planta de tratamiento del casco urbano del municipio de Villanueva-Casanare. Fuente. Propia.

Ilustración 3 Localización de PTAP desde el casco urbano



Nota. Ruta de localización de PTAP Villanueva desde el casco urbano del municipio. Fuente. Adaptado de Google earth.



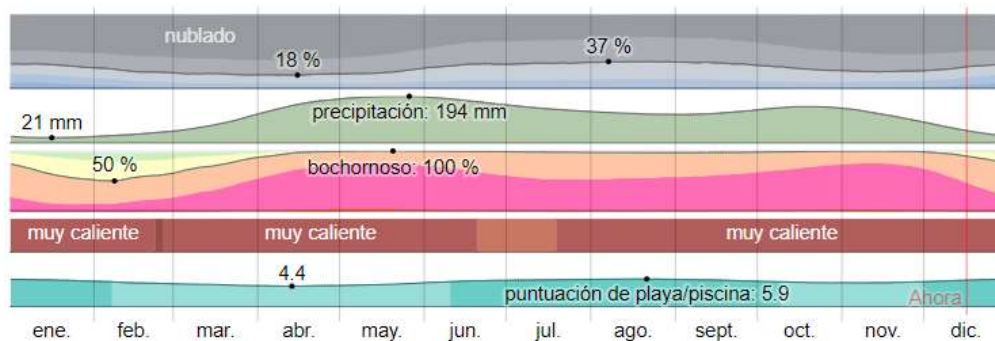
7.1.9.2. Temperatura.

La temperatura en Villanueva Casanare varía entre los 22°C y 35°C.

7.1.9.3. Precipitaciones.

Las precipitaciones presentadas en la zona son en promedio mínimo 21mm y máximo 194mm al año.

Ilustración 4 Precipitación



Fuente. Google earth.

7.1.9.4. Nivel freático

A continuación, se relaciona la profundidad a la que se evidenció presencia de nivel freático, esto según lo indicado por informe de estudio de suelos.

Tabla 3 Nivel freático

No. Sondeo	ESTRUCTURA	Nivel Freático (m)
1	Bocatoma Caño Claro	0,70
2	Bocatoma Caño Claro	0,70
3	Sedimentador Caño Claro	No presenta
1	Bocatoma Huerta La Grande	0,80



No. Sondeo	ESTRUCTURA	Nivel Freático (m)
1	Tanque Sedimentador Huerta La Grande	No presenta
2	Tanque Sedimentador Huerta La Grande	No presenta
3	Zona de Optimización	No presenta
4	Tanque Filtros	No presenta
5	Tanque de Almacenamiento	No presenta
6	Tanque Sedimentadores	No presenta

Nota. Tabla de nivel freático evidenciado en sondeos realizados por el componente de suelos del proyecto. Fuente. Consorcio Master Plan.

7.1.10. Arquitectura (descripción general)

El diseño de la planta de tratamiento de agua en Villanueva, Casanare es un esfuerzo de Arquitectura e Ingeniería de gran escala que requiere de un equipo de diseño multidisciplinario, que involucra la colaboración entre diferentes firmas consultoras, contratistas y propietarios.

Todo esto para lograr una búsqueda a la solución de agua potable en el Municipio de Villanueva, a través de tanques de almacenamiento en concreto, dándole la solución con un diseño conceptual simple de una planta integral del tratado de agua, donde se proyectaron para su elaboración con bocetos arquitectónicos, un diseño compositivo e investigación de equipos y aparatos que se emplean dentro de una Planta de Tratamiento de agua, para así darle una caracterización a la idea principal que se tiene dentro de los conceptos de la Arquitectura y de la Ingeniería, para llegar con la idea base del suministro óptimo de agua potable en el Municipio de Villanueva, Casanare.

7.1.10.1. Estilo Arquitectura.

El estilo arquitectónico parte desde su función, es decir a medida que se vaya acoplando al terreno y a la captación de agua se va formando una especie de elementos geométricos arquitectónicos que se instauran de una forma dúctil. En este caso y según las condiciones del terreno el cual es llano, se proyectó y se construyó con un estilo ortogonal, ya que encontramos un tanque empotrado al terreno de unas dimensiones de 6,30m de ancho por 20m de largo, generando un rectángulo perfecto y con una línea articuladora que en este caso con los tubos de recorrido del fluido y llegando a unos elementos ortogonales el cual su función es de drenar y filtrar partículas de impureza en el agua.

Ilustración 5 Retícula compositiva del PTAP.



Fuente. Propia

7.1.10.2. Contexto histórico (Social, económico, geográfico, ideológico, político y jurídico)

El municipio de Villanueva está localizado en la parte sur del departamento de Casanare, al costado izquierdo del piedemonte, donde se relaciona con afluentes hídricos como los son el caño Agua clara y Perales.

La parte urbana de este municipio se localiza sobre los 300 metros sobre el nivel del mar y oscilan unas temperaturas de de 25.7 °C, donde encontramos que los meses de enero a marzo son los que mayor temperatura tienen y las lluvias llegan a partir del mes de abril, hasta octubre.

Se caracteriza por un clima cálido y húmedo el Municipio de Villanueva y tiene una ubicación estratégica porque el Municipio esta sobre una carretera Marginal del Llano, la que cruza el casco urbano, y que con este eje vehicular ayuda al turista a tener una vista mas cercana de este poblado ya que los viajeros, que se desplazan a Villavicencio y Bogotá y viceversa, constituyéndose el municipio como centro turístico y vacacional.

Su ubicación partió por la gran cantidad de afluentes hídricos que hay en la región, esto determino a realizar los asentamientos en zonas cercanas a los afluentes hídricos y poder tener un contacto directo con el agua.

Villanueva tiene una planta de tratamiento que cuenta con aproximadamente 25 años de construcción, proyectada con mano de obra llanera y con materiales de canteras de la región, el cual no desentonan con el proyecto de prioridad para este Municipio Casanareño.

7.1.10.3. Materiales, sistema constructivo, proceso constructivo (técnico y tecnológico)

Villanueva materializó la PTAP inicialmente con la limpieza del terreno, materiales expropiados de la excavación, se procedió a dar una compactación y una pendiente al terreno no mayor al 2%, según información obtenida de la comunidad.

Siguieron con las excavaciones, pero un poco más profunda, para situar la cimentación, de allí se realizó un armado tanto en los muros de los tanques de almacenamiento como en las columnas y de la losa de cimentación.

Enseguida realizaron un armado longitudinal para los muros del tanque, posteriormente con la losa inferior donde se utilizaron estribos para la parte estructural.

La información es muy escasa para tener con claridad un paso a paso constructivo de la PTAP, sin embargo, la comunidad nos dio algunas pautas para decir que esta planta siguió una construcción convencional como las que se realizan en la región.

7.2. Estructura.

7.2.1. Por Diseño y Construcción (A.10.2.2.1-NSR10)

De acuerdo al reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, esta calificación se define en los términos de la mejor tecnología existente para la época en que se construyó la edificación o estructura. Una vez se inspecciona y evalúa la calidad de los materiales se aprecia que se trata de una infraestructura desarrollada con la tecnología técnica constructiva existente en su época. Aceptable conformación de su estructura en cuanto a geometría y aspecto de los elementos estructurales en cuanto a resistencia y durabilidad de acuerdo a al tipo de uso al que se encuentra sometido.

Para efectos de aplicar la Tabla A.10-4-1 contenida en la NSR-10 respecto a la calificación del diseño y la construcción, se considera que es REGULAR.

7.2.2. Por Estado de la Estructura (A.10.2.2.1-NSR10)

Se puede apreciar manifestaciones de daño que puede indicar problemas de asentamientos o inconvenientes relacionados con sobre presiones ejercidas por terreno. Aunque no se ha presentado daños de tal magnitud que sea necesario la suspensión del funcionamiento de la planta, sin embargo, según lo manifestado por los operadores técnicos de la planta, si se han evidenciado daños en muros de tanques (fisuras) por lo que han existido hechos de filtraciones del líquido, así mismo es evidente lesiones por la acción del agua y corrosión presente en sistemas de anclajes metálicos, exposición de refuerzo y pérdida de espesor de recubrimiento. Por las razones anteriores, la calificación del estado de la infraestructura existente en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva de acuerdo con la Tabla A.10-4-1 establecida en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 es REGULAR a MALA.

7.2.3. Evaluación de la Estructura en General

Los elementos que hacen parte de las instalaciones de PTAP del municipio de Villanueva deben cumplir con las consideraciones de la AIS 180-13 que establece las recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones, adicionalmente teniendo en consideración que el apéndice A.4 de la NSR-10 indica que el municipio se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia con valores de aceleración pico efectiva A_a de 0.20 y velocidad pico efectiva A_v de 0.20.

Se evidencia dos tipos de infraestructuras, estructuras tipo tanques contenedores de agua contruidos por medio de muros de concreto reforzado y monolíticamente, así mismo es evidente la existencia de una estructura tipo edificación de dos plantas, conformada por un sistema estructural de pórticos de concreto resistente a momentos. Es relevante resaltar que a la fecha del presente informe aún se desconoce el tipo de normativa contemplada para el diseño de las estructuras, y estas cuentan con una edad de construcción de 25 años.

Adicionalmente, se puede apreciar presencia de humedades, fisuras, abrasión en el concreto por acción del agua, perdida de espesores de recubrimiento, oxidación de anclajes y asentamientos, si bien la infraestructura se encuentra en funcionamiento es importante resaltar que de manera general la infraestructura de la PTAP se encuentra en muy malas condiciones, siendo indispensable una evaluación a profundidad de cada una de las estructuras que hacen parte de ella.

7.3. Lesiones Mecánicas, Físicas y Químicas

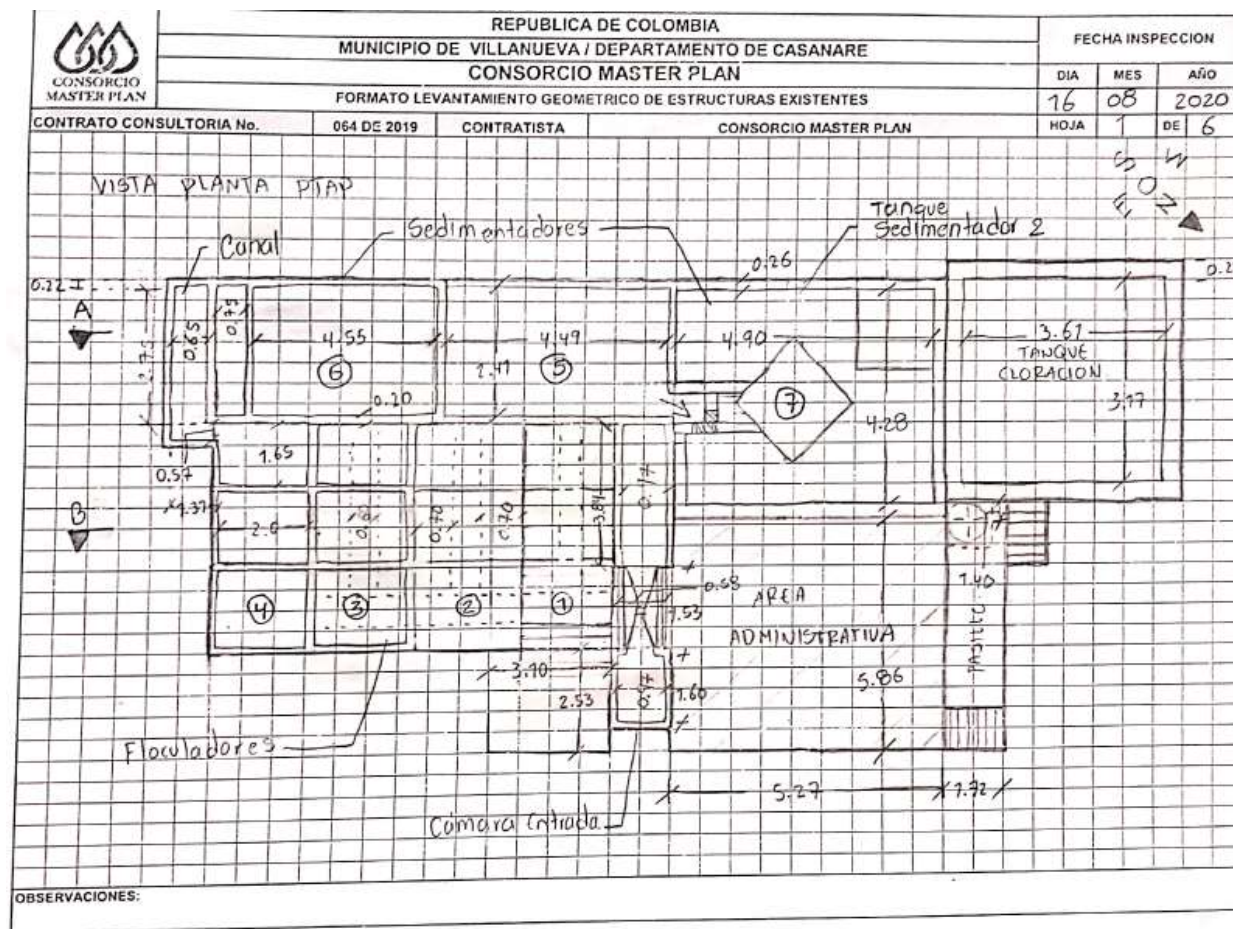
7.3.1. Formatos de información de campo

Para la inspección y levantamiento de campo se tuvo en consideración los formatos establecidos por el CONSORCIO MASTER PLAN quienes son el principal equipo consultor del proyecto y con quienes se realizó el acuerdo de desarrollo del análisis patológico de la PTAP.

En el Anexo 2 Fichas de campo de información de infraestructura se encuentran el total de formatos diligenciados.



Ilustración 6 Referencia ficha de levantamiento de información de campo



Nota. Formato de referencia establecido por la firma consultora "CONSORCIO MASTER PLAN" para la toma de información de campo. Fuente. Propia.

7.3.2. Fichas de Levantamiento de Lesiones

En lo que concierne al levantamiento de lesiones patológicas, se llevó a cabo la proyección de formato de registro de hallazgo, considerando el tipo de paciente en estudio.

En el Anexo 1 se encuentran el total de las fichas de levantamiento patológico.



Ilustración 7 Referencia ficha de levantamiento de lesión patológica

CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION EN COLOMBIA.									
DEPARTAMENTO	CASANARE	CLIENTE	EMPRESA DEPARTAMENTAL DE AGUAS ACUATODOS S.A. E.S.P						
CIUDAD	VILLANUEVA	UBICACIÓN	FECHA		1	6	2021		
INFORMACION DEL CLIENTE					INFORMACION ESPECIFICA DE LA LESION				
NOMBRE	ACUATODOS S.A E.S.P PTAP VILLANUEVA				NOMBRE DE LA LESION	SUPERFICIE LISA			N° 1
LOCALIZACION	VILLANUEVA				REFERENCIA	DESGASTE DE MATERIAL			1
USO	INDISPENSABLE TIPO 4				PH SUELO	N/A	GRADO		
FECHA DE CONSTRUCCION	SIN INF	SIN INF	1995		TEMPERATURA	23	SEVERO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	INDUSTRIALIZADO				HUMEDAD RELATIVA	99%	MODERADO	X	
TECNICA CONSTRUCTIVA	CONCRETO				PRECIPITACIONES	1,5MM	LEVE		
INTERVENCIONES PREVIAS	SIN INFORMACION				TIPO DE AMBIENTE	N/A	VEL VIENTO	3 km/h noroeste	
APLICACIÓN PATOLOGIA					CLASIFICACION DE LA LESION				
PEDIATRICA					DIRECTA	PRIM	SEC	INDIRECTA	
GERIATRICA	SI				MECANICA	1		PROYECTO	
FORENSE					FISICA			EJECUCION	
PREVENTIVA					QUIMICA			MATERIAL	
					L. PREVIAS			MANTENIMIENTO	X
PATOLOGIA PRESENTADA									
					DESCRIPCION DEL ELEMENTO				
					LOCALIZACION	ZONA ADMIN	CONSTRUCCION	CONCRETO	
					NIVEL	1			
					EJE	Mapa de lesiones	APOYOS	DESGASTADO	
					VERTICAL	Mapa de lesiones	SIMPLE	N/A	
					HORIZONTAL	Mapa de lesiones	SEMIEMPOTRADO	N/A	
					PERIMETRAL	Mapa de lesiones	EMPOTRADO	N/A	
					CENTRAL	Mapa de lesiones	ARTICULADO	N/A	
					ESQUINERO	Mapa de lesiones	BIARTICULADO	N/A	
					FUNCION	Mapa de lesiones	ARMADURA	N/A	
					COLUMNA	N/A	TRACCION	N/A	
					VIGA	N/A	COMPRESION	N/A	
					VOLADIZO	N/A	CORTANTE	N/A	
					MURO	N/A	REPARTICION	N/A	
					PLACA	Mapa de lesiones	TORSION	N/A	
					DINTEL	Mapa de lesiones	OTRAS	N/A	
					OTRO	Mapa de lesiones	DIAMETRO	N/A	
DIMENSIONES	Mapa de lesiones								
LONGITUD	0,5 m	LONGITUD							
ANCHO	0.6m	LISA	SI						
ALTURA	Mapa de lesiones	CORRUGADA	SI						
RECUBRIMIENTOS	Mapa de lesiones	OTROS	DESGASTE						
DESCRIPCION DE LA FISURA					POSICION				
PROFUNDIDAD	3 mm	MOVILIDAD	NO		TERCIO IZQUIERDO	SI (0,1)	ARRIBA DE LINEA NEUTRA		
ATRAVESANTE	NO	ESTACIONARIA	SI		TERCIO CENTRAL	NO	DEBAJO DE LINEA NEUTRA		
SUPERFICIAL	SI	EN PROGRESO	SI		TERCIO DERECHO	SI (0,1)	COINCIDENTE CON L.N.	SI	
		EN RETROCESO	NO		TERCIO MEDIO	SI (0,1)	CARA SUPERIOR	SI	
FORMA					TERCIO INFERIOR	NO	CARA INFERIOR	NO	
RECTA		RAMIFICADA	X		TERCIO SUPERIOR	NO	CARA ANTERIOR	SI	
CURVA		UNICA					CARA POSTERIOR	SI	
COMBINADA	X				OBSERVACIONE: TIPO DE LESION MECANICA POR EROSION EN ESCALERA DE ZONA ADMINISTRATIVA				
DIRECCION									
NEUTAL		DIMENSIONES							
PARALELA	X	LONGITUD	0,5 m						
PERPENDICULAR		ANCHO	0.6m						
INCLINADA S		PROFUNDIDAD	3 mm						
INCLINADA A									

Fuente. Propia.



