

**Estudio patológico del acueducto regional del municipio de Guataquí, vereda el Bagal,
Cundinamarca**

Laura Ximena Pineda Rivas

John Alexander Vargas

Mario Andrés Cadena

Silvia Viviana López Niño

**Universidad Santo Tomás de Aquino
Especialización en patología de la construcción
Facultad de ingeniería**

Walter Mauricio Barreto Castillo

Enero 2022

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. OBJETIVO GENERAL	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. MARCO REFERENCIAL	8
4.1. MARCO TEÓRICO	8
4.2. MARCO LEGAL	15
4.2.1. <i>Normatividad Nacional</i>	16
4.2.2. <i>Normatividad Internacional</i>	17
4.3. MARCO HISTÓRICO	19
5. ALCANCES Y LIMITACIONES	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1. DESCRIPCIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PACIENTE	22
6.2. PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	22
a. <i>Inspección preliminar del paciente</i>	22
b. <i>Recopilación de información necesaria para el estudio</i>	24
c. <i>Permisos y autorizaciones para abordar el estudio del paciente</i>	25
d. <i>Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración</i>	25
6.3. HISTORIA CLÍNICA	26
6.3.1. <i>Responsables del estudio</i>	26
6.3.2. <i>Fecha de realización del estudio</i>	26
6.3.3. <i>Datos generales del paciente</i>	26
a. <i>Nombre</i>	26
b. <i>Localización</i>	26
c. <i>Fecha de construcción (sistema constructivo, técnica constructiva)</i>	27
d. <i>Uso actual y previsto del sector</i>	27
e. <i>Importancia del paciente</i>	28
f. <i>Sistema estructural y constructivo</i>	28
g. <i>Normativa actual que lo rige</i>	28
6.3.4. <i>Descripción de la edificación</i>	29
a. <i>Tipo de cimentación</i>	29
b. <i>Altura</i>	29
c. <i>Área y volumen</i>	29
d. <i>Estado general de la construcción</i>	30
e. <i>Información existente</i>	30
f. <i>Fidelidad de los planos</i>	30
g. <i>Constatación del estado del paciente</i>	30
6.3.5. <i>Aplicación patológica</i>	31
6.3.6. <i>Datos específicos de las lesiones</i>	31
a. <i>Afecciones</i>	31
b. <i>Localización y levantamiento de daños</i>	32
c. <i>Evaluación física, mecánica, composición y estructura del concreto y/o materiales</i>	33
6.3.7. <i>Descripción de la patología más relevante en el paciente</i>	33
6.3.8. <i>Clasificación y origen de las patologías</i>	34
6.3.9. <i>Datos generales del entorno</i>	34
a. <i>Edificaciones u obras vecinas</i>	34
b. <i>Temperatura</i>	35
c. <i>Precipitaciones</i>	35
d. <i>Nivel freático y escorrentías</i>	36

e. Humedad del ambiente	36
6.3.10. Suelos y cimentaciones.....	37
a. Geología general del paciente.....	37
b. Estudio de suelos	41
c. Tipo de cimentación realizada	43
6.4. DIAGNÓSTICO	44
6.4.1. Ensayos de campo no destructivos	45
7. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	62
7.1. TIPO DE FALLAS EN LA ZONA.	62
7.1.1. Falla de La Rochela.....	63
7.1.2. Falla de Los Curos.....	64
7.1.3. Falla de Guaimaral.....	64
7.1.4. Falla de Buenavista	64
7.1.5. Falla de El Salto.....	64
7.1.6. Falla de Los Jobos.....	64
7.1.7. Falla de El Palmar.....	65
7.1.8. Falla de La Gloria	65
7.1.9. Falla de El Santuario.....	65
7.1.10. Falla de Pore – El Rosal.....	65
7.1.11. Falla de El Tabaco	65
7.1.12. Falla del Alto El Trigo.....	66
7.1.13. Falla de La Limba	66
7.1.14. Falla de La Buitrera	66
7.1.15. Falla de Río Seco	66
7.1.16. Falla de Jerusalén - Pituñá.....	67
7.1.17. Falla Bituima – La Salina	67
7.1.18. Falla Cambrás – Cambao.....	67
7.1.19. Falla La Cabaña.....	67
7.1.20. Falla de Vianí.....	68
7.1.21. Falla Las Yopas.....	68
7.1.22. Falla San Francisco.....	68
7.1.23. Falla de Córdoba.	69
7.1.24. Falla de Nupalá.	69
7.1.25. Falla de Guatachí.	69
7.2. HISTORIA SÍSMICA EN EL MUNICIPIO.....	70
7.3. MACIZO ROCOSO COLINDANTE AL PACIENTE	74
7.4. RIESGO DE LICUACIÓN EN CASO DE SISMO.....	76
7.5. RIESGO POR INUNDACIÓN.	76
7.6. PLANOS DETALLE DEL PACIENTE.	79
7.6.1. EVALUACIÓN DE IRREGULARIDAD EN PLANTA.....	80
7.6.2. EVALUACIÓN DE IRREGULARIDAD EN ALTURA.....	81
7.7. ZONA DE AMENAZA SÍSMICA	83
7.8. Matriz de Vulnerabilidad	86
8. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN	92
8.1. Propuesta de intervención No. 1	92
8.2. Propuesta de intervención No.2:.....	93
8.3. Propuesta de intervención No. 3:.....	94
9. PRESUPUESTO	95
10. PROGRAMACIÓN.....	96
11. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	97
12. CONCLUSIONES	98
13. RECOMENDACIONES	101

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	102
ANEXOS.....	103
LISTA DE FIGURAS	104
LISTA DE TABLAS	107
ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS GENERALES DEL PROYECTO.....	109
ANEXO 2. FICHA 1. UNIÓN TAPA TANQUE-MUROS.	112
ANEXO 3. FICHA 2. TAPA TANQUE.	113
ANEXO 4. FICHA 3. MUROS TANQUE.	114
ANEXO 5. FICHA 4. MUROS TANQUE.	115
ANEXO 6. FICHA 5. ESCOTILLA TANQUE.	116
ANEXO 7. FORMATO TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO: CARBONATACIÓN Y ESCLEROMETRÍA.....	117
ANEXO 8. FORMATO TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO: FERROSCAN.	118
ANEXO 9. FORMATO TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO: PRUEBA DE CLORUROS EN EL AGUA.	122
ANEXO 10. PROPUESTA ECONÓMICA ESTUDIO PATOLÓGICO.	123

1. Introducción

Uno de los objetivos principales durante el proceso de diseño de estructuras, es asegurar la estabilidad y durabilidad de la misma, para que esta sea funcional durante un periodo de tiempo prolongado, desafortunadamente, al ser la construcción una actividad de origen artesanal, se pueden incurrir en diversos errores, que pueden disminuir ese periodo de tiempo induciendo a fallas tempranas que puedan afectar la estabilidad de la estructura, para esto nace la patología de la construcción, la cual, según Broto, C, (2006), es la ciencia encargada del estudio de las lesiones o fallas que presenta una estructura durante su proceso de construcción o finalización del mismo, dando así soluciones definitivas, a corto, mediano o largo plazo para la reparación de la falla o lesión diagnosticada.

Para lo anterior es necesario realizar todo un estudio, denominado estudio patológico, mediante el cual se recopila información sobre la construcción a intervenir (paciente) que involucra datos históricos, diseño arquitectónico y estructural, proceso constructivo, año de construcción, estudio de entorno donde se encuentra localizado con el fin de determinar condiciones ambientales, inspecciones visuales, que permitan desarrollar un adecuado diagnostico mediante la realización de ensayos de laboratorio con muestras aleatorias de los materiales en los cuales se encuentra construido y comprobaciones de condiciones de diseño mediante modelamiento de elementos finitos conforme a los requerimientos exigidos normativamente y finalmente determinar una propuesta de intervención que permita retornar y prolongar las condiciones de uso del respectivo paciente.