7.3.3. Identificación de Lesiones Patológicas

7.3.3.1. Zona Administrativa, Cámara de Llegada y Floculadores

Tabla 4 Identificación de lesiones P.1 Zona administrativa, cámara de llegada y floculadores

IDENTIFICACION DE LA LESION										
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN	CAUSA	GRADO			
							L	M	S	G
1	SE PRESENTA SUPERFICIE LISA	ADMINISTRACION	MECANICA	EROSION	ESCALERA DE INGRESO	DIRECTA		X		
2	FALLAS ELECTRICAS POR EXPOSICION DE GABINETE ELECTRICO DEBIDO A AUSENCIA DE PUERTAS	ZONA ADMINISTRATIVA	FISICA	ACCIDENTAL	PASILLO EN DIRECCION A TANQUE DE CLORACION	INDIRECTA			X	
3	AUSENCIA DE ELEMENTOS DE ACABADOS	ZONA ADMINISTRATIVA	FISICA	ACCIDENTAL	SOBRE EL SEGUNDO NIVEL DE LA ZONA ADMINISTRATIVA	INDIRECTA	X			
4	PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA EN LOS MUROS QUE ESTAN EN CONTACTO CON EL	CAMARA DE LLEGADA	QUIMICA	MUSGO	CAMARA DE LLEGADA	DIRECTA				
5	OXIDACION Y CORROSION EN VIGAS DE SOPORTE DE PLACA	ZONA ADMINISTRATIVA	QUIMICA	OXIDACION Y CORROSION	PLACA PARA SEGUNDO NIVEL DEL INGRESO A LA ZONA ADMINISTRATIVA	DIRECTA		X		
6	SE PRESENTA SUPERFICIE DE CONCRETO CON EROSION MECANICA	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION	PLACA SUPERIOR DEL FLOCULADOR JUNTO A CAMARA DE LLEGADA	DIRECTA		X		
7	SE PRESENTA ESTRUCTURA METALICA CON DESGASTE POR OXIDACION	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION	BARANDAS PERIMETRALES DEL FLOCULADOR	DIRECTA		X		
8	SE PRESENTA EROSION EN MUROS Y POSIBLE EXPLOSION DE ACEROS	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION	MUROS PERIMETRALES DEL FLOCULADOR	DIRECTA			X	
9	FILTRACION EN MUROS POR AGRIETAMIENTO DE MUROS	FLOCULADOR	MECANICA	GRIETAS	MUROS PERIMETRALES DEL FLOCULADOR	DIRECTA			X	
10	SE PRESENTA SUPERFICIE DESGASTADA Y CON EXPOSICION DE MATERIAL PETREO	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION	MUROS PERIMETRALES DEL FLOCULADOR	DIRECTA			X	

Fuente. Propia.



Tabla 5 Identificación de lesiones P.2 Zona administrativa, cámara de llegada y floculadores

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUSIONES	POSIBLE SOLUCION
1	SE PRESENTA SUPERFICIE LISA	ADMINISTRACION	DEBIDO AL TRANSITO POR SER EL ACCESO PRINCIPAL A LA ZONA, SE HA PRESENTADO DESGASTE NORMAL POR USO	CAMBIO DE LAS PROPIEDADES INICIALES DEL GRANITO, PERDIDA ADHERENCIA POR CONTACTO.	REALIZAR UNA RECONSTRUCCION PARCIAL PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA ESCALERA Y COLOCAR CINTAS ANTIDESLIZANTES.
2	FALLAS ELECTRICAS POR EXPOSICION DE GABINETE ELECTRICO DEBIDO A AUSENCIA DE PUERTAS	ZONA ADMINISTRATIVA	PROBABLEMENTE SE GENERO POR DESGASTE DE LAS BISAGRAS DE LAS PUERTAS Y ESTAS LLEGARON A FALLAR	INSEGURIDAD AL PERSONAL Y POSIBLE CORTO ELECTRICO GENERAL	REALIZAR EL CAMBIO DEL GABINETE Y SOLDAR NUEVAS PUERTAS.
3	AUSENCIA DE ELEMENTOS DE ACABADOS	ZONA ADMINISTRATIVA	FALTA DE MANTENIMIENTO	POSIBILIDAD DE INGRESO DE ROEDORES Y POSTERIOR FALLA DE CONTROL DE PLAGAS	SUMINISTRAR E INSTALAR LOS PANELES FALTANTES.
4	PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA EN LOS MUROS QUE ESTAN EN CONTACTO CON EL AGUA	CAMARA DE LLEGADA	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA A TRAVEZ DE LA ESTRUCTURA, SE PUEDEN PRESENTAR ACUMULACIONES DE MATERIA ORGANICA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE CAPTACION	ACUMULACION DE ORGANISMOS VEGETALES QUE PUEDEN CAUSAR DAÑOS AL CONCRETO	REALIZAR LABORES DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA A LAS CARAS DE CONTACTO CON EL AGUA, UTILIZACION DE RECUBRIMIENTO EPOXICOS.
5	OXIDACION Y CORROSION EN VIGAS DE SOPORTE DE PLACA	ZONA ADMINISTRATIVA	PROBABLEMENTE LA PENDIENTE QUE TIENE LA PLACA NO ES LA CORRECTA Y GENERA APOSAMIENTOS DE AGUA, ADICIONAL A ESTO LA FALTA DE MANTENIMIENTO A LA BARRERA EPOXICA DE LA ESTRUCTURA METALICA.	DAÑOS QUE PUEDEN AFECTAR LA FUNCIONALIDAD DEL ELEMENTO	LIMPIEZA DE LA ZONA Y APLICACIÓN DE BARRERA EPOXICA ANTES DE LA APLICACIÓN DE ESMALTES URETANOS.
6	SE PRESENTA SUPERFICIE DE CONCRETO CON EROSION MECANICA	FLOCULADOR	POSIBLEMENTE DEBIDO AL CONTACTO CONTINUO DEL AGUA CON EL CONCRETO, SE HA GENERADO EROSION	EXPOSICION DE LA ESTRUCTURA DEL CONCRETO Y ACERO	SEGÚN EL IMPACTO QUE TENGA LA LESION SE PUEDE REABILITAR LA ZONA MEDIANTE LA CONFORMACION DE UN RECUBRIMIENTO EN CONCRETO NUEVO Y LA APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZANTES.
7	SE PRESENTA ESTRUCTURA METALICA CON DESGASTE POR OXIDACION	FLOCULADOR	DEBIDO AL USO QUE TENIA ESA ESTRUCTURA, FACILMENTE SE DESGASTA POR EL TRANSITO DE LAS PERSONAS.	PERDIDA DE LA CAPACIDAD INICIAL Y GENERA INSEGURIDAD PARA LOS PEATONES	REALIZAR ACTIVIDAD DE RECUPERACION, LIJANDO Y PINTANDO NUEVAMENTE LA ESTRUCTURA.
8	SE PRESENTA EROSION EN MUROS Y POSIBLE EXPLOSION DE ACEROS	FLOCULADOR	PROBABLEMENTE DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA AL INTERIOR DE LOS TANQUES, SE GENERAN CORRIENTES QUE EROSIONAN EL CONCRETO Y CREAN FISURAS QUE EXPONEN LA ESTRUCTURA DEL	FALLA POR CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS	REALIZAR IMPERMEABILIZACION TOTAL DE LOS MUROS DE ACUERDO A LAS AFECTACIONES INICIALES
9	FILTRACION EN MUROS POR AGRIETAMIENTO DE MUROS	FLOCULADOR	POSIBLEMENTE SE HAYAN GENERADO ASENTAMIENTOS A LA ESTRUCTURA, ESTOS ASENTAMIENTOS GENERAN GRIETAS QUE PERMITEN EL FLUJO DEL AGUA DE UNA ESTRUCTURA A OTRA A TRAVEZ DE LOS MUROS	FALLA POR CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS	REALIZAR IMPERMEABILIZACION TOTAL DE LOS MUROS DE ACUERDO A LAS AFECTACIONES INICIALES
10	SE PRESENTA SUPERFICIE DESGASTADA Y CON EXPOSICION DE MATERIAL PETREO	FLOCULADOR	PROBABLEMENTE DEBIDO AL INTERIOR DE LOS TANQUES, SE GENERAN CORRIENTES QUE EROSIONAN EL CONCRETO Y CREAN FRISURAS QUE EXPONEN LA ESTRUCTURA DEL CONCRETO	FALLA POR CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS	REALIZAR IMPERMEABILIZACION TOTAL DE LOS MUROS DE ACUERDO A LAS AFECTACIONES INICIALES

Fuente. Propia.



7.3.3.2. Tanque de Almacenamiento.

Tabla 6 Identificación de lesiones P.1 tanque de almacenamiento

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN
1	SE PRESENTAN CRECIMIENTOS EXCESIVOS DE VEGETACION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	QUIMICA	ORGANISMOS VEGETALES	PERIMETRO DEL TANQUE
2	FRACTURAS Y FISURAS DE TAPA DE CAJA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MECANICA	DESPRENDIMIENTOS	CAJA DE CONTROL DE EXCESOS
3	DIFICULTAD DE MANIOBRA POR ORGANISMOS VEGETALES	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	QUIMICA	ORGANISMOS VEGETALES	PRIMERA CAJA DE CONTROL HACIA EL TANQUE
4	FISURACION DE PLACA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MECANICA	GRIETAS	SOBRE PLACA SUPERIOR DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
5	FILTRACIONES DE NIVEL FREATICO POR FISURAS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FISICA	FILTRACION	CAMARA DE CONTROL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
6	DESPRENDIMIENTOS DE PISO EN CAJA DE EXCESOS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MECANICA	DESPRENDIMIENTOS	CAJA PERIMETRAL DEL TANQUE
7	ACCESORIO DRESSER COMPLETAMENTE OXIDADA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	QUIMICA	OXIDACION	TUBERIA DE CONDUCCION INTERNA DEL TANQUE
8	ACCESORIO TIPO COMPUERTA SIN VOLANTE DE MANIOBRA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MECANICA	DAÑO POR USO	COMPUERTA DE REGULACION DE FLUJO INTERNO DEL TANQUE
9	EROSION FISICA EN EL MURO LATERAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FISICA	EROSION ATMOSFERICA	MURO LATERAL DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO
10	TAPA DE CAJA CON EXPOSICION DE COMPONENTES PETREOS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FISICA	EROSION ATMOSFERICA	CAJA PERIMETRAL DEL TANQUE

Fuente. Propia.



Tabla 7 Identificación de lesiones P.2 tanque de almacenamiento

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUSSIONES	POSIBLE SOLUCION
1	SE PRESENTAN CRECIMIENTOS EXCESIVOS DE VEGETACION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO AL POCO MANTENIMIENTO DE LA ZONA SE PRESENTA LA PATOLOGIA	INSEGURIDAD AL PERSONAL QUE TRANSITE EN LA ZONA POR CAIDAS EN HUECOS, APARICION DE ORGANISMOS ANIMALES PELIGROSOS	REALIZAR MANTENIMIENTO MENSUAL ADECUADO DE LAS ZONAS VERDES
2	FRACTURAS Y FISURAS DE TAPA DE CAJA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO A LA EXPOSICION DE LA TAPA A LA EROSION DEL AGUA Y EL VIENTO, HA PERDIDO SUS CARACTERISTICAS INICIALES DE SOPORTE DE CARGA	POSIBLE FRACTURA DE LA TAPA POR NO TENER CONDICIONES PARA SOPORTAR CARGA REQUERIDA.	CONSTRUCCION NUEVAMENTE
3	DIFICULTAD DE MANIOBRA POR ORGANISMOS VEGETALES	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	LA EXPOSICION DE LOS ACCESORIOS A LA INTERPERIE Y LA NO EXISTENCIA DE UNA TAPA	AL SER ACCESORIOS PARA CONTROL DE FLUJO, SE PUEDE PRODUCIR UNA RESPUESTA TARDIA Y DAÑOS FUTUROS POR OXIDACION	CONSTRUCCION DE TAPA Y MEJORAMIENTO DE LOS MUROS APLICANDO UN RECUBRIMIENTO PARA IMPERMEABILIZAR
4	FISURACION DE PLACA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	POSIBLEMENTE AL SER UNA PLACA EXPUESTA AL EFECTO DIRECTO DEL SOL Y EL AGUA, SE HA GENERADO CONTRACCIONES Y EXPANSIONES QUE CAUSAN EL AGRIETAMIENTO. ADICIONAL SE EVIDENCIA QUE NO EXISTE NINGUNA PROTECCION CON EPOXICOS.	LOS AGRIETAMIENTOS PUEDEN PRODUCIR LA EXPOSICION DE LOS ACEROS AL CONTACTO DEL AGUA Y FUTURAS EXPANSIONES INTERNAS	REALIZAR UN RESANE Y RECUBRIMIENTO CON MATERIALES EPOXICOS
5	FILTRACIONES DE NIVEL FREATICO POR FISURAS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO AL CONTACTO DEL AGUA CON LAS CARAS DEL CONCRETO, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL MATERIAL Y ESTO HA PERMITIDO EL INICIO DE LAS FILTRACIONES POR LA PRESION DEL NIVEL FREATICO DE LA ZONA.	DAÑOS QUE PUEDEN AFECTAR LA FUNCIONALIDAD DEL ELEMENTO	REHABILITACION DEL CONCRETO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO Y COMPONENTES IMPERMEABILIZANTES.
6	DESPRENDIMIENTOS DE PISO EN CAJA DE EXCESOS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL MATERIAL DE PISO DE LA CAJA Y HA PRODUCIDO DESPRENDIMIENTOS QUE PODRIAN TAPAR EL FLUJO DEL AGUA EN LA TUBERIA.	POSIBLE RESTRICCION DEL FLUJO Y APOSAMIENTO DEL AGUA GENERANDO ORGANISMOS ANIMALES	DEMOLICION PARCIAL DE LO EXISTENTE Y RECONSTRUCCION
7	ACCESORIO DRESSER COMPLETAMENTE OXIDADA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO A LA INMERSION DE LOS COMPONENTES, SE HA PRODUCIDO UN DESGASTE NATURAL DE LOS ELEMENTOS PROBABLEMENTE DEBIDO AL TIEMPO DE USO DE LA ESTRUCTURA Y SUS ACCESORIOS, SE GENERO UN DESPRENDIMIENTO DEL VOLANTE DE MANIOBRA DE LA VALVULA Y NO FUE REEMPLAZADO	PERDIDA DE LA CAPACIDAD INICIAL Y POSIBLES DETERIOROS MAYORES	REALIZAR MANTENIMIENTO A LOS ACCESORIOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE BARRERAS EPOXICAS.
8	ACCESORIO TIPO COMPUERTA SIN VOLANTE DE MANIOBRA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DEBIDO A LA EXPOSICION DE LAS ESTRUCTURAS Y EL DEFICIENTE MANTENIMIENTO, SE HA GENERADO UN ARRASTRE Y SOCAVACION DEL MATERIAL DE COMPACTACION CIRCUNDANTE A LA ESTRUCTURA	FALLA POR CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS Y TIEMPO DE USO, SUMADO AL NO MANTENIMIENTO REQUERIDO	REEMPLAZO DEL ACCESORIO.
9	EROSION FISICA EN EL MURO LATERAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	EN LA OBRA SE HA PRESENSIADO REITERADAMENTE EL EFECTO ABRASIVO DE LA LLUVIA Y EL VIENTO, SUMADO AL NO MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS HA GENERADO UN DETERIORO CONSTANTE.	PRESIONES DIFERENCIALES AL ELEMENTO Y POSIBLE ACUMULACION DE ORGANISMOS ANIMALES PELIGROSOS	REALIZAR UN MANTENIMIENTO DE ZONAS VERDES Y RELLENO PERIMETRAL.
10	TAPA DE CAJA CON EXPOSICION DE COMPONENTES PETREOS	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	EN LA OBRA SE HA PRESENSIADO REITERADAMENTE EL EFECTO ABRASIVO DE LA LLUVIA Y EL VIENTO, SUMADO AL NO MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS HA GENERADO UN DETERIORO CONSTANTE.	FALLA POR CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS Y TIEMPO DE USO, SUMADO AL NO MANTENIMIENTO REQUERIDO	RETIRO Y CONSTRUCCION NUEVA DE LA TAPA.

Fuente. Propia.



7.3.3.3. Tanque de filtros y floculadores

Tabla 8 Identificación de lesiones P.1 tanque de filtros y floculadores

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN
1	SE PRESENTAN CRECIMIENTOS EXCESIVOS DE VEGETACION	FILTROS	QUIMICA	ORGANISMOS VEGETALES	PERIMETRO FILTROS
2	FRACTURAS Y FISURAS EN MUROS ESTRUCTURALES	FILTROS	FISICA	DESPRENDIMIENTOS	ACCESORIOS DE ENTRADA A FILTROS
3	SE PRESENTA SUCIEDAD POR DEPOSITO EN FILTRO	FILTROS	FISICA	ORGANISMOS VEGETALES	PRIMERA CAJA DE CONTROL HACIA EL TANQUE
4	SE PRESENTAN ACCESORIOS OXIDADOS	FILTROS	MECANICA	GRIETAS	SALIDA DE ACCESORIOS EN ENTRADA DE FILTROS
5	GRIETAS EN MUROS ESTRUCTURALES	FILTROS	MECANICA	FILTRACION	CAMARA DE CONTROL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
6	SE PRESENTA EROSION EN MUROS INTERNOS POR ACCION DEL AGUA	FLOCULADOR	MECANICA	DESPRENDIMIENTOS	CAJA PERIMETRAL DEL TANQUE
7	EROSION EN CAJAS DE COMUNICACIÓN DEL FLOCULADOR POR CONTACTO DEL AGUA	FLOCULADOR	MECANICA	OXIDACION	TUBERIA DE CONDUCCION INTERNA DEL TANQUE
8	EXPOSICION DE MATERIAL PETREO POR TRANSITO DEL AGUA	FLOCULADOR	MECANICA	DAÑO POR USO	COMPUERTA DE REGULACION DE FLUJO INTERNO DEL TANQUE
9	DESPRENDIMIENTOS DE ACABADOS Y EXPOSICION DE ACEROS EN MUROS INTERNOS	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION ATMOSFERICA	MURO LATERAL DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO
10	EXPOSICION DE MATERIAL PETREO POR TRANSITO DEL AGUA	FLOCULADOR	MECANICA	EROSION ATMOSFERICA	CAJA PERIMETRAL DEL TANQUE

Fuente. Propia.