En el desarrollo del presente documento se describe el estudio patológico realizado a un tanque de almacenamiento de agua, que hace parte de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) que le provee a los habitantes de los municipios de Guataquí, Jerusalén y Nariño del departamento de Cundinamarca.

2. Justificación

Los tanques de almacenamiento de agua potable, son estructuras de orden ambiental, las cuales deben cumplir con ciertos requerimientos que permitan una adecuada seguridad estructural, durabilidad y calidad del agua que sea apta para el consumo humano.

El tanque de agua objeto de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Guataquí, vereda El Bagal, al cual permite la distribución del agua por bombeo hacia los tanques de las veredas Macanda y Cabrero. Este tanque hace parte de la PTAP que fue construida hacia el año de 1998, con el fin de mejorar la calidad del agua para de 7462 habitantes¹

Teniendo en cuenta la importancia del tratamiento y suministro de agua potable, es necesario mantener en buenas condiciones las estructuras y equipos que hacen parte del mismo, ya que la ausencia o falla de alguno de sus componentes provocaría interrupciones en la prestación del servicio de suministro y alteraciones en el proceso de tratamiento que afectarían la calidad del agua y por consiguiente podría generar en el peor de los casos un problema de salud pública.

A través de este proyecto se realizará un diagnóstico con el fin de establecer las condiciones actuales del tanque de almacenamiento y distribución que hacen parte del sistema de tratamiento de agua potable ubicado en la vereda El Bagal, municipio de Guataquí, departamento de Cundinamarca

¹ Tomado de DANE Censo Nacional de población y vivienda – 2018 Colombia - <https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e53e1178fb1f497cac9b241dbafb1690>

3. Objetivos

3.1.Objetivo general

Realizar el estudio de las patologías que se presentan en el tanque que compone la planta de tratamiento de agua potable de la vereda El Bagal.

3.2.Objetivos específicos

- Caracterizar el tipo de tanque que compone la planta de tratamiento de agua potable, determinando si el diseño o materiales iniciales se han visto afectados.
- Selección de la alternativa más viable desde el punto de vista técnico y económico de acuerdo a los datos arrojados por el alcance que permitan mejorar la calidad del tanque tanto en la parte funcional como estética.
- Generar un manual base de mantenimiento para el paciente del presente estudio, que garantice que el mismo tendrá una vida útil más larga en el tiempo.

4. Marco referencial

4.1.Marco teórico.

Patología de la construcción.

Broto, C, (2006), define la patología de la construcción como el estudio de las enfermedades de la edificación y es la ciencia que estudia los problemas constructivos que se presentan posterior a su construcción.

En los tanques, como en cualquier otra estructura, se pueden presentar patologías en diferente magnitud e intensidad, esto podría conllevar a la intervención de la edificación en su parte estructural o funcional, generando gastos económicos de menor o mayor cuantía, teniendo en cuenta, que, al ser un tanque de agua potable, no se puede presentar filtración y/o contaminación del agua, ya que, al ser de consumo humano, se pueden llegar a crear focos de enfermedades bacterianas.

La vida útil de un tanque que almacena líquido es de cincuenta a sesenta años, teniendo en cuenta que los sellos de las juntas deben estar en mantenimiento constante para evitar filtraciones o fugas. Igualmente, se debe tener en cuenta, que este tipo de estructuras deben ser inspeccionadas con regularidad, ya que una posible filtración o falla puede causar cuantías económicas muy altas para su reparación.

El estudio de las patologías se enfoca en las posibles enfermedades que presente el paciente o estructura, de ello depende la forma como se manifiestan las lesiones, así como el tiempo de exposición y los mantenimientos preventivos realizados al paciente, para el caso del tanque a estudiar, se aplicarán estas medidas a profundidad realizando una clasificación de las causas según el origen, como lo describe Broto, C, (2006), patologías del concreto reforzado:

- a. Componentes del concreto.
- b. Fabricación y manejo del concreto.