Tabla 9 Identificación de lesiones P.2 tanque de filtros y floculadores

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUSSIONES	POSIBLE SOLUCION
1	SE PRESENTAN CRECIMIENTOS EXCESIVOS DE VEGETACION	FILTROS	DEBIDO AL POCO MANTENIMIENTO DE LA ZONA SE PRESENTA LA PATOLOGIA	INSEGURIDAD AL PERSONAL QUE TRANSITE EN LA ZONA POR CAIDAS EN HUECOS, APARICION DE ORGANISMOS O ANIMALES PELIGROSOS	REALIZAR MANTENIMIENTO MENSUAL ADECUADO DE LAS ZONAS VERDES
2	FRACTURAS Y FISURAS EN MUROS ESTRUCTURALES	FILTROS	DEBIDO A LA EXPOSICION DE LA TAPA A LA EROSION DEL AGUA Y EL VIENTO, HA PERDIDO SUS CARACTERISTICAS INICIALES	POSIBLE FRACTURA DE LA TAPA POR NO TENER CONDICIONES PARA SOPORTAR CARGA REQUERIDA.	CONSTRUCCION NUEVAMENTE
3	SE PRESENTA SUCIEDAD POR DEPOSITO EN FILTRO	FILTROS	LA EXPOSICION DE LOS ACCESORIOS A LA INTERPERIE Y LA NO EXISTENCIA DE UNA TAPA	PROBABLEMENTE AL NO REALIZAR MANTENIMIENTO A LOS TANQUES SE PUEDE PRODUCIR ACUMULACION DE LODOS EN LOS FILTROS, Y ESTA ESTRUCTURA REQUIERE DE LAVADOS PREVENTIVOS	REALIZAR MANTENIMIENTO ADECUADO
4	SE PRESENTAN ACCESORIOS OXIDADOS	FILTROS	POSIBLEMENTE ESTE ACCESORIO HA PERDIDO SUS CAPA ANTICORROSIVA INICIAL, SE EVIDENCIA DESGASTE DEL EMPAQUE Y POSIBLEMENTE PRESENTE FUGAS EN LAS BRIDAS	SE PUEDE PRESENTAR PERDIDAS DE PRESION Y CONTAMINACION.	RETIRAR LOS ACCESORIOS Y REALIZAR RECTIFICACION DE LOS MISMOS, ADICIONAL A LA APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ESMALTES
5	GRIETAS EN MUROS ESTRUCTURALES	FILTROS	DEBIDO AL ANCLAJE REALIZADO PARA LAS BARANDAS, SE PRESENTAN FISURACIONES POR LA PERFORACION DE PERNOS	CAIDA DE LA BARANDA	REALIZAR RESANE CON MORTERO ESTRUCTURAL Y POSTERIORMENTE REALIZAR EL ANCLAJE. SELLAR CON EPOXICO
6	SE PRESENTA EROSION EN MUROS INTERNOS POR ACCION DEL AGUA	FLOCULADOR	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO NO EL AGUA
7	EROSION EN CAJAS DE COMUNICACIÓN DEL FLOCULADOR POR CONTACTO DEL AGUA	FLOCULADOR	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO NO EL AGUA
8	EXPOSICION DE MATERIAL PETREO POR TRANSITO DEL AGUA	FLOCULADOR	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO NO EL AGUA
9	DESPRENDIMIENTOS DE ACABADOS Y EXPOSICION DE ACEROS EN MUROS INTERNOS	FLOCULADOR	POSIBLEMENTE SE HA REALIZADO ALGUNA REPARACION A LA ESTRUCTURA Y ESTA SE HA FISURADO Y DESPRENDIDO POR LA EXPANSION DEL	FRACTURA EN MURO	REALIZAR PRUEBAS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL MURO Y PROCEDER A REPARAR O SUSTITUIR
10	EXPOSICION DE MATERIAL PETREO POR TRANSITO DEL AGUA	FLOCULADOR	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO NO EL AGUA

Fuente. Propia.



7.3.3.4. Bocatomas

Tabla 10 Identificación de lesiones Bocatomas

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN
11	EVIDENCIA DE EROSION EN EL CONCRETO DEBIDO A LOS EFECTOS DE ABRASION DEL AGUA SOBRE EL MATERIAL	BOCATOMA	MECANICA	EROSION POR ABRASION	PARTE INFERIOR DE MUROS Y VIGAS DE ANCLAJE DE REJILLA
12	LA TOTALIDAD DE MUROS CUENTAN CON PRESENCIA DE HUMEDAD POR CONDESACION EN LA PARTE INFERIOR DE LOS MUROS	BOCATOMA	FISICA	HUMEDAD	CARA INTERNA Y EXTERNA DE MUROS LATERALES
13	LATERALES HAY PRESENCIA DE ORGANISMOS VEGETALES (MOHO), ADICIONALMENTE, DE ACUERDO A LA EXPOSICION A LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS SE HA FAVORECIDO LA APARICION DE MANCHAS Y	BOCATOMA	QUIMICA	MOHO Y MANCHAS	ZONA INFERIOR DE MUROS LATERALES
14	DEBIDO A LA FALTA DE RECUBRIMIENTO, ACERO DE REFUERZO SE ENCUENTRA EXPUESTO, LO QUE A LLEVADO A SU OXIDACION.	BOCATOMA	QUIMICA	OXIDACION	ACERO DE BORDE DE MUROS LATERALES
IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUSSIONES	POSIBLE SOLUCION
11	EVIDENCIA DE EROSION EN EL CONCRETO DEBIDO A LOS EFECTOS DE ABRASION DEL AGUA SOBRE EL MATERIAL	BOCATOMA	DE ACUERDO A LA NATURALIDAD DE USO DE LA ESTRUCTURA, DEBE ESTAR EN CONTACTO DIRECTO CON EL FLUJO DE AGUA, LO QUE CONLLEVA A UNA EROSION MECANICA SOBRE EL CONCRETO	PERDIDA DE SECCION ESTRUCTURAL DEL ELEMENTO, DE NO SER ATENDIDA A TIEMPO LOS ACEROS DE REFUERZO SE PUEDEN VER EXPUESTOS A LAS CONDICIONES DEL ENTORNO	APLICACIÓN DE UN PUENTE DE ADHERENCIA Y CONCRETO IMPERMEABILIZADO DE ALTA RESISTENCIA
12	LA TOTALIDAD DE MUROS CUENTAN CON PRESENCIA DE HUMEDAD POR CONDESACION EN LA PARTE INFERIOR DE LOS MUROS	BOCATOMA	SITUACION QUE SE PRESENTA DEBIDO A LA EXPOSICION A LAS CONDICIONES ATMOSTERIAS	DEJA EN EVIDENCIA LA FALTA DE MANTENIMIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA	LAVADO A PRESION Y APLICACIÓN DE PINTURA IMPERMEABILIZANTE
13	LATERALES HAY PRESENCIA DE ORGANISMOS VEGETALES (MOHO), ADICIONALMENTE, DE ACUERDO A LA EXPOSICION A LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS SE HA FAVORECIDO LA APARICION DE MANCHAS Y EFLORESCENCIAS	BOCATOMA	LESION QUE SE PRESENTA DEBIDO A LOS AGENTES ATMOSFERICOS A LOS QUE SE ENCUENTRA EXPUESTA LA ESTRUCTURA	DEJA EN EVIDENCIA LA FALTA DE MANTENIMIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA	CEPILLADO Y LAVADO A PRESION SOBRE LA ZONA, ADICIONALMENTE, APLICAR PRODUCTOS IMPERMEABILIZANTES
14	DEBIDO A LA FALTA DE RECUBRIMIENTO, ACERO DE REFUERZO SE ENCUENTRA EXPUESTO, LO QUE A LLEVADO A SU OXIDACION.	BOCATOMA	PATOLOGIA OCASIONADA POR ERRORES CONSTRUCTIVOS	DE NO ATENDERSE SE PUEDE PRODUCIR CORROSION Y PERDIDA DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO	CEPILLADO DE LAS BARRAS DE ACERO, APLICACIÓN DE PUENTE DE ADHERENCIA Y POSTERIORMENTE RECUBRIMIENTO CON MEZCLA DE CONCRETO IMPERMEABILIZADO DE ALTA RESISTENCIA

Fuente. Propia.



7.3.3.5. Filtros

Tabla 11 Identificación de lesiones filtros

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN
1	SE PRESENTA EROSION MECANICA POR GOLPE DE AGUA EN CANAL DE ENTRADA	FILTRO 1	QUIMICA	EROSION MECANICA	CAMARAD DE ENTRADA EN FILTRO
2	SE PRESENTA EROSION MECANICA POR TRANSITO DEL AGUA, EXPOSICION DE PETREOS	FILTRO 2	FISICA	EROSION MECANICA	PANTALLAS DIFUSORAS EN FILTROS
3	SE PRESENTA FILTRACION EN MURO EN MAMPOSTERIA, POSIBLEMENTE POR NIVEL FREATICO	FILTRO 3	FISICA	FILTRACION	MURO PERIMETRAL EN FILTROS
4	SE PRESENTA DESPRENDIMIENTOS POR ACCION MECANICA GENERADA POR FILTRACIONES EN MUROS	FILTRO 4	MECANICA	DESPRENDIMIENTO	PANTALLAS DIFUSORAS EN FILTROS
5	SE PRESENTAN DESPRENDIMIENTOS EN MURO DE PANTALLA DIFUSORA DE FILTRO	FILTRO 5	MECANICA	DESPRENDIMIENTO	PANTALLAS DIFUSORAS EN FILTROS
IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUIONES	POSIBLE SOLUCION
1	SE PRESENTA EROSION MECANICA POR GOLPE DE AGUA EN CANAL DE ENTRADA	FILTRO 1	DEBIDO A LA CAIDA DEL AGUA, SE HA GENERADO UNA EROSION MECANICA SOBRE EL CONCRETO	EXPOSICION DE ACEROS Y POSIBLE CONTACTO CON EL ACERO. FUTURAS FISURAS, DESPRENDIMIENTOS Y FALLAS	REALIZAR UNA REPARACION ESTRUCTURAL PARA EL CONCRETO O REALIZAR LA INSTALACION DE UN NIPLE QUE REALICE EL LLENADO DEL TANQUE DESDE EL NIVEL MAS BAJO DEL TANQUE
2	SE PRESENTA EROSION MECANICA POR TRANSITO DEL AGUA, EXPOSICION DE PETREOS	FILTRO 2	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.
3	SE PRESENTA FILTRACION EN MURO EN MAMPOSTERIA, POSIBLEMENTE POR NIVEL FREATICO	FILTRO 3	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y DEBILITAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.
4	SE PRESENTA DESPRENDIMIENTOS POR ACCION MECANICA GENERADA POR FILTRACIONES EN MUROS	FILTRO 4	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.
5	SE PRESENTAN DESPRENDIMIENTOS EN MURO DE PANTALLA DIFUSORA DE FILTRO	FILTRO 5	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO EN LAS CAJAS DEL FLOCULADOR	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.

Fuente. Propia.



7.3.3.6. Cámara de Salida, Sedimentadores y Zona de Aquietamiento

Tabla 12 Identificación de lesiones cámara de salida, sedimentadores y zona de aquietamiento

IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	TIPO DE LESION	LESION	UBICACIÓN
1	PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA EN LOS MUROS QUE ESTAN EN CONTACTO CON EL	CAMARA DE SALIDA	QUIMICA	MUSGO	CAMARA DE DALIDA SOBRE PLACA
2	SE PRESENTA EROSION ATMOSFERICA EN CORONA DE MUROS.	SEDIMENTACION	FISICA	EROSION ATMOSFERICA	MUROS INTERNOS
3	SE PRESENTA GRIETA EN MURO, POSIBLEMENTE POR PROCESO CONSTRUCTIVO	ZONA DE AQUIETAMIENTO	MECANICA	GRIETAS	MUROS INTERNOS
4	SE PRESENTA SUCIEDAD POR DEPOSITO	PASILLO ENTRE SEDIMENTACION Y CAMARA DE REBOSE	FISICA	ORGANISMOS VEGETALES	PASILLO ENTRE ESTRUCTURAS
5	SE PRESENTAN ACCESORIOS OXIDADOS	CAJA DE VALVULAS	MECANICA	GRIETAS	CAJA DE VALVULAS
IDENTIFICACION DE LA LESION					
FOTO	DESCRIPCION DE LA LESION	ESTRUCTURA	POSIBLES CAUSAS	REPERCUIONES	POSIBLE SOLUCION
1	PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA EN LOS MUROS QUE ESTAN EN CONTACTO CON EL AGUA	CAMARA DE SALIDA	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA A TRAVEZ DE LA ESTRUCTURA, SE PUEDEN PRESENTAR ACUMULACIONES DE MATERIA ORGANICA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE CAPTACION	ACUMULACION DE ORGANISMOS VEGETALES QUE PUEDEN CAUSAR DAÑOS AL CONCRETO	REALIZAR LABORES DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA A LAS CARAS DE CONTACTO CON EL AGUA, UTILIZACION DE RECUBRIMIENTOS EPOXICOS.
2	SE PRESENTA EROSION ATMOSFERICA EN CORONA DE MUROS.	SEDIMENTACION	DEBIDO AL TRANSITO DEL AGUA Y LA ACCION DEL VIENTO, SE HA PRODUCIDO UN LAVADO DEL CONCRETO	FILTRACIONES Y CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.
3	SE PRESENTA GRIETA EN MURO, POSIBLEMENTE POR PROCESO CONSTRUCTIVO	ZONA DE AQUIETAMIENTO	DEBIDO AL PROCESO CONSTRUCTIVO POSIBLEMENTE SE GENERO UNA JUNTA CONSTRUCTIVA QUE NO FUE REPARADA.	FILTRACIONES Y AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD, CONTAMINACION DEL ACERO	REALIZAR RECUBRIMIENTO EN MORTERO ESTRUCTURAL Y REALIZAR LA IMPERMEABILIZACION DE LA CARA EN CONTACTO CON EL AGUA.
4	SE PRESENTA SUCIEDAD POR DEPOSITO	PASILLO ENTRE SEDIMENTACION Y CAMARA DE REBOSE	POSIBLES CONDICIONES INSEGURAS PARA LOS OPERADORES POSIBLEMENTE ESTE	COIDAS, ACUMULACION DE ORGANISMOS E INICIO DE APARACION DE	REALIZAR MANTENIMIENTO ADECUADO
5	SE PRESENTAN ACCESORIOS OXIDADOS	CAJA DE VALVULAS	ACCESORIO HA PERDIDO SU CAPA ANTICORROVISVA INICIAL, SE EVIDENCIA QUE LA DRESSER TAMBIEN ESTA CON OXIDO Y POSIBLEMENTE PRESENTE FUGAS EN LAS	SE PUEDEN PRESENTAR PERDIDAS DE PRESION Y CONTAMINACION.	RETIRAR LOS ACCESORIOS Y REALIZAR RECTIFICACION DE LOS MISMOS, ADICIONAL A LA APLICACIÓN DE ANTICORROSIVOS Y ESMALTES

Fuente. Propia.

7.3.4. Lesiones de Relevantes y de Interés.

7.3.4.1. Lesión Principal No.1 Exposición y Corrosión de Acero.

Fotografía 3 Alto nivel de corrosión



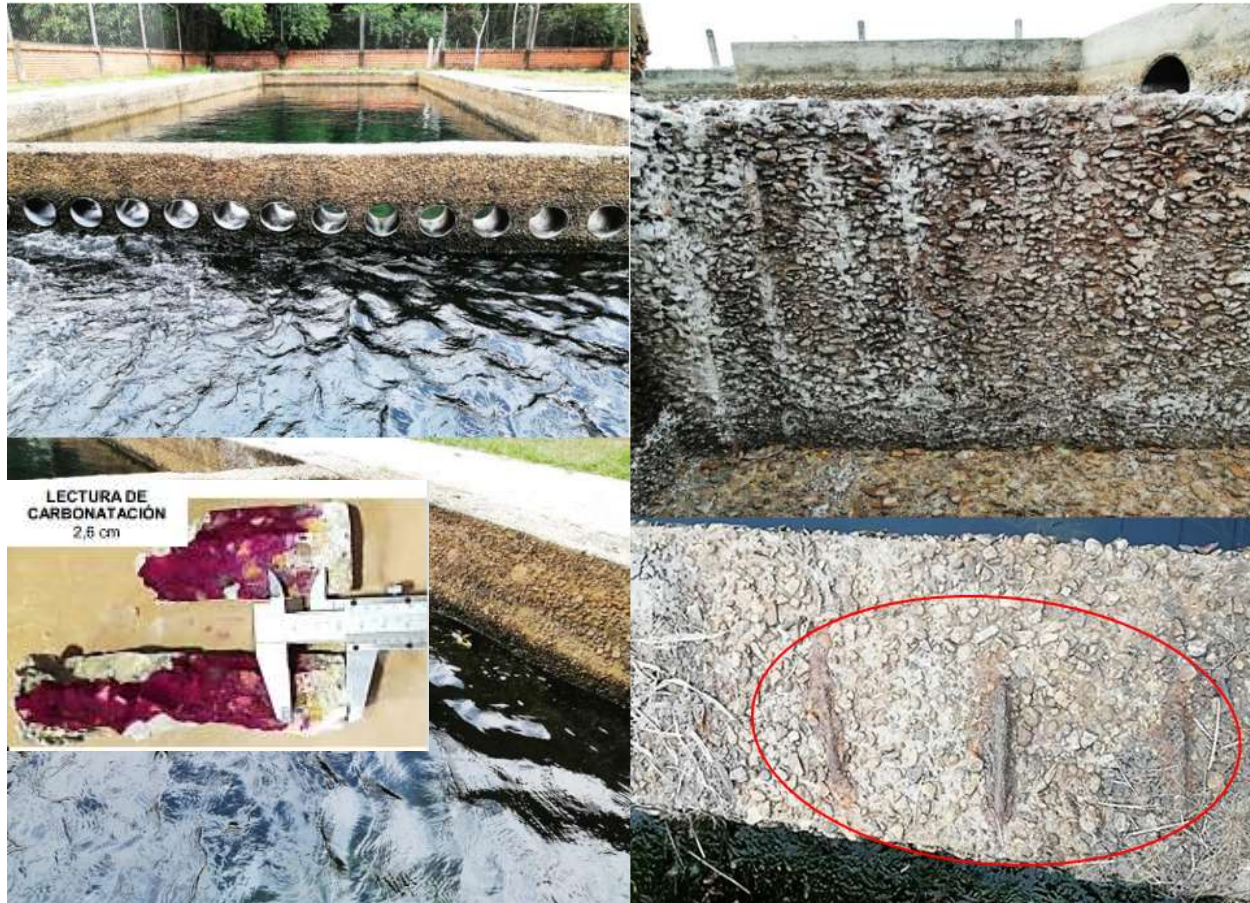
Fuente. Propia.

En la ilustración anterior se puede evidenciar lesiones debido a procesos constructivos inadecuados, en los que se ha dejado a la intemperie elementos de reforzamiento y espesor de recubrimiento de refuerzo insuficiente. Dicha situación ha desencadenado la oxidación y corrosión severa del refuerzo, llevando a una expansión de los aceros, descamación en varillas, pérdida de sección transversal de aceros, presencia de carbonatación, agrietamiento, desprendimiento de concreto y resistencia a la compresión menor a 28Mpa (4000Psi) requeridos por la normativa nacional para estructuras medioambientales (Cap. C-23 NSR-10).



7.3.4.2. Lesión Principal No.2 Abrasión Mecánica del Concreto.

Fotografía 4 Abrasión mecánica severa en concreto



Fuente. Propia.