- c. Ambiente.
- d. Agentes externos: químicos y físicos.
- e. Defectos y deterioros del acero de refuerzo

El concreto está compuesto por una mezcla entre cemento, agregados, agua y aditivos, al introducirle el acero de refuerzo se crea una combinación de trabajos a tracción y compresión, la mayoría de las patologías que se presentan en el concreto están derivadas de los defectos que presentan sus componentes principales, así como el mal manejo en obra. A continuación, se nombrarán sus componentes detalladamente:

a. Componentes del concreto.

- El cemento: es el componente fundamental en la adquisición de la resistencia del concreto con su relación agua cemento, por lo cual, para obtener una pasta uniforme y aceptable, se debe evitar el falso fraguado, en el cual se generan cúmulos al momento de la mezcla, igualmente el endurecimiento en la etapa equivocada de la mezcla, ya que la misma deja de ser homogénea e inicia adquirir sus propiedades mecánicas.
- Los agregados: parte importante de la mezcla del concreto, que genera durabilidad y resistencia a la mezcla, se debe tener en cuenta su granulometría, composición de material fino y su densidad; los agregados de tipo piritas y sulfuros se oxidan al contacto con la atmosfera, lo que puede ocasionar en el concreto grietas, fisuras y como caso más grave desmoronamiento.
- El agua: la mezcla de cemento debe contener la cantidad ideal de cemento, agregados y agua, si la proporción no es adecuada, ya sea por exceso de agua que no se combinó adecuadamente, inicia su evaporación, ocasionando la aparición de poros con lo cual el concreto será más permeable. Adicional, el agua que se debe utilizar para la mezcla debe ser lo más limpia posible y potable, ya que ciertas impurezas, sales y sulfatos pueden ocasionar pérdida de la resistencia, así como corrosión y aparición de

eflorescencias.

- Los aditivos: son productos que dan características especiales al concreto, modificando su estructura inicial. Las especificaciones de los mismos dependen únicamente del fabricante, por lo cual no hay una regulación específica, pero los mismos deben ser utilizados en proporciones adecuadas y de fabricantes confiables (calidad), se presenta una patología común que es la aparición de fisuras en el concreto.

b. Fabricación y manejo del concreto.

- El concreto debe tener un diseño de mezcla correcto, de no ser así, el mismo puede tener problemas de resistencia, homogeneidad y densidad.
- La mezcla debe ser transportada de forma adecuada, con el fin de evitar segregación del agregado generando también una mezcla poco homogénea.
- El manejo de la mezcla en obra debe ser la más óptima, procurando que la zona donde se va a utilizar el mismo sea lo más hermética posible, con el fin de evitar filtraciones de la lechada de cemento, esto ocasiona en la mezcla porosidad y baja compactación, teniendo como resultado final hormiguo.

Fisuras y grietas en el concreto.

Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto, *Cartilla José Concreto*, Bogotá, Colombia, Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2007, página 95, las fisuras están principalmente asociadas por las cargas y en algunas ocasiones por variación en la sección del elemento. Las fisuras asociadas a las cargas se denominan deformaciones, cuándo están asociadas a la variación de sección se denominan fuerzas espontáneas.

- Esfuerzos de compresión: genera fisuras en el mismo sentido del esfuerzo aplicado y coinciden con el estado de agotamiento del elemento, se manifiestan principalmente en elementos que trabajan a compresión.

- Esfuerzos de tracción: genera fisuras en el sentido perpendicular del esfuerzo aplicado.
- Esfuerzos de flexión: genera fisuras en sentido vertical al esfuerzo aplicado, se manifiestan principalmente en vigas en las zonas de mayor esfuerzo, también se presentan en las zonas cercanas a los apoyos generando fisuras a cuarenta y cinco grados.
- Esfuerzos cortantes: genera fisuras inclinadas y horizontales.
- Esfuerzos de torsión: genera fisuras en el contorno del elemento en diferentes direcciones opuestas.
- Fisuras de tracción: comprendida por tres grandes grupos: retracción hidráulica antes del fraguado (retracción plástica): producida por la evaporación del agua superficial del concreto, no tienen parámetro de manifestación, por lo cual se generan en diferentes direcciones con una profundidad de veinte a 40 milímetros, en algunos casos puede atravesar todo el elemento; retracción hidráulica después del fraguado (contracción por secado): producida principalmente por el impedimento del libre movimiento de la mezcla después de su fraguado, como formaleta y refuerzos superficiales, se manifiestan perpendiculares al eje del elemento; retracción térmica: producida por los cambios de temperatura en la mezcla y el poco movimiento de la mezcla, su manifestación no tiene un patrón típico, por lo cual su estudio debe hacerse de manera individual.
- Fisuras por dilatación: se presentan por el proceso térmico expansivo del cemento dentro de la mezcla debido a la corrosión y oxidación de las varillas, así como la presencia de sales.