La patología presentada, relaciona su origen debido a los efectos mecánicos, puesto la abrasión por el tránsito del agua sobre los muros de concreto, adicionalmente, no se puede descartar una participación en dicha problemática por los efectos de aditivos químicos dada la necesidad de su uso, según la naturaleza de la estructura. En consecuencia, se ha perdido sección en los muros, exposición de aceros de refuerzo que una vez en contacto con aditivos como el cloro se ha acelerado procesos de oxidación y corrosión. Adicionalmente, se identifica

presencia de carbonatación en el concreto y resistencia a la compresión menor a 28Mpa (4000Psi) requeridos por la normativa nacional para estructuras medioambientales (Cap. C-23 NSR-10).

Lo anterior, es una clara evidencia que, para garantizar la durabilidad en las estructuras hidráulicas de este tipo, es necesario realizar tratamientos preventivos y mantenimientos periódicos adecuados y poco abrasivos.

7.4. Suelos y Cimentaciones

7.4.1. Generalidades

Teniendo en cuenta que el análisis patológico de la PTAP hace parte integral del proyecto de consultoría por objeto “Elaboración del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Sanitario-Pluvial del casco urbano del Municipio de Villanueva, Departamento de Casanare”, se han desarrollado los estudios de suelo y geotecnia correspondientes al área específica de la planta, en consecuencia, y de acuerdo a la litografía del municipio se puede manifestar que se cuenta con un tipo de suelo D.

7.4.2. Tipo de Cimentación

De acuerdo con lo visualizado en la infraestructura de la PTAP y lo manifestado por el personal técnico y operativo de la planta, la infraestructura de la planta cuenta con una cimentación de tipo superficial, debido a que no son estructuras de gran envergadura que manejan grandes cargas en las que sea necesaria la consideración de cimentación profunda tipo pilotes o similar.



7.4.3. Estudio de Suelos Realizado en el Paciente

Con el fin de determinar las propiedades geo mecánicas y características del perfil del suelo en el cual se encuentran cimentadas las instalaciones de la PTAP de Villanueva, se procede a realizar un total de 10 sondeos, de los cuales, cuatro (4) de ellos alcanzaron una profundidad aproximada de 2.10 metros, los seis (6) sondeos restantes se ejecutaron alcanzando una profundidad alrededor de los 5 metros. Tomándose muestras alteradas tipo bolsa, muestras con tubo shelby y ensayo de SPT. Con las cuales se permito la ejecución y obtención de datos de granulometría, límites de consistencia, humedad, resistencia al corte directo y determinación de propiedades físicas y mecánicas por medio de ensayo normal de penetración.

Los apiques o sondeos realizados se localizaron en las siguientes coordenadas:

Tabla 13 Localización de sondeos

N° SONDEO	ESTRUCTURA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		NORTE	OESTE
1	Bocatoma Caño Claro	4°39'16.44"	72°54'30.20"
2	Bocatoma Caño Claro	4°39'17.37"	72°54'30.45"
3	Sedimentador Caño Claro	4°39'3.04"	72°54'31.02"
1	Bocatoma Huerta La Grande	4°38'58.76"	72°54'48.60"
1	Tanque Sedimentador Huerta La Grande	4°38'47.60"	72°54'48.42"
2	Tanque Sedimentador Huerta La Grande	4°38'47.56"	72°54'47.72"
3	Zona de Optimización	4°38'45.94"	72°54'49.93"
4	Tanque Filtros	4°38'45.33"	72°54'50.52"
5	Tanque de Almacenamiento	4°38'43.97"	72°54'50.61"
6	Tanque Sedimentadores	4°38'44.70"	72°54'49.89"



Ilustración 8 Localización de sondeos realizados



Fuente. Propia.

7.4.3.1. Descripción del Suelo a Partir de las Exploraciones.

El sondeo N°1 realizado en la Bocatoma Caño Claro tiene una profundidad de 2.10 m, se compone inicialmente por un estrato de 0.80m de material orgánico con presencia de raíces, el segundo estrato está conformado por arena mal gradada (SP) de color gris y con presencia de gravas de grano grueso color blanco y habano.

El sondeo N°2 realizado en la Bocatoma Caño Claro tiene una profundidad de 2.00 m, se compone inicialmente por un estrato de 0.30m de material orgánico, el segundo estrato está conformado por arena mal gradada (SP) de color gris y habano de grano fino y con presencia de gravas tipo areniscas.



El sondeo N°3 realizado en el sedimentador Caño Claro tiene una profundidad de 2.30 m, se compone inicialmente por un estrato de 0.40m de material orgánico, el segundo estrato está conformado por arena limosa (SM) con presencia de gravas tipo areniscas de grano fino.

El sondeo N°1 realizado en la Bocatoma Huerta La Grande tiene una profundidad de 2.00 m, se compone inicialmente por un estrato de 0.80m de material orgánico con presencia de lonas compuestas de lodo, el segundo estrato está conformado por arena mal gradada (SP) con presencia de gravas tipo areniscas.

El sondeo N°1 realizado cerca del tanque sedimentador Huerta La Grande tiene una profundidad de 5.30 m, se compone de 12 estratos e inicialmente por 0.30m de material orgánico, el segundo tipo de suelo está conformado por una arena limosa (SM) de color café oscuro, el tercer tipo de suelo encontrado se localiza desde una profundidad de 0.80m hasta 2.15m y está conformado por arena limosa (SM) de color café con vetas grises y presencia de gravas tipo areniscas, de 2.15m a 3.95m se encuentran gravas bien gradadas (GW-GM) tipo areniscas en una matriz de finos limosos de color café, de 3.95m a 4.85m se encuentra de nuevo arena limosa (SM) de color café con vetas grises y presencia de gravas tipo areniscas y finalmente se encuentran gravas bien gradadas (GW-GM) tipo areniscas envueltas en finos limosos.

El sondeo N°2 realizado también cerca del tanque sedimentador Huerta La Grande tiene una profundidad de 4.85 m, se compone de 11 estratos e inicialmente por 0.20m de material orgánico con presencia de raíces, el segundo tipo de suelo está conformado por una arena limosa (SM) de color café oscuro, el tercer tipo de suelo encontrado se localiza desde una profundidad de 0.80m hasta 2.15m y está conformado por arena limosa (SM) con presencia de gravas tipo areniscas de grano grueso y color gris, de 2.15m a 4.40m se encuentran arenas limosas (SM) de color gris con habano, con presencia de gravas tipo



areniscas de grano grueso color ferrosas y habanas, finalmente se encuentran arenas bien gradadas (SW-SM) con gravas tipo areniscas ferrosas y finos limosos.

El sondeo N°3 realizado en la zona de optimización tiene una profundidad de 5.75 m, se compone de 13 estratos e inicialmente por 0.35m de material orgánico, el segundo tipo de suelo está conformado por una arena limosa (SM) de color gris oscuro y con presencia de raíces, el tercer tipo de suelo encontrado se localiza desde una profundidad de 0.80m hasta 1.70m y está conformado por arena limosa (SM) de color gris, de 1.70m a 2.15m se encuentra limo (ML) de color gris, de 2.15m a 3.95m se encuentra arena limosa (SM) de color gris y habano, con presencia de gravas tipo areniscas de grano fino, de 3.95 a 5.30m se encuentra arena limosa (SM) de color habano ferroso y con presencia de gravas tipo areniscas de grano fino, finalmente se encuentran arenas mal gradadas (SP-SM) con finos limosos y presencia de gravas tipo areniscas.

El sondeo N°4 realizado cerca del tanque filtros tiene una profundidad de 4.30 m, se compone de 10 estratos e inicialmente por 0.35m de material orgánico, el segundo tipo de suelo está conformado por una arena limosa (SM) con escombros concreto, el tercer tipo de suelo encontrado se localiza desde una profundidad de 0.70m hasta 2.50m y está conformado por arena limosa (SM) de color gris y habano, con presencia de gravas tipo areniscas, de 2.50m a m se encuentra limo (ML) de color gris y finalmente se encuentran arenas limosas (SM) con presencia de gravas tipo areniscas de grano fino color habanas y ferrosas.

El sondeo N°5 realizado cerca del tanque de almacenamiento tiene una profundidad de 4.60 m, se compone de 10 estratos e inicialmente por 0.40m de material orgánico, el segundo tipo de suelo va de 0.40m a 2.90m y está conformado por una arena limosa (SM) con gravas tipo areniscas de color habano y finalmente se encuentran arenas limosas (SM) de color habano con presencia de gravas tipo areniscas de color habano y ferrosas.

El sondeo N°6 realizado cerca del tanque sedimentador tiene una profundidad de 5.20 m, se compone de 12 estratos e inicialmente por 0.35m de material orgánico, el segundo tipo de suelo está conformado por una arena limosa (SM) de color café oscuro, el tercer tipo de suelo encontrado se localiza desde una profundidad de 0.70m hasta 2.05m y está conformado por arena limosa (SM) de color café con vetas grises y presencia de gravas tipo areniscas, de 2.05m a 3.85m se encuentran gravas bien gradadas (GW-GM) tipo areniscas con finos limosos de color café, de 3.85m a 4.75m se encuentra de nuevo arena limosa (SM) de color café con vetas grises y presencia de gravas tipo areniscas y finalmente se encuentran gravas mal gradadas (GP-GM) tipo areniscas con finos limosos.

7.4.3.2. Clasificación del Perfil del Suelo.

Con base en los resultados obtenidos de la exploración del subsuelo y de acuerdo con las normas colombianas de diseño y construcción Sismo Resistente NSR – 10 vigentes, ubican el sitio de estudio en una zona de Riesgo Sísmico Intermedio y suelo de cimentación clasificado como perfil tipo D.

7.4.3.3. Capacidad Portante.

La capacidad portante hace referencia a la carga máxima que un suelo de cimentación está capacitado a resistir, considerando el efecto de transmisión de cargas externas de una construcción al suelo de cimentación. Para efectos de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, en el Anexo 3 se encuentra la tabulación de datos de capacidad portante del suelo, teniendo en cuenta los ensayos desarrollados.



7.4.3.4. Empujes

Se entiende como empujes de tierra, a las fuerzas externas que ejerce el suelo sobre un muro, lo que tiene a desestabilizarlo. A continuación, se relaciona los empujes que se pueden presentar en el suelo compuesto por arenas limosas como el del área de las instalaciones donde se encuentran cimentadas las estructuras de la PTAP.

Tabla 14 Empujes de tierra

		EMPUJE (t/m)			ALTURA DONDE ACTUA EL EMPUJE DESDE LA BASE DEL MURO (m)
		ACTIVO	EN REPOSO	PASIVO	
PROFUNDIDAD DEL MURO (m)	1,5	0,74	1,11	6,49	0,50
	2,5	2,05	3,07	18,03	0,83
	3	2,96	4,42	25,97	1,00
	4	5,26	7,86	46,17	1,33
	5	8,21	12,28	72,14	1,67

Fuente. Consorcio Master Plan.

7.4.3.5. Asentamientos

- Cálculo del asentamiento a 2,50 m de profundidad:



Tabla 15 Asentamientos a 2.50m

Carga admisible (q):	1,376	kg/cm ²	1,38	kg/cm ²
Módulo de Young (E):	145,00	kg/cm ²	145,00	kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0,35		0,35	
Ancho cimentación (b):	1,00	m	100	cm
Largo cimentación (l):	1,00	m	100	cm
m:			1,00	
lp:			0,56	
Factor de seguridad:	3,00		3,00	

	Asentamientos carga flexible			
Carga rígida	Esquina	Centro	Valor medio	Carga total
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(T)
2,21	1,40	2,80	2,38	13,76

Fuente. Consorcio Master Plan.

El valor de asentamiento total promedio obtenido es 2,38 cm, para un cimiento de área unitaria y cimentado a 2,50 m de profundidad, se recomienda realizar un remplazo con 0,50 m de suelo por una capa de material granular de recebo Tipo II o material de mejoramiento tipo Sub-base granular, este valor de asentamiento es permisible y se considera que no incidirá desfavorablemente en la estabilidad de la estructura.

- Calculo del asentamiento a 4,00 m de profundidad



Tabla 16 Asentamientos a 4,00m

Carga admisible (q):	1,705	kg/cm ²	1,71	kg/cm ²
Módulo de Young (E):	160,00	kg/cm ²	160,00	kg/cm ²
Coefficiente de Poisson (v):	0,35		0,35	
Ancho cimentación (b):	1,00	m	100	cm
Largo cimentación (l):	1,00	m	100	cm
m:			1,00	
lp:			0,56	
Factor de seguridad:	3,00		3,00	

	Asentamientos carga flexible			
Carga rígida	Esquina	Centro	Valor medio	Carga total
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(T)
2,48	1,57	3,15	2,67	17,05

Fuente. Consorcio Master Plan.

El valor de asentamiento total promedio obtenido es 2,67 cm, para un cimiento de área unitaria y cimentado a 4,00 m de profundidad, se recomienda realizar un remplazo con 0,50 m de suelo por una capa de material granula de recebo Tipo II o material de mejoramiento tipo Sub-base granular, este valor de asentamiento es permisible y se considera que no incidirá desfavorablemente en la estabilidad de la estructura.

7.5. Ensayos destructivos y no destructivos

Teniendo en cuenta que el producto de Análisis patológico el cual cuenta con una revisión patológica manera visual con el respectivo levantamiento de lesiones, también se ejecutó ensayos de tipo destructivo o no destructivo, los cuales fueron:

Ensayos no destructivos

- Escáner de refuerzo (Radioscan), por medio de equipos de última tecnología. Este ensayo permite determinar la separación del acero de refuerzo.

- Esclerómetro, por medio del uso de martillos de rebote lograr determinar el rango de resistencia del concreto sin intervenir directamente la estructura de interés.

Ensayos destructivos

- Extracción de núcleos de concreto para propósitos de evaluación de edificaciones o constructivos, diámetros entre 2" y 6".
- Ensayo de determinación de grado de carbonatación del concreto o test de la fenolftaleína. El test consiste en rociar un hormigón recién fracturado (es decir, no expuesto anteriormente al aire) con una solución al 1% de fenolftaleína en hidro-alcohol (70% de alcohol y 30% de agua). Si el color del hormigón impregnado vira a un púrpura intenso se interpreta como no carbonatado y si no cambia de color se supone carbonatado.
- Regatas: Inspección y corroboración de recubrimientos, diámetros y espaciamiento del acero de refuerzo para todo tipo de elementos estructurales.

7.5.1. Bocatoma y Sedimentador Caño Claro

7.5.1.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 5 Detección de refuerzo Bocatoma Caño Claro



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 17 Resultado de separación de acero Bocatoma Caño Claro

Separación aproximada del acero en mm
150 - 160

Fuente. Propia.

7.5.1.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 6 Toma de lectura de esclerómetro muro interno 1 y 2.



Fuente. Propia.



Fotografía 7 Toma de lectura esclerómetro muro externo 1 y muro interno 1.



Fuente. Propia.

Tabla 18 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en Bocatoma Caño Claro

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	BOCATOMA CAÑO CLARO MURO INTERNO LATERAL	32	32	34	36	32	30	32	34	36	36	33	250	3571
2		0,5	BOCATOMA CAÑO CLARO MURO INTERNO LATERAL	34	36	32	35	34	36	32	34	32	36	34	260	3714
3		0,5	BOCATOMA CAÑO CLARO MURO EXTERNO LATERAL	32	32	30	32	30	32	34	30	30	34	32	238	3400
4		0,5	BOCATOMA CAÑO CLARO MURO INTERNO LATERAL	32	34	32	30	34	30	34	34	30	32	32	238	3400

Fuente. Propia.



7.5.1.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 8 Extracción de núcleos Bocatoma y Sedimentador Caño Claro



Fuente. Propia.

Fotografía 9 Fallo de núcleos 1, 2, 3 y 4 bocatoma y sedimentador Caño Claro



Fuente. Propia.



Tabla 19 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos bocatoma y sedimentador Caño Claro

MUESTRA No.	ESTRUCTURA, ABCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NÚCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NÚCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm ³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	BOCATOMA CAÑO CLARO	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,132	3970,7	1610,7	1610,7	3,38	1610,7	
2	BOCATOMA CAÑO CLARO	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,084	5137,2	2083,9	2083,9	2,11	2083,9	
3	TANQUE SEDIMENTADOR CAÑO CLARO	BORDES TANQUE	6-mar-21	4	10-mar-21	2,075	3970,7	1610,7	1578,5	1,27	1578,5	
4	TANQUE SEDIMENTADOR CAÑO CLARO	BORDES TANQUE	6-mar-21	4	10-mar-21	2,246	5787,8	2347,8	2347,8	3,82	2347,8	

Fuente. Propia

7.5.1.4. Carbonatación

Fotografía 10 Ensayo de Carbonatación núcleos 1, 2, 3 y 4 bocatoma y sedimentador Caño Claro



Fuente. Propia



Tabla 20 Resultados de carbonatación bocatoma y sedimentador Caño Claro

NUCLEO N°	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	BOCATOMA CAÑO CLARO	X		Externa	1,4
2	BOCATOMA CAÑO CLARO	X		Externa	2,3
3	TANQUE SEDIMENTADOR CAÑO CLARO		X	N/A	N/A
4	TANQUE SEDIMENTADOR CAÑO CLARO	X		Externa	1,45

Fuente. Propia

7.5.1.5. Regatas

Fotografía 11 Regata en elemento de concreto, bocatoma Caño Claro



Fuente. Propia



Tabla 21 Resultado diámetro de refuerzo bocatoma Caño Claro

N° designado de varilla	Medida	Diametro mm	Recubrimiento en mm
4	1/2"	12,7	30

Fuente. Propia

7.5.2. Bocatoma y Desarenador Huerta La Grande

7.5.2.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 12 Detección de refuerzo bocatoma y desarenador Huerta La Grande



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 22 Resultado de separación de acero bocatoma y desarenador Huerta La Grande

Separación aproximada del acero en mm
160 - 165

Fuente. Propia.



7.5.2.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 13 Toma de lectura de esclerómetro No. 1, 2 y 3.



Fuente. Propia.



Tabla 23 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en Bocatoma Huerta La Grande

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE MURO EXTERNO LATERAL	32	36	32	38	32	30	32	36	38	32	34	260	3714
2		0,5	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE MURO EXTERNO LATERAL	32	34	30	30	34	30	32	34	30	36	32	238	3400
3		0,5	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE MURO INTERNO LATERAL	30	32	34	30	34	32	30	34	34	32	32	238	3400

Fuente. Propia.

7.5.2.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 14 Extracción de núcleos bocatoma y desarenador Huerta La Grande



Fuente. Propia.



Fotografía 15 Fallo de núcleos 1 a 7 bocatoma y desarenador Huerta La Grande



Fuente. Propia.

Tabla 24 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos bocatoma y desarenador Huerta La Grande

MUESTRA No.	ESTRUCTURA,ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NÚCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NÚCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm ³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,150	5877,6	2384,2	2384,2	3,64	2384,2	
2	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,103	4823,2	1956,5	1956,5	2,00	1956,5	
3	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,112	3589,3	1456,0	1426,9	2,00	1426,9	
4	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,206	6012,2	2438,8	2438,8	3,56	2438,8	
5	TANQUE DESARENADOR	BORDES MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,194	6573,0	2666,3	2666,3	4,00	2666,3	
6	TANQUE DESARENADOR	BORDES MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,173	7941,4	3221,4	3221,4	3,36	3221,4	
7	TANQUE DESARENADOR	BORDES MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,171	3768,8	1528,8	1528,8	2,04	1528,8	

Fuente. Propia



7.5.2.4. Carbonatación

Fotografía 16 Ensayo de Carbonatación núcleos 1 a 7 bocatoma y desarenador Huerta La Grande.