Las fisuras y grietas tienen una incidencia directa en la corrosión del acero, ya que la presencia de sales y humedad del ambiente, contribuyen a este cambio.

c. Ambiente

El ambiente en el que se encuentra la estructura depende de la durabilidad de la misma, así como la mezcla correcta a usar, allí influyen también los agentes externos químicos y físicos que serán abarcados más adelante.

Cuando hay ambientes más agresivos que otros, se tomará en cuenta que el concreto debe ser más resistente y durable, como por ejemplo mezclas más impermeables y compactas para evitar una relación de vacíos alta dentro de la misma y así filtración y presencia de humedad y sales.

Para el caso de los ambientes costeros, por la acción salada del mar está cargada de cloruros y sulfatos, éstas, al entrar por las fisuras y poros del concreto generan la aparición de eflorescencias y corrosión del acero.

La lluvia ácida y las aguas contaminadas generan fisuración interna, así como segregación del concreto.

d. Agentes externos químicos y físicos

El concreto sufre deterioros causados principalmente por agentes externo, éstos se dividen en dos grandes grupos: químicos y físicos.

Agentes físicos.

Los agentes físicos están relacionados con los cambios climáticos y ambientales como la lluvia, el viento, temperaturas alta y baja.

- La lluvia: cuando se presenta lluvia o granizo fuertes, se pierde la capa superficial de la mezcla fresca, lo cual ocasiona cambio en la resistencia y porosidad de concreto endurecido, así como exposición del acero de refuerzo.
- Temperatura baja: puede ocasionar la congelación del agua en la mezcla en estado fresco, con lo cual, interfiere en la correcta hidratación del cemento en su proceso de fraguado, generando el aumento de volumen de la mezcla.

- Temperatura alta: puede ocasionar desecación superficial del elemento, generando una evaporación de agua mucho más rápida, lo que conlleva a la aparición de grietas internas.
- El fuego: genera cambio en las características físico-mecánicas del concreto, pierde su resistencia de compresión como de tracción, aumenta la deformación de rotura. El acero teniendo mayor recubrimiento, mayor será su protección ante el fuego, en el caso del acero el mismo recupera su resistencia inicial al enfriarse, teniendo como máximo calentamiento de 600°C, mientras que en concreto el puede o no recuperar su resistencia. El concreto en condición de fuego adquiere un color gris claro y se vuelve poroso entre 300 y 600 °C, perdiendo así una resistencia de aproximadamente el 60%. En varios países se considera el concreto aún como material estructural en temperaturas de 500 a 700°C. Cuando los dos materiales están en su proceso de enfriamiento, se genera interferencias en la adherencia, con lo cual el acero quedará expuesto a la corrosión igual que el concreto con un proceso de degradación de 0,5 a 2,5 centímetros por día.

Agentes químicos.

El concreto puede ser atacado por las sustancias presentes en el ambiente, como sales, ácidos, agua, entre otros. De acuerdo a la compactación de la mezcla, en concreto puede ser o no más durable, es decir que con una porosidad de 15% el mismo presentará problemas de durabilidad y resistencia a agentes químicos. Cuánto más grandes sean los poros, mayor será la velocidad de penetración de los agentes químicos exteriores.