Fuente. Propia

Tabla 25 Resultados de carbonatación bocatoma y sedimentador Caño Claro

NUCLEO N°	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE		X	N/A	N/A
2	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	X		Externa	1,2
3	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	X		Externa	1,5
4	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE		X	N/A	N/A
5	BOCATOMA HUERTA LA GRANDE	X		Externa	1,5
6	TANQUE DESARENADOR	X		Externa	2,6
6	TANQUE DESARENADOR	X		Externa	1,7

Fuente. Propia



7.5.2.5. Regatas

Fotografía 17 Regata en elemento de concreto, bocatoma Huerta La grande



Fuente. Propia

Tabla 26 Resultado diámetro de refuerzo bocatoma Huerta La Grande

N° designado de varilla	Medida	Diametro mm	Recubrimiento en mm
4	1/2"	12,7	39

Fuente. Propia



Fotografía 18 Regata en elemento de concreto, desarenador Huerta La grande



Fuente. Propia

Tabla 27 Resultado diámetro de refuerzo desarenador Huerta La Grande

N° designado de varilla	Medida	Diametro mm	Recubrimiento en mm
6	3/4"	19,1	23

Fuente. Propia

7.5.3. Tanque de Filtros

7.5.3.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 19 Detección de refuerzo tanque de filtros



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 28 Resultado de separación de acero tanque de filtros

Separación aproximada del acero en mm
150 - 155

Fuente. Propia.

7.5.3.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 20 Toma de lectura de esclerómetro No. 1 y 2



Fuente. Propia.

Tabla 29 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque de filtros

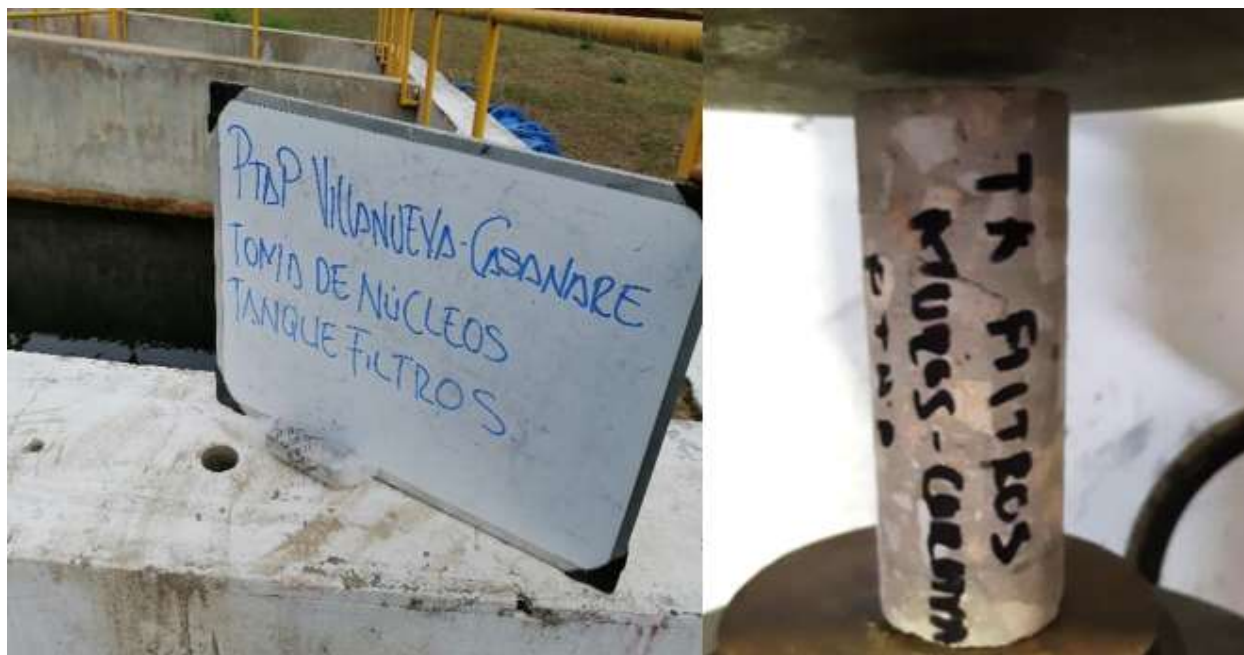
No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	TANQUE FILTROS	32	34	36	36	34	36	36	32	34	34	34	260	3714
2		0,5	TANQUE FILTROS	30	32	30	32	36	34	32	36	36	32	33	250	3571

Fuente. Propia.



7.5.3.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 21 Extracción de núcleos tanque de filtros



Fuente. Propia.

Tabla 30 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque de filtros

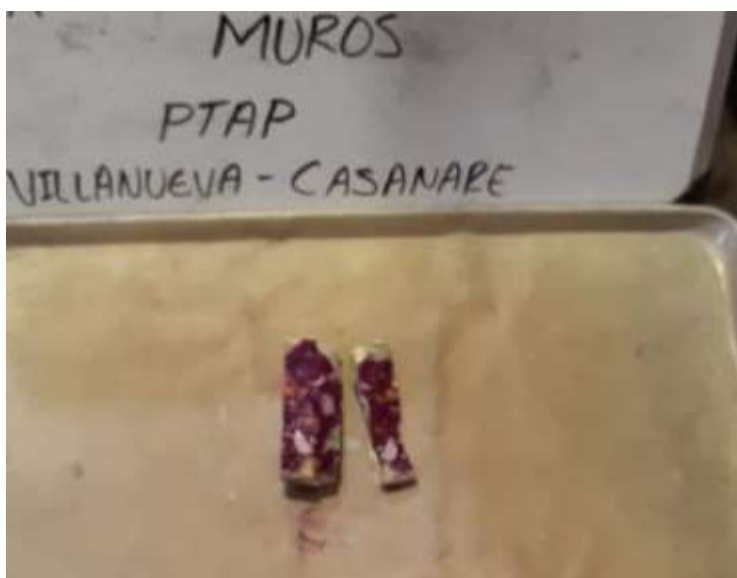
MUESTRA No.	ESTRUCTURA, ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NÚCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NÚCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm ³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	TANQUE FILTROS	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,250	6438,4	2611,7	2611,7	2,51	2611,7	
3	TANQUE FILTROS	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	<u>2,244</u>						

Fuente. Propia



7.5.3.4. Carbonatación

Fotografía 22 Ensayo de Carbonatación núcleo tanque de filtros



Fuente. Propia

Tabla 31 Resultados de carbonatación tanque de filtros

NUCLEO Nº	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	TANQUE FILTROS PTAP		X	N/A	N/A

Fuente. Propia



7.5.3.5. Regatas

Fotografía 23 Regata en elemento de concreto tanque de filtros



Fuente. Propia

Tabla 32 Resultado diámetro de refuerzo tanque de filtros

N° designado de varilla	Medida	Diametro mm	Recubrimiento en mm
4	1/2"	12,7	N/A

Fuente. Propia

7.5.4. Tanque Unidad de Filtros.

7.5.4.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 24 Detección de refuerzo tanque unidad de filtros



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 33 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros

Separación aproximada del acero en mm
148 - 152

Fuente. Propia.

7.5.4.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 25 Toma de lectura de esclerómetro No. 1 tanque unidad de filtros



Fuente. Propia.

Tabla 34 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque de filtros

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	TANQUE UNIDAD DE FILTROS	30	33	34	32	35	32	34	38	32	30	33	250	3571

Fuente. Propia.



7.5.4.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 26 Extracción de núcleos tanque unidad de filtros



Fuente. Propia.

Tabla 35 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque unidad de filtros

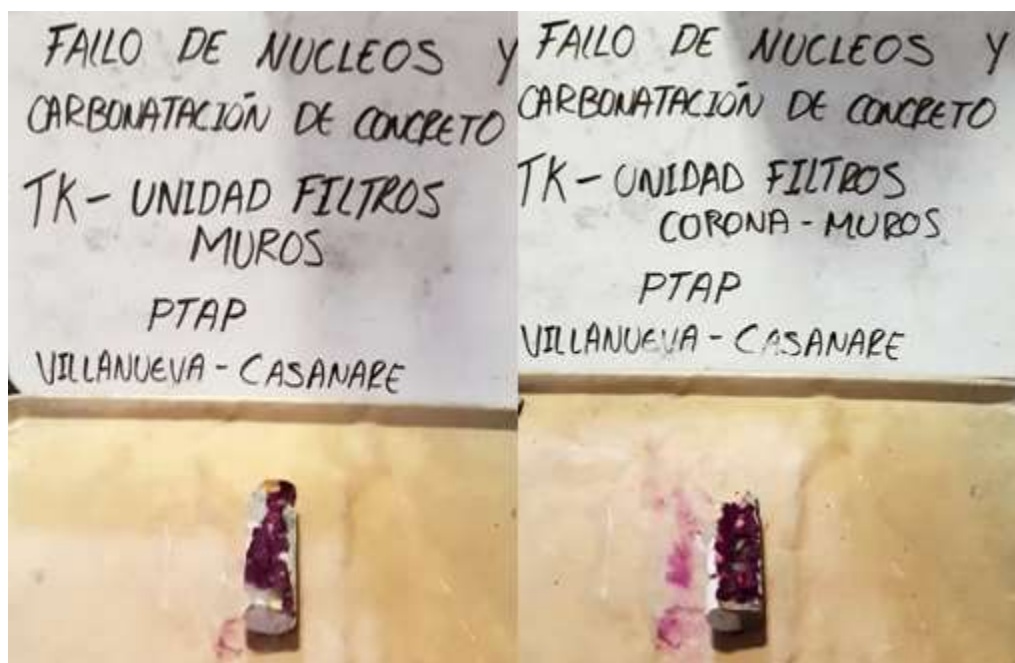
MUESTRA No.	ESTRUCTURA,ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NUCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NUCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	TANQUE UNIDAD FILTROS	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,208	5608,4	2275,0	2275,0	2,93	2275,0	
3	TANQUE UNIDAD FILTROS	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,211	3208,0	1301,3	1301,3	2,42	1301,3	

Fuente. Propia



7.5.4.4. Carbonatación

Fotografía 27 Ensayo de Carbonatación núcleo 1 y 2 tanque unidad de filtros



Fuente. Propia

Tabla 36 Resultados de carbonatación tanque unidad de filtros

NUCLEO Nº	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	TANQUE UNIDAD FILTROS PTAP		X	N/A	N/A
2	TANQUE UNIDAD FILTROS PTAP	X		Externa	0,5

Fuente. Propia



7.5.4.5. Regatas

Fotografía 28 Regata en elemento de concreto tanque unidad de filtros



Fuente. Propia

Tabla 37 Resultado diámetro de refuerzo tanque unidad de filtros

N° designado de varilla	Medida	Diametro mm	Recubrimiento en mm
4	1/2"	12,7	N/A

Fuente. Propia

7.5.5. Tanque Floculadores

7.5.5.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 29 Detección de refuerzo tanque floculadores



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 38 Resultado de separación de acero tanque floculadores

Separación aproximada del acero en mm
114 - 117

Fuente. Propia.

7.5.5.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 30 Toma de lectura de esclerómetro tanque floculadores



Fuente. Propia.

Tabla 39 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque floculadores

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	FLOCULADORES	36	32	36	34	30	34	34	32	30	36	33	250	3571

Fuente. Propia.

7.5.5.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 31 Extracción de núcleos tanque floculadores



Fuente. Propia.

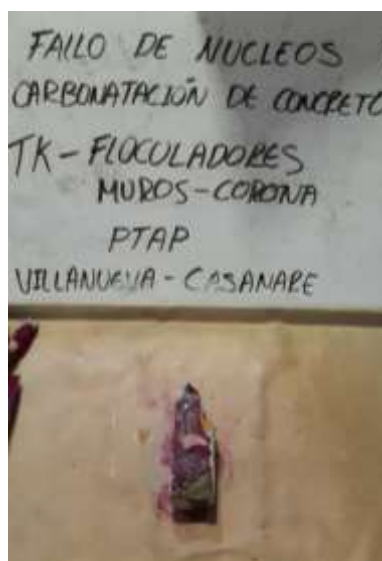
Tabla 40 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque floculadores

MUESTRA No.	ESTRUCTURA,ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NUCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NUCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	TANQUE FLOCULADORES	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,206	4486,7	1820,0	1820,0	3,36	1820,0	
2	TANQUE FLOCULADORES	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	<u>2,188</u>						NO CUMPLE R/V

Fuente. Propia

7.5.5.4. Carbonatación

Fotografía 32 Ensayo de Carbonatación tanque floculadores



Fuente. Propia

Tabla 41 Resultados de carbonatación tanque floculadores

NUCLEO N°	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	TANQUE FLOCULADORES PTAP		X	N/A	N/A

Fuente. Propia

7.5.6. Tanque sedimentadores

7.5.6.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 33 Detección de refuerzo tanque sedimentadores



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 42 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros

Separación aproximada del acero en mm
115 - 118

Fuente. Propia.

7.5.6.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 34 Toma de lectura de esclerómetro tanque sedimentadores



Fuente. Propia.

Tabla 43 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque sedimentadores

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	SEDIMENTADORES	36	30	32	30	34	36	30	36	32	34	33	250	3571

Fuente. Propia.



7.5.6.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 35 Extracción de núcleos tanque sedimentadores



Fuente. Propia.

Tabla 44 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque sedimentadores

MUESTRA No.	ESTRUCTURA,ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NUCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NUCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	TANQUE SEDIMENTADORES	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	2,188	6640,3	2693,6	2693,6	3,38	2693,6	

Fuente. Propia

7.5.6.4. Carbonatación

Fotografía 36 Ensayo de Carbonatación tanque sedimentadores



Fuente. Propia

Tabla 45 Resultados de carbonatación tanque sedimentadores

NUCLEO N°	ESTRUCTURA	PRESENTA CARBONATACIÓN		DE TIPO	LECTURA (cm)
		SI	NO		
1	TANQUE SEDIMENTADORES PTAP		X	N/A	N/A

Fuente. Propia

7.5.7. Tanque almacenamiento

7.5.7.1. Escáner de refuerzo (Radioscan)

Fotografía 37 Detección de refuerzo tanque almacenamiento



Fuente. Propia.

A continuación, se indica la separación de acero de refuerzo obtenida por medio de ensayo de Radioscaner.

Tabla 46 Resultado de separación de acero tanque unidad de filtros

Separación aproximada del acero en mm
116 - 120

Fuente. Propia.

7.5.7.2. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 38 Toma de lectura de esclerómetro tanque almacenamiento



Fuente. Propia.

Tabla 47 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro en tanque almacenamiento

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	32	36	34	34	32	30	36	36	34	30	33	250	3571

Fuente. Propia.

7.5.7.3. Extracción y falla de núcleos

Fotografía 39 Extracción de núcleos tanque almacenamiento



Fuente. Propia.

Tabla 48 Resistencia y densidad obtenida fallo de núcleos tanque almacenamiento

MUESTRA No.	ESTRUCTURA,ABSCISA DE MUESTRA	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE TOMA DEL NUCLEO	EDAD DIAS	FECHA DE ROTURA DEL NUCLEO	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (Gr/Cm ³)	CARGA lbs	RESISTENCIA PSI	RESISTENCIA PSI	RELACION L/D	RESISTENCIA CORREGIDA	OBSERVACIONES
1	TANQUE ALMACENAMIENTO	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	<u>2,324</u>				N/A		
	TANQUE ALMACENAMIENTO	MUROS	6-mar-21	4	10-mar-21	<u>2,390</u>				N/A		

Fuente. Propia



7.5.7.4. Regatas

Fotografía 40 Regata en elemento de concreto tanque almacenamiento



Fuente. Propia

Tabla 49 Resultado diámetro de refuerzo tanque unidad de filtros

Malla Electrosoldada	Diámetro mm	Recubrimiento en mm
# 5	5	10

N° designado de varilla	Medida	Diámetro mm	Recubrimiento en mm
6	3/4"	19,1	21
4	1/2"	12,7	21

Fuente. Propia

7.5.8. Zona Administrativa

7.5.8.1. Ensayo Esclerómetro

Fotografía 41 Toma de lectura de esclerómetro zona administrativa



Fuente. Propia.

Tabla 50 Resultados obtenidos del ensayo esclerómetro zona administrativa

No.	EJE	H / GOLPE	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO	RESISTENCIA PARA $\alpha=0^\circ$ (kg/cm ²)	RESISTENCIA (PSI)
1		0,5	ZONA ADMINISTRATIVA 2° NIVEL	32	30	32	34	34	32	34	32	32	30	32	238	3400
2		0,5	COLUMNA 2° NIVEL	30	34	34	36	30	36	32	36	32	34	33	250	3571
3		0,5	ENTRADA PRINCIPAL 1° NIVEL	34	32	36	32	34	32	34	34	32	30	33	250	3571
4		0,5	LABORATORIO 1° NIVEL	34	34	32	34	32	32	30	32	34	34	33	250	3571

Fuente. Propia.



8. Diagnostico

Dadas las condiciones del paciente y evaluando de manera preliminar las normativas actuales de construcción sismo resistente, la infraestructura de la planta de tratamiento de agua potable del casco urbano del municipio de Villanueva no cumplen con las condiciones de calidad para este tipo de construcciones, considerando por ejemplo que mediante ensayo de extracción de núcleos, se logró determinar que la resistencia del concreto de las estructuras, oscila entre 1301.3 y 3221.4 (Ver Anexo 4), siendo valores de resistencia a la compresión muy por debajo a lo estipulado por la NSR-10 para estructuras medioambiental, puesto que indica una resistencia mínima de 4000PSI.

Considerando el levantamiento de lesiones y la falencia de información de diseño y construcción de la planta, los procesos de patologia existentes son debido a procesos constructivos, calidad no certificada de materiales y mantenimientos inadecuados.

Puesto que, se identifica presencia de lesiones físicas por abrasión del agua sobre el concreto, produciendo porosidad en él, lo que a su vez permite laceraciones por micro fisuras, disminuyendo la permeabilidad del concreto, adicionalmente debido a la longevidad de la estructura se presume que los aditivos utilizados en el concreto para su impermeabilización han cumplido con su ciclo de utilidad.

Las juntas de construcción no se les ha realizado el tratamiento indicado por el artículo C.4.10.3 del capítulo C.23 del reglamento colombiano de construcción sismo resistente, donde se indica que se deben ejecutar renovaciones y tratamientos de las juntas de manera preventiva para evitar filtraciones.

Debido a la naturalidad de uso de la estructura en la que es requerida la adición de químicos y adicionalmente, debido a la inadecuada posición de la formaleta al momento del vertimiento del concreto, en algunos puntos de los muros de concreto hay un desgaste del

recubrimiento del refuerzo, viéndose este expuesto a los agentes atmosféricos, presentando procesos de corrosión avanzado.

Adicionalmente y considerando lo anteriormente mencionado, existe carbonatación en los elementos de concreto, debido a las condiciones de porosidad y erosión del concreto que naturalmente reacciona con las sustancias como cloro o sulfatos, presentes en el proceso de potabilización del agua, Ocasionando afectación en la calidad de los materiales de concreto reforzado disminuyendo su vida útil.

Finalmente, es evidente que los tratamientos posteriores a la colocación del concreto, no han resultado del todo útil, debido que hay bastante presencia de humedad lo que genera también la a floración de moho en las paredes de los tanques.

Si bien la infraestructura se encuentra en funcionamiento es importante mencionar que el estado de esta es realmente preocupante, toda vez que, al ser la infraestructura de una planta de tratamiento de agua potable, es un tipo de estructura indispensable para la comunidad y debe contar con factor de seguridad mayor a una estructura convencional, ya que su funcionamiento es vital y de difícil reconstrucción a corto plazo.

8.1. Vulnerabilidad Sísmica a Nivel Físico

A continuación, se lleva a cabo una revisión de vulnerabilidad sísmica de la planta a nivel físico.

8.1.1. Fallas Geológicas

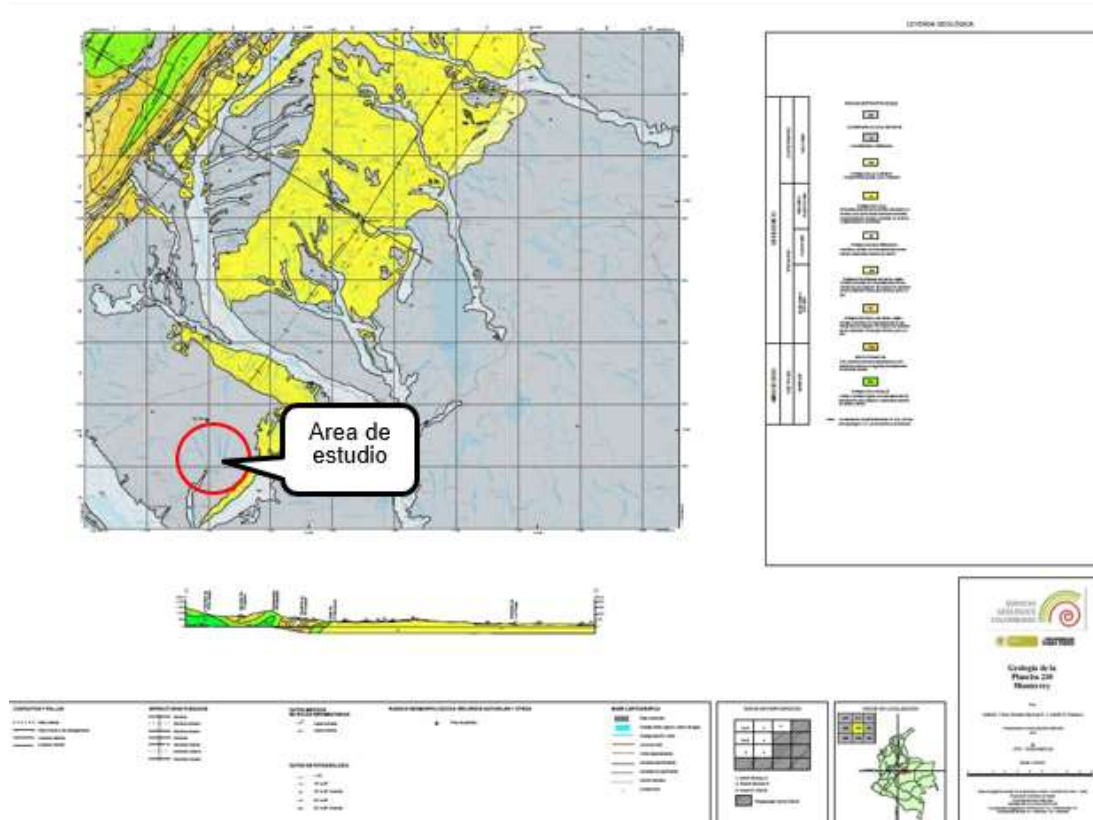
Cabe mencionar que las instalaciones de la PTAP objeto de estudio se encuentra dentro del casco urbano del municipio de Villanueva Casanare, aproximadamente en las



coordenadas geográficas 4°38'45.70"N - 72°54'49.70"O. (Ver Ilustración 3 Localización de PTAP desde el casco urbano).

Una vez se lleva a cabo revisión del mapa geológico de Colombia, a través de sitio web del Servicio Geológico Colombiano, se logra identificar que directamente en el subsuelo del predio directo donde está localizada la planta objeto de estudio no se cuenta con fallas geológicas, aunque es relevante mencionar que un vez se lleva a cabo consulta en la plancha 230 de la cartografía geológica y el esquema de ordenamiento de territorial del municipio, se identifica que el suelo bajo el cual se encuentra cimentando la infraestructura de la planta, es una zona de Abanicos aluviales disectado y cuaternario terrazas.

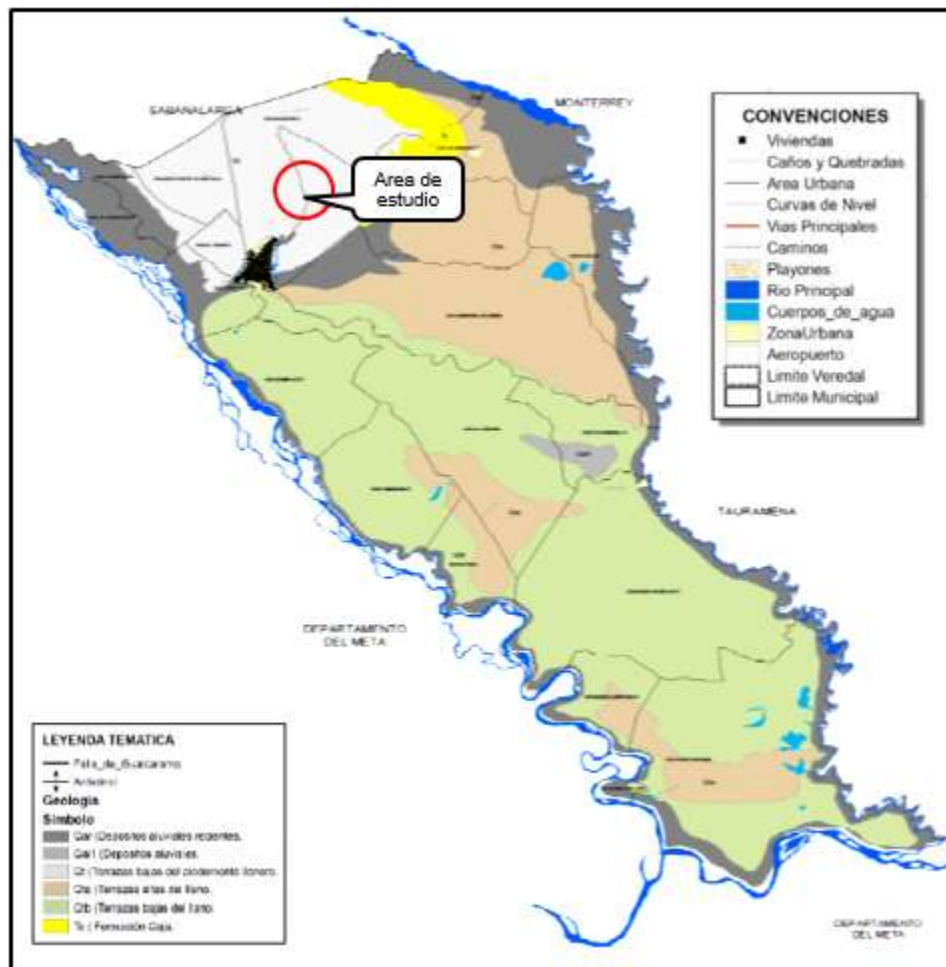
Ilustración 9 Características geológicas generales



Fuente. (Servicio Geologico Colombiano)



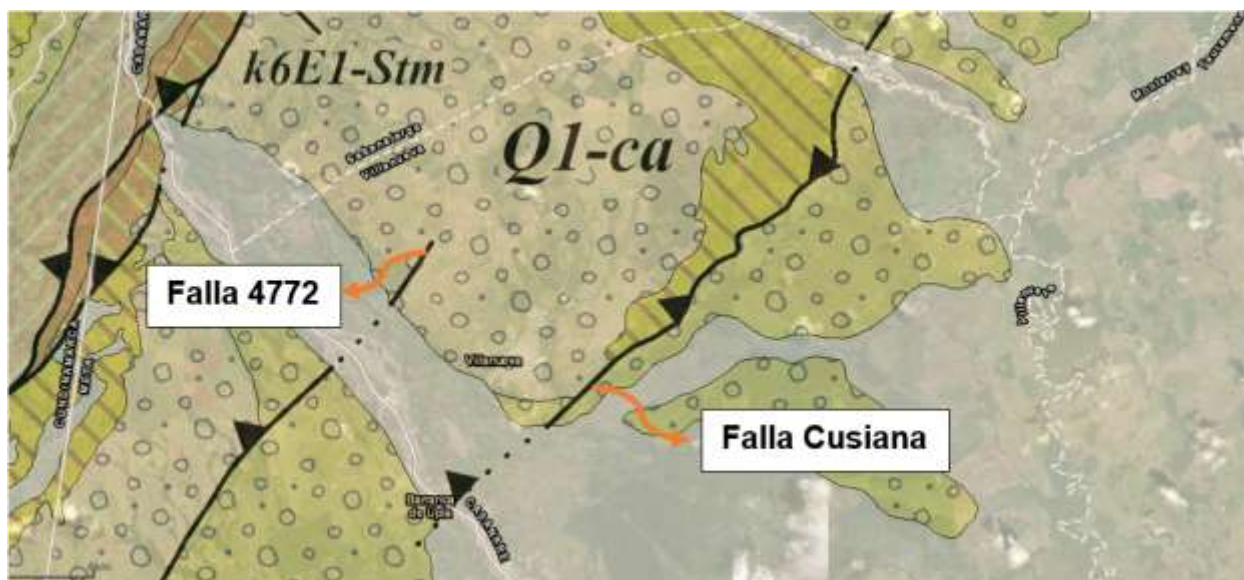
Ilustración 10 Geología municipio de Villanueva – Casanare



Fuente. (Municipio de Villanueva, 2010)

Sin embargo, es importante mencionar que como tal en lo que comprende al municipio de Villanueva, este cuenta con 2 fallas de tipo inversa o de cabalgamiento dentro de su territorio municipal, como se puede evidenciar en la Ilustración 11, las cuales una de ellas no se encuentra oficialmente nombrada, pero se identifica con el ID No. 4772, la segunda falla identificada es la nombrada Falla de Cusiana, la cual es considerada como una de las fallas geológicas principales en el departamento de Casanare.

Ilustración 11 Fallas Geológicas municipio de Villanueva – Casanare



Fuente. (Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., 2015)

De acuerdo a (Neotectónica del Piedemonte Llanero entre los municipios de Tauramena, Monterrey y Villanueva (Casanare), 2010, pág. 81), la falla principal Cusiana “es la falla externa del cinturón de pliegues y cabalgamientos de ante país, define el límite oriental de la zona de piedemonte y marca también el comienzo de la muy extensa área de los Llanos Orientales. La falla es el producto de la migración de la actividad tectónica en dirección de la cuenca de los llanos y es una expresión del acortamiento continuo de la cordillera”.

8.1.2. Estudios de Vulnerabilidad Sísmica

La empresa de servicios públicos de Villanueva, entidad a cargo del funcionamiento de la planta, manifiesta que no existe información histórica de los procesos que concierne a la infraestructura de la PTAP, por lo que se asume que no se cuenta con estudios previos para las instalaciones. Se llevó a cabo consulta por medio de la alcaldía municipal de investigaciones



históricas respecto a análisis de vulnerabilidad sísmica desarrollados para el casco urbano del municipio, quienes a su vez manifiestan que se no se ha llevado a cabo un proceso de contratación en el cual se lleve a cabo un análisis de vulnerabilidad sísmica para el casco urbano o el municipio en general, sin embargo, se han ejecutado contratos de licitación por concurso de méritos para proyectos específicos con el fin de que estos sean finalizados. Dicha información histórica de proyectos con relación a vulnerabilidad, fue solicitada a la entidad, pero a la fecha de presentación del presente documento no se ha logrado respuesta positiva o entrega de esta.

Si bien no se contó con la información oficial de la alcaldía municipal de Villanueva, se llevó a cabo consulta virtual de actividad sísmica en el municipio, del cual, por medio del Servicio Geológico Colombiano, se identifica de acuerdo al mapa de intensidad sísmica esperada, que el municipio tiene un daño potencial entre moderado y fuerte, adicionalmente una percepción de movimiento categorizada como severo (Ver Ilustración 12).

Ilustración 12 Intensidad sísmica esperada municipio de Villanueva – Casanare

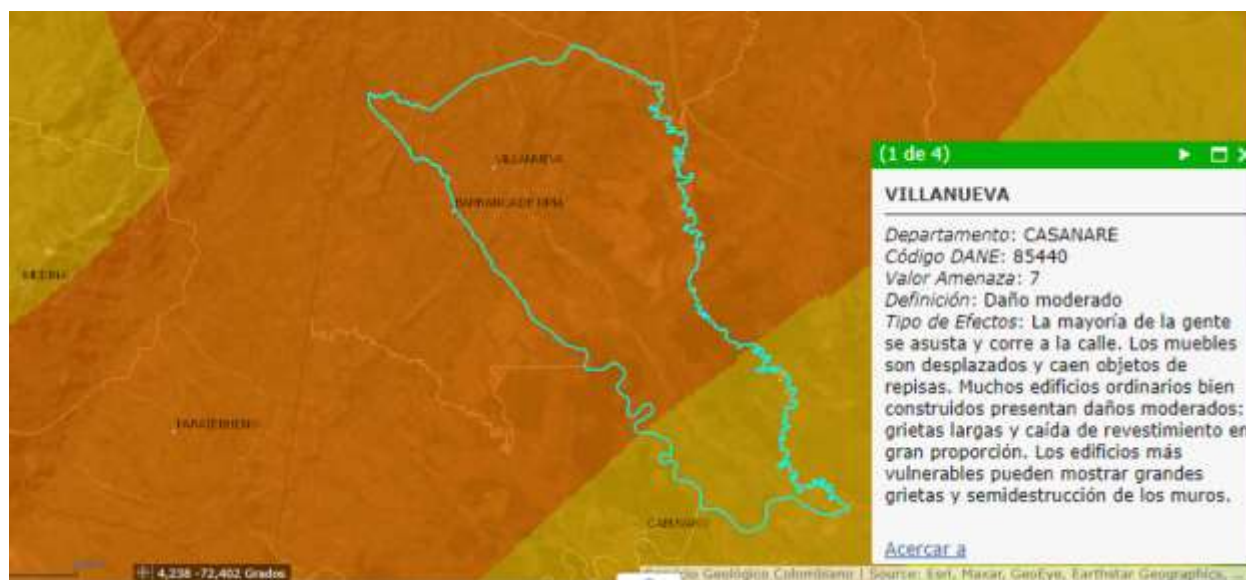


Fuente. (Servicio Geologico Colombiano)



Adicionalmente, según el mapa de intensidad sísmica observada de Villanueva - Casanare, se categoriza el municipio con un valor de amenaza 7 y definición de un daño moderado, en el cual el tipo de efecto de manera general es que *“La mayoría de la gente se asusta y corre a la calle. Los muebles son desplazados y caen objetos de repisas. Muchos edificios ordinarios bien contruidos presentan daños moderados: grietas largas y caída de revestimiento en gran proporción. Los edificios más vulnerables pueden mostrar grandes grietas y semidestrucción de los muros”* (Servicio Geologico Colombiano). (Ver Ilustración 13).

Ilustración 13 Intensidad sísmica observada municipio de Villanueva – Casanare



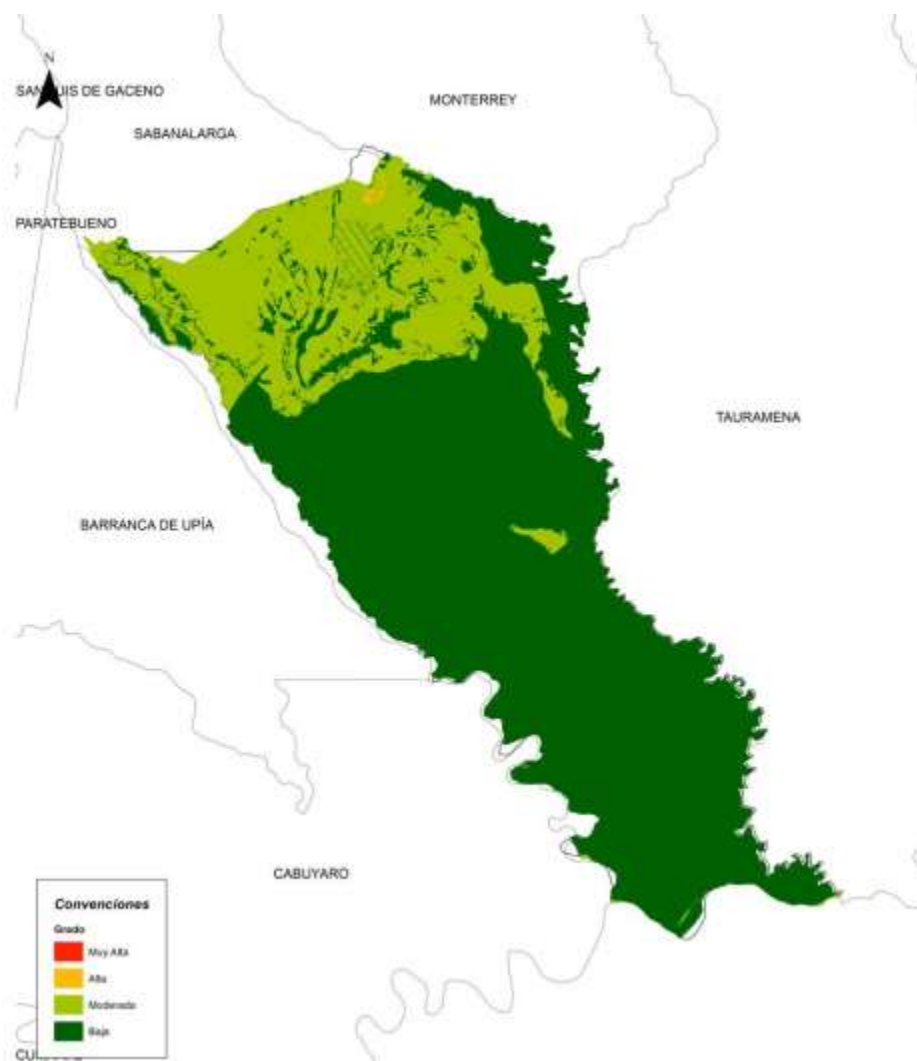
Fuente. (Servicio Geologico Colombiano)

En relación con lo anterior y teniendo en cuenta el esquema de ordenamiento territorial del municipio, el casco urbano de Villanueva se encuentra en una zona de vulnerabilidad moderada por amenazas por remoción en masa, considerándose que dichos eventos afectarían en mayor medida las vías de acceso al municipio, en los cortes presentes en los



depósitos cuaternarios no consolidados, donde se encuentra un fenómeno de caídas de cantos. (Contrato 073 de 2014, 2014).