Hay diferentes tipos de ataques químicos sobre el concreto los cuales serán nombrados:

- Ataque de ácidos: el concreto al ser de un PH básico, es fácilmente atacado por PH ácidos como por ejemplo el ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico, fluorhídrico y bromhídrico, estos al entrar en contacto con el concreto generan sales, que se presentan de dos diferentes maneras como de barrera y solubles, los de barrera

permanecen en la superficie o en los poros y la misma barrera genera un mecanismo de protección para que el ataque no continúe, mientras que los solubles no forman barrera pero siempre seguirán atacando la superficie y poros del concreto.

Cabe resaltar que otro ataque ácido son las aguas ácidas industriales, que provienen de desechos industriales, así como por medio de la precipitación, lluvia ácida que con el contacto de los componentes de concreto genera ácido sulfúrico de forma higroscópica.

- Ataque álcali-árido: reacción química generada por los agregados y el cemento, teniendo en cuenta que los diferentes tipos de agregados reaccionan de diferentes maneras.
 - ✓ Agregado sílice: absorbe gran cantidad de agua, con lo cual se genera aumento de volumen.
 - ✓ Agregado dolomita: puede reaccionar con la sílice, generando porosidad alrededor del agregado.
- Ataque por sulfatos o cloruros: producido por la presencia de aguas subterráneas, superficiales o de mar, al tener contacto directo con el concreto, de acuerdo a la calidad del mismo, se puede presentar desintegración, fisuras, grietas y reducción de la resistencia del concreto.
- Ataque por lixiviación: erosión de tipo químico que se presenta sobre la superficie del concreto, en forma de desmoronamiento por acción del agua relativamente pura (que no contiene cantidad alta de sales).
- Carbonatación: generada por el proceso del alto contenido de CO₂ presente en el aire, así como ambientes contaminados, la producción del mismo depende de la humedad del ambiente, así como la cantidad y tamaño de los poros de la superficie del concreto. Inicia desde la superficie hacia el interior, y tiene diferentes grados de penetración.
- e. Defectos y deterioros del acero de refuerzo.

Comúnmente se encuentran estructuras construidas en concreto reforzado (concreto y acero), ya que los dos componentes se comportan de manera que el uno complementa al otro, donde el concreto funciona como una capa protectora ante la corrosión del acero en condiciones ideales de vertimiento y utilización.

Adicionalmente, el acero, en presencia de humedad puede generar corrosión ya sea dentro o fuera del concreto, por lo cual su almacenamiento, rectitud, oxidación y utilización debe ser correcta para evitar la aparición de este tipo de patología. Es importante tener en cuenta también que debe ser adecuado el armado del acero solicitado por planos, así como el recubrimiento mínimo especificado, de no ser así, se presentarán problemas como pérdida de la masa de concreto y corrosión del acero por falta de recubrimiento.

En muchas ocasiones, el error no se presenta por armado en obra, si no en los planos y en el diseño estructural, en muchas ocasiones los planos no son específicos en cuánto a cotas de traslapes y longitudes de desarrollo, con lo cual por parte de obra se toman decisiones técnicas respecto a los detalles no especificados, lo que conlleva posiblemente a errores graves de ejecución del diseño y resistencia del elemento.

El concreto debe tener el diseño de mezcla de acuerdo a la zona en donde se realizará su colocación, donde es importante la misma, para evitar poros que ayuden a la entrada de agua o sales, lo que conlleva a la corrosión interna del acero.

De no ser colocado de forma óptima el acero y el concreto, se genera una patología común que es la carbonatación, que se genera de afuera hacia adentro, y su profundidad influye en el tiempo de ataque, está directamente relacionada con la porosidad de la mezcla de concreto.

4.2.Marco legal

Los tanques de almacenamiento de agua potable, son estructuras de orden ambiental, las cuales deben cumplir con ciertos requerimientos que permitan una adecuada seguridad estructural, durabilidad y ambiental.

El tanque de agua objeto de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Guataquí, vereda El Bagal, donde ésta distribuye agua por bombeo hacia los tanques de las veredas Macanda y Cabrero, y de allí baja por gravedad para suplir a los municipios de Nariño, Jerusalén y Guataquí.