Ilustración 14 Amenaza por remoción en masa municipio de Villanueva – Casanare



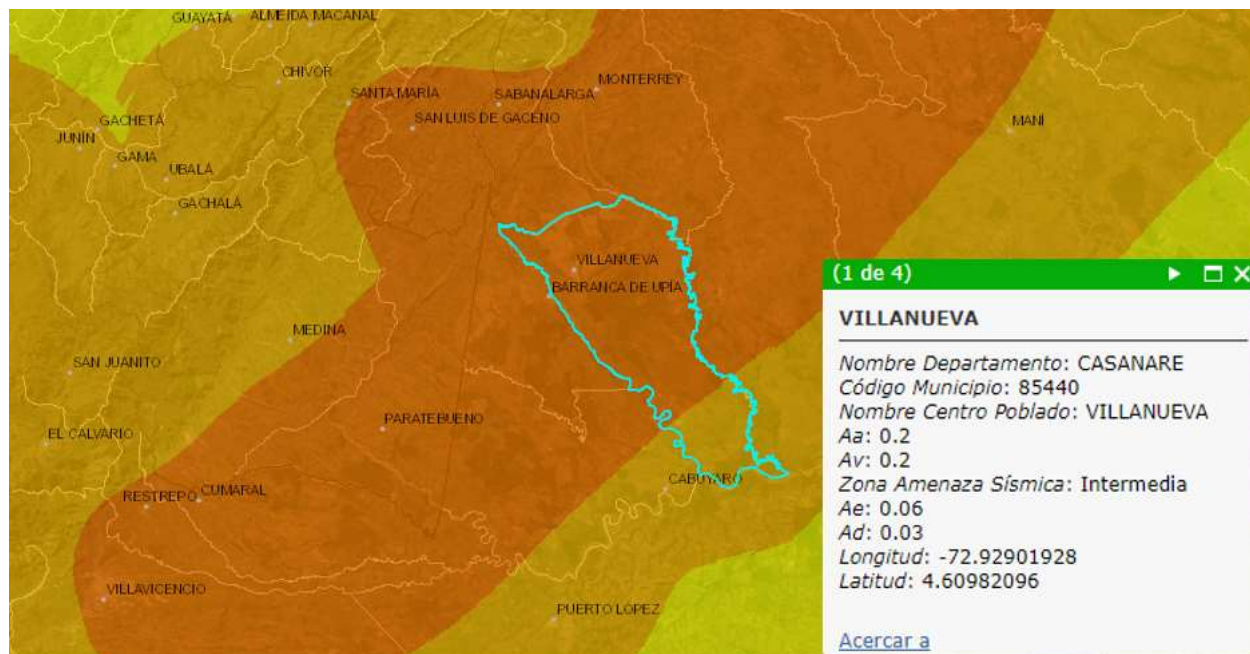
Fuente. (Contrato 073 de 2014, 2014).

Si bien no se cuenta con estudios de investigación directa en el área, teniendo en cuenta la información consultada, se podría considerar el municipio de Villanueva con una Vulnerabilidad sísmica muy alta, sin embargo, cabe indicar que según la Norma Colombia de



Construcción Sismo resistente, el municipio se considera en una zona de amenaza sísmica **intermedia**, razón por la cual, toda infraestructura a construirse debe estar debidamente analizada estructuralmente, de tal forma que sea capaz de soportar los eventos sísmicos de grado considerable que se esperan para el municipio. (Ver Ilustración 15).

Ilustración 15 Zona de amenaza sísmica NSR-10, municipio de Villanueva – Casanare



Fuente. (Servicio Geológico Colombiano)

8.1.3. Análisis de Riesgos Estructurales a Nivel Físico

Para llevar a cabo un análisis de riesgo estructural de PTAP se hallará el posible nivel de daño que podría tener la estructura en este momento en caso de ocurrir un siniestro sísmico o similar, para ello es necesario hacer un análisis de la estructura observando las posibles fallas o aciertos en el diseño y la construcción además de la historia clínica a la fecha y que se refleja en el estado actual de la estructura de acuerdo al uso que se la ha venido dando y su



mantenimiento si lo ha habido, este análisis implica observar con detenimiento las diferentes patologías de la estructura, y de esta forma reflejar las posibles afectaciones a nivel estructural que tiene la infraestructura.

Adicionalmente, teniendo en cuenta la NSR-10 título A.10.1.4 el cual comprende etapas donde se estudia todas y cada una de las partes que conforman la estructura en general, para así identificar los posibles daños a nivel estructural y su nivel de vulnerabilidad.

Tabla 51 Características generales de la estructura

Departamento de ubicación :	Casanare
Ciudad de ubicación	Villanueva
Dirección:	Planta de tratamiento de aguas residuales "PTAP"
Uso actual de la Estructura	Estructura medioambiental
Sistema estructural	Placas y muros a flexión
Numero de Niveles:	1 nivel
Fecha de construcción	año 1995
Fecha de entrada en funcionamiento	año 1995
Numero de ocupantes	No es una estructura para ocupar por humanos

Fuente. Propia

Tabla 52 Características del suelo

Zona de amenaza sísmica	INTERMEDIA
Tipo de suelo sobre el cual se cimenta	D
Coefficiente de aceleración horizontal pico = A_a	0.20
Coefficiente de velocidad horizontal pico = A_v	0.20
Coefficiente de amplificación periodos cortos = F_a	1.4
Coefficiente de amplificación periodos intermedios = F_v	2
Capacidad admisible del suelo = σ (KN/m ²)	1319.73
Coefficiente de balasto = K_s	210000
Clasificación tipo de suelo =	D

Fuente. Propia



A continuación se relaciona tabla de evaluación, en la cual se indica la sistema estructural, uso y estado general de los materiales.

Tabla 53 Ficha de evaluación física de la estructura

Sistema estructural :	Tipo muros de flexion de concreto reforzado
Configuración en altura:	En altura es rectangular un nivel
Configuración en altura:	Un solo nivel enterrado
Posible norma de diseño	Por la fecha de construccion se deduce que debe ser bajo decreto 1400 de 1985
Fecha aproximada de construccion	entre los año 1995, edad 25 años
Proposito de su construccion	estructuras hidraulicas
Uso actual	estructuras hidraulicas o medioambientales
Posible uso futuro	estructuras hidraulicas o medioambientales
Informacion disponible	No, hay bitacoras de construccion, no hay planos estructurales originales de construccion, no hay memorias de diseño, no hay planos record, si hay planos de levantamiento geometrico .
Antecedentes de daño por acción física o mecánica	Se puede evidenciar daño a nivel superficial sobre los muros y placa de fondo por abrasion causada por el transporte de material tipo petreo y arena, perdida de resistencia a futuro.
Tipo de muros	Muros estructurales de contencion en flexion formando un cubo para contener el agua y el suelo exterior, se considera muy estable.
Cubierta	Es una estructura sin ningun tipo de cubierta
Ubicación de la estructura dentro del mapa de riesgo sismico	Se ubica en zona de riesgo sismico medio, con valores de $A_a=0.15$, $A_v=0.20$.
Características del suelo cimentacion	Tipo de suelo = D, Coeficiente de friccion interno =28.64, Capacidad admisible=1319.73 Kn/m2, Coeficiente de balasto $K_s=210000$, este es un muy buen suelo estable y favorece la estabilidad de la estructura.
Uso y coeficiente de importancia	De acuerdo con el ACI 350 se denominaria "Tanque que debe seguir en uso despues de un sismo" por lo tanto su Grupo de uso es " II" y coeficiente de importancia "I=1.25"

Fuente. Propia



De acuerdo a lo anterior, se ha podido evaluar por medio de inspección visual y evaluación superficial de los elementos, que la infraestructura de la PTAP actualmente cuenta con un riesgo estructural alto, considerándose el estado de los materiales y estructura. Puesto que existe carbonatación en sus elementos de concreto, se ve corrosión del refuerzo, por falta de recubrimiento y malos procesos constructivos, la apariencia de las caras externas en regular a buena, sin embargo, la apariencia de las caras internas de los muros es regular debido a la abrasión y carbonatación, presenta un mal estado por deterioro en los muros debido a la abrasión que causa el transporte de agua.

Siendo la abrasión en el concreto un problema grave para el buen desempeño de la estructura pues en la medida que avanza se puede dejar al descubierto totalmente el acero de refuerzo lo que provocara que el mismo comience la etapa de oxidación y debilitamiento tanto del acero como del mismo concreto, por otro lado, debido a dicha lesión, se pierde sección en lo que concierne a los muros, lo que conlleva a una pérdida de resistencia a los esfuerzos para los que fue inicialmente diseñados, eso quiere decir que los elementos estarían sobre esforzado ante la imposición de cargas máximas lo que los hace vulnerable. Adicionalmente, que es evidente la falta de mantenimiento adecuado para el tipo de estructura.



Fotografía 42 Lesiones significativas en elementos de concreto



Fuente. Propia



Fotografía 43 Abrasión avanzada en elementos de concreto



Fuente. Propia

8.1.4. Normativa de Cumplimiento

Considerando el tipo de paciente, si bien la mayoría de estructuras que hacen parte de la infraestructura de la planta, son diferente a edificaciones, ya que en mayor medida son elementos tipo tanque u obras hidráulicas, es de tener en cuenta para su evaluación según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10, el cumplimiento los siguientes títulos o capítulos:



- CAPÍTULO A.10: EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN DE EDIFICACIONES CONSTRUIDAS ANTES DE LA VIGENCIA DE LA PRESENTE VERSIÓN DEL REGLAMENTO.
- APÉNDICE A-1: RECOMENDACIONES SÍSMICAS PARA ALGUNAS ESTRUCTURAS QUE SE SALEN DEL ALCANCE DEL REGLAMENTO.
- TÍTULO B – CARGAS
- TÍTULO C - CONCRETO ESTRUCTURAL - CAPÍTULO C.23 — TANQUES Y ESTRUCTURAS DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE CONCRETO.

Adicionalmente, es indispensable tener en cuenta que los requisitos sísmicos para estructuras diferente a edificaciones, como los son las estructuras hidráulicas o medioambientales, se rigen por el documento AIS 180-13 el cual contiene las RECOMENDACIONES PARA REQUISITOS SÍSMICOS DE ESTRUCTURAS DIFERENTES DE EDIFICACIONES COLOMBIA.

Sin embargo, es de considerar que la infraestructura de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, fue construida en el año 1995, de esta forma se cuenta con 25 años de uso, por lo cual se podría indicar que no fue diseñada y construida para cumplir con los requerimientos normativos actuales, de esta forma, es ideal contar con un profesional de ingeniería estructural, el cual lleve a cabo un análisis técnico, en el que se analice por medio de un modelo tridimensional, bajo las condiciones actuales en las que se encuentran las estructuras, con que parámetros de normativa se cumpliría, de esta manera llevar a cabo una adecuada propuesta de intervención.



A continuación, se indica de acuerdo a la normativa vigente los parámetros sísmicos a tener en cuenta para realizar modelo matemático de análisis de vulnerabilidad sísmica a estructural.

Tabla 54 Parámetros sísmicos

PARAMETROS SÍSMICOS	VALOR
Perfil Tipo	D
Grupo de Uso edificaciones (GU)	IV
Coefficiente de importancia edificaciones (I)	1.5
Grupo de Uso estructuras medioambientales (GU)	II
Coefficiente de Importancia estructuras medioambientales (I)	1.25
Velocidad horizontal Pico efectiva (Av)	0.20
Aceleración horizontal Pico efectiva (Aa)	0.20
Aceleración Pico efectiva para el umbral de daño (Ad)	0.03
Aceleración Pico efectiva deducida (Ae)	0.06

Fuente. Propia, adaptada de valores sísmicos NSR-10 y estudio de suelos

8.1.5. Matriz de Vulnerabilidad

Considerando la necesidad de determinar el riesgo en que se encuentra actualmente la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, se procede a realizar matriz de vulnerabilidad en la cual se evalúa en mayor medida una vulnerabilidad a nivel físico de la planta.

Se contempla vulnerabilidad a nivel de estado físico de la infraestructura de la planta teniendo en cuenta:

- Estructura
- Composición estructural
- Suelos
- Materiales
- Sismo
- Fisuras/Agrietamiento
- Erosión
- Recubrimiento
- Oxidación / Corrosión
- Carbonatación



- Humedad y suciedad
- Proceso de remoción en masa

Con el fin de identificar una clasificación y nivel de riesgo de los aspectos anteriormente enunciados, se procedió a establecer los siguientes parámetros:

Tabla 55 Categorización de probabilidad de ocurrencia

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DEFINICIÓN	CATEGORÍA
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	5
Posible	Alta probabilidad de ocurrencia	4
Ocasional	Mediana probabilidad de ocurrencia	3
Remota	Baja propabilidad de ocurrencia	2
Improbable	Difícil que ocurra	1

Fuente: Propia, Adaptada de Matriz Vulnerabilidad Ing.Mgs. Olga Vanegas

Tabla 56 Categorización de nivel de severidad

NIVEL DE SEVERIDAD		
SEVERIDAD	DEFINICIÓN	CATEGORÍA
Muy leve	Si el hecho se presenta, las consecuencias o efectos serían mínimos.	1
Leve	Si el hecho se presenta, se tendría bajo impacto o efectos.	2
Seria	Si el hecho se presenta, se tendrían medianas consecuencias o efectos.	3
Grave	Si el hecho se presenta, se tendrían altas consecuencias o efectos.	4
Catastrófica	Si el hecho se presenta, las consecuencias o efectos serían desastrosos.	5

Fuente: Propia, Adaptada de Matriz Vulnerabilidad Ing.Mgs. Olga Vanegas

Una vez se realiza la categorización del nivel de probabilidad y severidad del riesgo se procede a multiplicar estos índices para de esta forma establecer la matriz de vulnerabilidad e identificar la clasificación del riesgo.



Tabla 57 Clasificación del riesgo

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	
CATEGORIA	RIESGO
1 a 4	Bajo
5 a 8	Moderado
9 a 12	Alto
15 a 25	Muy alto

Fuente: Propia, Adaptada de Matriz Vulnerabilidad Ing.Mgs. Olga Vanegas

Tabla 58 Matriz de vulnerabilidad

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD					
PROBABILIDAD	FRECUENTE	5	5	10	15	20	25
	POSIBLE	4	4	8	12	16	20
	OCASIONAL	3	3	6	9	12	15
	REMOTA	2	2	4	6	8	10
	IMPROBABLE	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5	
		SEVERIDAD					
		MUY LEVE	LEVE	SERIA	GRAVE	CATASTROFICA	

Riesgos que necesitan MITIGACIÓN: Planes de actuación correctivos

Riesgos que necesitan INVESTIGACIÓN: Plane de actuación preventiv

Riesgos que necesitan MONITORIZACIÓN: Pla de actuación defectivo

Fuente: Propia, Adaptada de Matriz Vulnerabilidad Ing.Mgs. Olga Vanegas

Una vez se realiza la matriz de vulnerabilidad de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, la cual se puede visualizar de mejor manera en el Anexo 5 Matriz de vulnerabilidad, se logró establecer que la vulnerabilidad sísmica a nivel físico de la PTAP se encuentra en un rango de 9 a 12, lo que indica un riesgo ALTO, riesgos que requieren mitigación a través de planes de actuación correctivos de manera urgente e indispensable.

De tal forma que es ideal que profesional en ingeniería estructural, lleve a cabo un proceso de evaluación sísmica y estructural con el fin de conocer en mayor profundidad todos aquellos aspectos y condiciones normativas que cumpla o No la infraestructura, bajo las condiciones en las que se encuentra actualmente.

Aunque actualmente las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Villanueva, se encuentra en funcionamiento, es evidente que no se ha llevado a cabo actividades de mantenimiento adecuadas, así como no se consideraron programas de revisión y mantenimientos periódicos, con el fin de extender la vida útil de la infraestructura, por el contrario, en estos momentos el estado de las lesiones con las que cuenta la infraestructura, se encuentran en un nivel avanzado, haciendo urgente una adecuada intervención, rehabilitación y reparación de estas, teniendo en cuenta, que las instalaciones de la planta se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia y propensa a daños moderados-altos.



9. Propuesta o recomendación de Intervención

Si bien para efectos de procesos de corrosión poco avanzada, se puede proponer llevar a cabo protección catódica y electroquímica o el recubrimiento con materiales especiales que contienen resinas acrílicas e inhibidores de corrosión, esto buscando extender la vida útil de la armadura de acero, así como la aplicación de epóxicos especiales con el fin de proteger el concreto de los efectos de corrosión. Dado el nivel de avance y severidad de la lesión, principalmente y para llevar a cabo una propuesta de intervención y reparación correcta y acorde a la situación, se recomienda llevar a cabo una extracción de muestra de acero y posterior ensayo a tensión de esta, con el fin de determinar si los aceros de refuerzo aún cumplen con las propiedades mecánicas para hacer parte de una estructura en concreto reforzado.

Por otro lado, para los efectos de abrasión sobre el concreto se podría llevar a cabo un lavado de los muros de concreto, aplicación de un puente de adherencia y proceder a reparar la sección con la aplicación de recubrimientos protectores con alta resistencia a la resistencia química y a la abrasión. Sin embargo, dada la magnitud y severidad de la lesión, que ha desencadenado también la exposición y oxidación de los aceros de refuerzo, así como la baja resistencia a la compresión, de acuerdo a los resultados de laboratorio de los núcleos extraídos a la estructura, es indispensable llevar a cabo, de la mano de un profesional de ingeniería estructural, un análisis de vulnerabilidad sísmica y estructural de la infraestructura de la PTAR, puesto que es una construcción con un nivel de importancia catalogado como indispensable, dada su naturaleza de uso.

Si bien entre el alcance de un profesional patólogo se encuentra el realizar propuestas de intervención para la reparación y rehabilitación del paciente, debido a que dentro de sus facultades profesionales no se encuentra el análisis estructural y sísmico, este si es



recomendado como la intervención a realizarse en primera medida y de manera urgente, con el fin de conocer el comportamiento de la estructura ante eventos extremos, dada las condiciones críticas actuales de la estructura, lo que proporcionaría un factor a evaluar para un análisis costo-benéfico respecto a la intervenciones próximas a proponer.

Finalmente, aunque se debe realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica de cada una de las estructuras que hacen parte de la PTAP, considerando la naturaleza del proyecto, en el cual se cuenta en mayor medida e importancia de necesidad de funcionamiento de estructuras hidráulicas o medioambientales, es recomendable, que adicionalmente un profesional de ingeniería hidráulica estudie la capacidad de las estructuras ante las necesidades de suministro de la comunidad, pues es relevante indicar que, se ha presentado un aumento exponencial de la población, debido a la época de bonanza petrolera que se presentó en el departamento de Casanare, lo que puede no haberse considerado en el periodo de diseño hidráulico de las estructuras de la PTAP, lo que es relevante, pues, dicho tipo de infraestructura debe cumplir con lo establecido en la resolución 0330 de 2017. Lo anterior, proporciona la información técnica necesaria, para que profesional patólogo pueda realizar un análisis integral entre disciplinas, puesto que, si las estructuras son sísmicamente vulnerables y de no contar con las capacidades hidráulicas necesarias para prestar un correcto servicio de suministro de agua potable a la población del casco urbano del municipio de Villanueva, entraría en evaluación un factor importante que es el costo-beneficio para considerar como alternativa una construcción nueva que cumpla a cabalidad todos los requerimientos normativos para este tipo de infraestructura.

Cabe resaltar que una vez se obtengan los productos de los estudios anteriormente referenciados, y que se cuente con un análisis integral de estos, se deberá proceder a ejecutar también un análisis económico donde se evalúen mínimo dos alternativas de intervención, ya



sea una intervención de reparación, mantenimiento y/o rehabilitación o una propuesta de remplazo por nuevas estructuras de aquellas que cuenten con afectaciones graves y que así lo requieran.

Por otro lado, teniendo en cuenta que una planta de tratamiento de agua potable es un tipo de infraestructura indispensable para una comunidad, es prudente plantear una estrategia de prevención, para llevar a cabo actividades sobre las estructuras hidráulicas existentes en la PTAP del municipio de Villanueva, de tal forma que estas permitan mantener su funcionamiento con un mayor grado de seguridad, mientras se procede con los procesos de estudios e intervención que dé a lugar, según los resultados y análisis de estos.

De tal forma, que se sugiere como medida preventiva o provisional, hasta que se determine las acciones definitivas sobre la planta actual, lo siguiente:

En primera instancia, con el fin de posteriormente proceder a tratar porosidades, se debe retirar o demoler las zonas afectadas o sueltas hasta llegar a un concreto sano y bien adherido, cabe mencionar que debe quedar una superficie limpia rugosamente homogénea y con agregado expuesto.

Como segunda medida, considerando la presencia de suciedad en algunos elementos, y con el fin de preparar la zona tal forma que permita garantizar la correcta instalación de productos, es recomendable llevar a cabo una limpieza con producto tipo sika limpiador rinse o similar,

Una vez se encuentre el área completamente limpia y seca, se sugiere la aplicación de recubrimiento protector con inhibidor de corrosión tipo sikatop armatec-108 o similar, en los aceros de refuerzos de la estructura, con el fin de proteger el acero atacado por la corrosión.

Seguidamente, se recomienda aplicar un mortero de reparación como el EUCOPATCH M, cabe mencionar que antes de colocar dicho producto, se debe hacer la imprimación sobre la

superficie seca, de un puente de adherencia epóxico como EPOTOC I. Estando seca la capa de imprimación si se puede continuar con la aplicación de EUCOPATCH M con llana a espesores de 1 cm a 4 cm. En caso de requerir espesores mayores a 4 cm se debe esperar 24 horas después de terminar la aplicación y sobre la última capa rugosa proceder de la misma forma colocando capas de 1 cm.

Finalmente, teniendo en cuenta que el capítulo C.23-C.4.9.1 de la NSR-10 señala que “cuando el concreto este en contacto con químicos o gases corrosivos que atacan la matriz de mortero del concreto o el acero de refuerzo, deben utilizarse revestimientos o coberturas. Los revestimientos o coberturas para prevenir el contacto de químicos o gases nocivos con la superficie de concreto deben ser impermeables y tener buena adherencia”. Se sugiere colocar un revestimiento de DURALKOTE 240 que es un recubrimiento epóxico flexible de alto desempeño para uso en paredes y pisos certificado por ANSI estándar 61 para contacto con agua potable, esto con el fin de proteger toda la superficie de las estructuras tipo tanque o similar, asegurando impermeabilidad al 100%, protegiendo del ataque químico (por las sustancias que intervienen en el proceso de tratamiento del agua) y mecánico al que, por la naturalidad de su uso, se ve expuesta la infraestructura de la PTAP.

Cabe mencionar que se deben seguir a cabalidad todas las recomendaciones y procesos de instalación de los productos, sugeridos por el fabricante.



10. Presupuesto

Tabla 59 Presupuesto de recomendación de intervención primaria

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ensayo de resistencia a tracción	10	Muestra	\$ 64.000	\$640.000
Estudio de vulnerabilidad sísmica de los elementos de infraestructura que componen la PTAP de Villanueva – Casanare*	1	Glb	\$ 15.000.000	\$ 11.000.000
Estudio de evaluación hidráulica de los diferentes tanque que hacen parte de la PTAP de Villanueva – Casanare	1	Glb	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Evaluación y análisis integral de estudios	1	Glb	\$ 6.000.000	\$ 6.000.000
Análisis económico de alternativas**	1	Glb	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Total				\$ 36.640.000

*Se debe proveer los resultados de laboratorio de suelos, núcleos, esclerómetro, carbonatación, radioscaner y regatas ya realizados, fichas patológicas e historia clínica.

** El análisis económico de alternativas se limitará exclusivamente a evaluar la alternativa de intervención más económica a ejecutar.



Considerando la estrategia de prevención planteada, se lleva a cabo el cálculo de cantidades de las estructuras hidráulicas relevantes que cuentan con la presencia de procesos patológicos y que es primordial intervención:

Tabla 60 Cantidades de estrategia de prevención

Estructura	Area Muros	Area Placa (m2)
Bocatoma y desarenador Caño Claro	228.5888	137.2002
Bocatoma y desarenador Huerta La Grande	349.3272	251.8412
Tanque de filtros	160.6	41.6724
Tanque unidad de filtros	160.6	41.6724
Tanque floculadores	111.2868	37.3122
Tanque sedimentadores	99.145	25.5
Tanque almacenamiento	173.04	366.28
Sumatoria	1282.59	901.48
	2184.07	

Fuente: Propia

De acuerdo a lo anterior se procede al cálculo de costo de estrategia de prevención, para tal fin los ítems que componen el presupuesto, tienen como base de referencia la lista de precios del departamento de Casanare, vigente según Resolución No. 0060 de 07 de abril de 2021 y su actualización parcial la Resolución 0125 de 23 de Julio de 2021.



Tabla 61 Presupuesto de recomendación de estrategia de prevención

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Destronque y limpieza paredes internas tanques de almacenamiento.	2184.07	m2	\$ 4,817.00	\$ 10,520,665.19
Limpieza y desmanchado superficies de concreto mortero arcilla piedra con sikalimpiador rinse propor 1:2 con agua	2184.07	m2	\$ 6,123.00	\$ 13,373,060.61
Aplicación inhibidor de corrosión Sikatop Armatec 108	2184.07	m2	\$ 20,882.00	\$ 45,607,749.74
Imprimante y puente de adherencia con Ipotec	2184.07	m2	\$ 39,934.00	\$ 87,218,651.38
Mortero de reparación EUCOPATCH M	2184.07	m2	\$ 103,019.00	\$ 225,000,707.33
Recubrimiento epóxico flexible DURALKOTE 240	2184.07	m2	\$ 115,695.00	\$ 252,685,978.65
Total				\$ 634,406,812.90

Fuente: Propia



11. Cronograma

Tabla 62 Cronograma de recomendación de intervención primaria.

ACTIVIDAD		DURACIÓN											
		MES 1				MES 2				MES 3			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Ensayo de resistencia a tracción	Uno por estructura												
Estudio de vulnerabilidad sísmica de los elementos de infraestructura que componen la PTAP de Villanueva – Casanare	Bocatoma y desarenador Caño Claro												
	Bocatoma y desarenador Huerta La Grande												
	Tanque de filtros												
	Tanque unidad de filtros												
	Tanque floculadores												
	Tanque sedimentadores												
	Tanque almacenamiento												
	Zona administrativa												
Estudio de evaluación hidráulica de los diferentes tanque que hacen parte de la PTAP de Villanueva – Casanare	Bocatoma y desarenador Caño Claro												
	Bocatoma y desarenador Huerta La Grande												
	Tanque de filtros												
	Tanque unidad de filtros												
	Tanque floculadores												
	Tanque sedimentadores												
Evaluación y análisis integral de estudios	PTAP Villanueva												
	PTAP Villanueva												
Análisis económico de alternativas	Alternativa de reparación, mantenimiento o rehabilitación												
	Nueva construcción												

Fuente. Propia.



Tabla 63 Cronograma de recomendación de estrategia de prevención

ACTIVIDAD	ESTRUCTURA	DURACIÓN						
		SEMANA 1						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
1. Destronque y limpieza paredes internas tanques de almacenamiento. 2. Limpieza y desmanchado superficies de concreto mortero arcilla piedra con sikalimpiador rinse proporci 1:2 con agua	Bocatoma y desarenador Caño Claro							
	Bocatoma y desarenador Huerta La Grande							
	Tanque de filtros							
	Tanque unidad de filtros							
	Tanque floculadores							
	Tanque sedimentadores							
	Tanque almacenamiento							
3. Aplicación inhibidor de corrosión Sikatop Armatec 108 4. Imprimante y puente de adherencia con Ipotec	Bocatoma y desarenador Caño Claro							
	Bocatoma y desarenador Huerta La Grande							
	Tanque de filtros							
	Tanque unidad de filtros							
	Tanque floculadores							
	Tanque sedimentadores							
	Tanque almacenamiento							
5. Mortero de reparación EUCOPATCH M 6. Recubrimiento epóxico flexible DURALKOTE 240	Bocatoma y desarenador Caño Claro							
	Bocatoma y desarenador Huerta La Grande							
	Tanque de filtros							
	Tanque unidad de filtros							
	Tanque floculadores							
	Tanque sedimentadores							
	Tanque almacenamiento							

Fuente. Propia.



12. Conclusiones y Recomendaciones

Como se pudo evidenciar, para el correcto desarrollo del análisis del paciente, resultó de gran relevancia el realizar una visita técnica de campo e inspección visual detallada del paciente, permitiendo el levantamiento de información contundente para la correcta identificación de lesiones y posterior análisis e interpretación de resultados para un diagnóstico consistente de procesos patológicos.

Se llevó a cabo la extracción (21) núcleos de concreto en los diferentes elementos de estructuras que hacen parte de la planta de tratamiento de agua potable, de los cuales diecisiete de ellos, mediante ensayo de resistencia a compresión arrojan resistencias entre 1301,3 PSI hasta 3221,4 PSI y densidades entre 2,075 a 2,390 g/cm³, lo cual evidencia el incumplimiento del capítulo C.23 de la NSR-10 para tanques o estructuras medioambientales, que indica una resistencia mínima a la compresión de 4000 PSI, Por otro lado, de las muestras de concreto recolectadas de los elementos estructurales, diez (10) de ellos presentan carbonatación superficial externa con un rango mínimo de 0,5 cm hasta 2,6 cm, indicando un PH del concreto menor 9, favoreciendo los procesos de corrosión avanzados existentes en las armaduras

Durante la evaluación realizada a la planta, se pudo verificar la importancia del capítulo C.23 de la NSR-10 Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto en el cual detalla puntualmente que las estructuras como las plantas de tratamiento según sea su tipo, deben ser construidas bajo los parámetros de durabilidad necesarios para soportar la abrasión del agua. Para el año en el cual fue construida la planta (1995) se evalúa que los procesos constructivos y los factores de riesgos aplicados, no son suficientes para contrarrestar el paso de los años y el uso de la estructura. Según el C.23 de la NSR-10, se detalla las acciones que se deben



tomar en cuenta según los procesos constructivos, desde los tratamientos a las juntas constructivas, la utilización de barreras impermeables, la utilización de sellantes de junta y las juntas para compensar movimientos, la lesión más recurrente en las estructuras de la planta, fue la abrasión mecánica por el tránsito del agua, generando distintos procesos patológicos. Por lo anterior, realizando un diagnóstico basado en los ensayos e información recolectada se determina que:

Los concretos utilizados para la construcción de la planta, presentan modificaciones en su estructura y han perdido sus capacidades de resistencia, en varios puntos se pudo evidenciar como la alta permeabilidad ha iniciado la aparición de filtraciones que se desencadenan por la fisuración y desprendimientos en las estructuras. Por lo que se plantea parcialmente como una de las alternativas de solución a considerar, posterior al desarrollo de una evaluación sísmica e hidráulica, basados en la edad de la planta y la norma aplicada para su construcción, y que ésta debe ser actualizada y dar cumplimiento a lo establecido por la NSR-10, también evaluar la posibilidad de proyección de una construcción nueva.

Los procesos patológicos presentados en los diferentes accesorios que comunican las estructuras, son debido al deficiente mantenimiento realizado a la planta en general, si bien estos son fabricados para actuar bajo condiciones ambientales de exposición, se requiere realizar mantenimientos preventivos que no fueron realizados, estos accesorios deben ser evaluados puntualmente para determinar si son aprovechables o si se debe realizar una disposición y prescindir de su uso. Cabe aclarar que, debido al uso, los accesorios adquieren modificaciones leves en su estructura que pueden llegar a afectar su reutilización.

Considerando que una planta de tratamiento de agua potable es un tipo de infraestructura indispensable para una comunidad, se planteó una estrategia de prevención, para llevar a cabo actividades sobre las estructuras hidráulicas existentes en la PTAP del



municipio de Villanueva, de tal forma que estas permitan mantener su funcionamiento con un mayor grado de seguridad, mientras se procede con los procesos de estudios e intervención que dé a lugar, según los resultados y análisis de estos, pues es necesario ejecutar actividades para que los agentes patológicos no continúe afectando severamente la infraestructura, de tal forma que producto de la estrategia analizada se planteó la limpieza, aplicación de inhibidor de corrosión, mortero de reparación y recubrimiento epóxico flexible.

Debido a que se presentó un crecimiento de población exponencial en el municipio de Villanueva, en consecuencia, al desarrollo de proyectos petroleros en el departamento, es importante se desarrolle una evaluación de la capacidad hidráulica de las estructuras ante las necesidades actuales de suministro de agua potable a la comunidad, pues, si bien la infraestructura debe cumplir con los requerimientos técnicos de la NSR-10, también debe estar en cumplimiento con lo establecido en la resolución 0330 de 2017.

La PTAP del municipio de Villanueva es un paciente con lesiones y proceso patológico severo, en un alto grado de riesgo, como se evidencia en la matriz de vulnerabilidad desarrollada específicamente para planta. Lo que determina la gravedad del estado en que se encuentra la construcción, por tal razón, es indispensable proceder a realizar análisis a través de modelos matemáticos que permita una evaluación de vulnerabilidad sísmica y estructural de la planta, así como un análisis de la capacidad hidráulica de cada una de las estructuras de la planta, pues, si bien se puede proceder a realizar intervención correctiva de la infraestructura para solucionar parcial o totalmente a las diferentes lesiones patológicas identificadas como la abrasión mecánica y corrosión, es de tener en cuenta que estas presenta un nivel avanzado, lo que ha ocasionado el deterioro de la PTAP, por lo que, al realizar un análisis integral respecto a lo que indique un profesional de ingeniería sísmica o estructural, profesional en ingeniería hidráulica y profesional en patología, permitirá establecer de manera idónea, bajo un aspecto

técnico y económico las medidas a tomar, bien sea la rehabilitación o demolición y construcción de una nueva planta de tratamiento de agua potable. Lo anterior considerando que lesiones como erosión mecánica, agrietamiento, filtraciones por fisuras y desprendimiento de concreto que afectan directamente a la estructura, han desencadenado afectaciones severas a los elementos, como es la corrosión avanzada de refuerzo y presencia de carbonatación en el concreto.



13. Bibliografía

- Aburra, M. V. (s.f). *Planta de tratamiento de aguas residuales san fernando* . Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/dialogosmetropolitanos/notas/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-san-fernando-ptar.aspx>
- ACI committee 350. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures (ACI 350-06)*. American concrete institute.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE*. Bogota: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Blacio, D., & Palacios, J. (2011). *Filtros biológicos para la potabilización del agua, posibilidades de uso de filtros lentos de arena con agua superficial de nuestra región* . Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Broto, C. (2006). *PATOLOGÍAS DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS*. Barcelona: Links International.
- Comite AIS 180. (2013). *AIS 180-13 Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones*. Bogota D.C. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Contrato 073 de 2014. (2014). *Alcaldía municipal de Villanueva*. Obtenido de https://villanuevacasanare.micolombiadigital.gov.co/sites/villanuevacasanare/content/files/000151/7506_31componente_general_parte1.pdf
- Crespo, D. (2015). *Propuesta de procedimiento para la evaluación y diagnóstico de obras hidráulicas*. Santa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2552/Daily%20Crespo%20P%20A9rez.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

EPM. (s.f). *Planta de tratamiento de agua residuales* . Obtenido de

<https://www.epm.com.co/site/home/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-bello>

Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H. (2015). *Servicio Geologico Colombiano*.

Obtenido de http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Mapa_Geologico_colombiano_2015/

Hernández, E., & Corredor , C. (2017). *Diseño y construcciones de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua*. Bogotá D.C: Universidad Catolica .

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. (2010). *Neotectónica del Piedemonte Llanero entre los municipios de Tauramena, Monterrey y Villanueva (Casanare)*. Bogotá D.C.

Lenntech. (s.f). *Historia del tratamiento de agua potable* . Obtenido de

<https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>

Municipio de Villanueva. (2010). *Alcaldía Municipal de Villanueva Casanare*. Obtenido de

https://villanuevacasanare.micolombiadigital.gov.co/sites/villanuevacasanare/content/files/000151/7522_acuerdo_municipal_010_de_2010.pdf

Pérez de la Cruz, F. (2011). *Abastecimiento de aguas*. Cartagena: Universidad Politecnica de Cartagena.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y el mortero*. Bogota D.C.: Bhandar editores.

Servicio Geologico Colombiano . (s.f.). *Geoportal*. Obtenido de

http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/

Servicio Geologico Colombiano . (s.f.). *Servicio Geologico Colombiano* . Obtenido de

http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 1 Fichas de levantamiento de lesiones patológicas



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 2 Fichas de campo de información de infraestructura

Anexo 3 Resultados de laboratorio de ensayos de suelos y geotecnia



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 4 Resultados de laboratorio de ensayos destructivos y no destructivos



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 5 Matriz de vulnerabilidad



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 6 Planos de representación grafica



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 7 Planos de lesiones



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 8 Documento diagnostico AAA Espavi



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Anexo 9 Fichas técnicas de productos

Anexo 10 Registro fotográfico

Para revisión de registro fotográfico completo y videos de levantamiento de información en campo, verificar Link de carpeta drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/12wq6YcpsYFKzfg4nuVIDIWkJkd6vVV54?usp=sharing>