4.2.1. Normatividad Nacional.

En Colombia actualmente las construcciones sismo resistentes deben estar diseñadas y construidas bajo los requerimientos adoptados en el decreto 926 del 19 de marzo del 2010 mediante el cual se presentan los requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte.

Dentro de este Reglamento podemos encontrar el Título C, Capítulo 23, mediante el cual se dan los requisitos mínimos para el diseño y construcción de tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto, que permitan cumplir con los siguientes objetivos:²

- Contar con un diseño que controle el agrietamiento y la fisuración para impedir el flujo de líquidos entre el interior del tanque y su exterior.
- Ser lo suficientemente denso e impermeable para impedir la contaminación de los líquidos contenidos.
- Proveer la máxima resistencia a los elementos químicos contenidos en el líquido.
- Tener superficies poco rugosas que minimicen la resistencia al flujo y permitan cumplir los objetivos de sanidad.

Se debe tener un especial cuidado en la construcción de este tipo de estructuras con el fin de evitar corrosión del refuerzo y tener un concreto lo más impermeable posible³

En cuanto a la regulación respecto a la calidad de agua en el territorio nacional podemos

² NSR-10 Capítulo C23 Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto, Pg C420

³ NSR-10 Capítulo C23 Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto, Pg C420

encontrar las siguientes normas:

- AIS-180- Requisitos de diseño sismorresistente para algunas estructuras diferentes a edificaciones
- Resolución 3030 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS
- Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano
- Resolución 0844 del 8 de noviembre de 2018, por el cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales.

4.2.2. Normatividad Internacional.

En cuanto a la regulación de diseño y construcción de tanques se podrán tener en cuenta las siguientes normas técnicas internacionales (estas normas solo podrán usarse hasta que el instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC expidan la respectiva Norma NTC):

- ASTM C 1138-97 — Test Method for Abrasion Resistance of Concrete (Underwater Method)
- C-209 ASTM D 412-98ab1 — Standard Test Methods for Rubber Properties in Tension
- ASTM D 746-98 — Standard Test Method for Brittleness Temperature of Plastics and Elastomers by Impact
- ASTM D 1056-00 — Standard Specification for Flexible Cellular Materials— Sponge or Expanded Rubber
- ASTM D 1149-99 — Standard Test Method for Rubber Deterioration- Surface

Ozone Cracking in a Chamber

- ASTM D 1752-84 — Specification for Preformed Sponge Rubber and Cork Expansion Joint (Reapproved 1996) b1 Fillers for Concrete Paving and Structural Construction
- ASTM D 2000-03 — Classification System for Rubber Products in Automotive Applications
- ASTM D 2240-03 — Test Method for Rubber Property — Durometer Hardness
- ASTM E 96-00 — Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials
- AWW C 652-92 — Disinfection of Water Storage Facilities del American Water Works Association
- CRD C 572 — U.S. Army Corps of Engineers Specification for Polyvinyl Chloride Waterstops (1999)
- TT-S-227e(3) — Sealing Compound, Elastomeric Type, (1969) Multi-Component (for Calking, Sealing, and Glazing in Buildings and Other Structures), expedido por el Gobierno Federal de los Estados Unidos de América.
- TT-S-230c(2) — Sealing Compound, Elastomeric Type, (1970) Single Component (for Calking, Sealing, and Glazing in Buildings and Other Structures) , expedido por el Gobierno Federal de los Estados Unidos de América.
- ACI 350.3/350.3R-06 “Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures” del American Concrete Institute
- AASHTO T260-84 — Sampling and Testing for Total Chloride Ion in Concrete and Concrete Raw Materials de la American Association of State Highway and Transportation Officials
- AWWA D110 Wire- And Strand-Wound, Circular, Prestressed Concrete Water Tanks

- AWWA D115 Tendon-Prestressed Concrete Water Tanks

4.3.Marco Histórico

A través de la historia el agua ha permitido la vida y el desarrollo de las civilizaciones, por lo tanto, se han buscado sistemas que permitan su almacenamiento, distribución y tratamientos. Desde la antigüedad el ser humano se ha asentado cerca a lagos y ríos, esto permite el desarrollo de sociedades, cuando esto no era posible debido a la expansión territorial y demográfica, se buscan nuevas formas de obtención y distribución de este preciado líquido, como los son los pozos.

Hace aproximadamente 7000 años, en Jericó se construyeron los primeros pozos, allí empezó la utilización de tubos huecos de diferentes materiales para su distribución y transporte. Cerca del año 300 A.C en la ciudad de Pakistán se crearon sistemas de distribución hasta algunos lugares determinados como lo eran baños públicos. El desarrollo continuo en la antigua Grecia mediante la construcción de redes de distribución de agua potable. Luego los romanos desarrollaron sistemas para aprovechamiento de agua subterránea de esorrentía y de río, construyeron obras civiles de almacenamiento, fueron de las primeras civilizaciones en construir acueductos.

Luego de ampliar y desarrollar diferentes civilizaciones se empezó a pensar en la salubridad de sus pobladores, por ello empezaron diferentes métodos de purificación de agua, como hervir el agua, ponerla al sol, mediante el cobre o la plata, a través del carbón de leña o mediante la utilización de la piedra lumbre. En Colombia el transporte de agua se inició con las mujeres con cántaros de agua, tomada de lugares centrales conocidos como pila del mono, lugar donde era centro de suministro de agua y punto de encuentro, más adelante se empezó a incursionar en la instalación de tubería de hierro como método de transporte inicialmente en el centro de Bogotá.

A nivel Cundinamarca y resaltando los municipios de estudio Guataquí, Jerusalén y Nariño, la PTAP fue construida para mejorar la calidad de vida de cerca de 8000 personas en el año 1980, sin embargo, no se tiene documentos que soporten la normatividad y proceso constructivo que lo rige, lo que nos indica que no se construyó bajo ninguna regulación normativa que garantizara un adecuado diseño y construcción que permitieran su correcta operación.

No obstante, en esta estructura se planteó el siguiente proceso para mejorar calidad de agua del lugar de captación: bocatoma, desarenador, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección, tanque de almacenamiento, distribución. El proceso anteriormente mencionado ha mejorado a través del tiempo, ya que esta planta desde su fundación no ha tenido manual de funcionamiento por lo tanto se ha tratado de manera empírica conociendo los diferentes parámetros a través del tiempo.

Esta obra mejoro las condiciones de sanidad de la población de dichos municipios, así como aumento las horas de servicio de manera más eficiente y gradual, mejoro la calidad de vida de las personas ya que el rio magdalena desde donde se capta el agua, tiene grandes problemas ambientales, debido a su contaminación, causada por la minería, agricultura y uso de agentes químicos provenientes diferentes zonas aledañas.

5. Alcances y limitaciones

El presente documento relaciona el estudio patológico de uno de los tanques pertenecientes a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional del municipio de Guataquí, vereda el Bagal en Cundinamarca, el cual estará comprendido por el levantamiento de todas las patologías visuales presentes en el tanque de almacenamiento de agua, la elaboración de los ensayos de laboratorio no destructivos de carbonatación, esclerometría, ferroskan y prueba de cloruros en el agua, el planteamiento de dos alternativas presupuestales de acuerdo con las opciones de rehabilitación, las cuales por medio de su evaluación técnica y económica se dará su correspondiente viabilidad para la implementación de una sola propuesta, así mismo se realizara la respectiva ficha de mantenimiento para conservar las condiciones en las cuales se pretende rehabilitar al paciente.

Como limitaciones al desarrollo del presente proyecto se tiene la poca información existente respecto a los componentes estructurales del tanque y su proceso constructivo, por lo que la información recopilada obedece a lo que ha sido informado por los operadores de la PTAP y la no disponibilidad de realizar ensayos destructivos como núcleos de concreto con el objetivo de obtener información más acertada en cuanto a la resistencia del concreto empleado para su construcción.

6. Metodología

6.1.Descripción de la selección del paciente

El paciente es un tanque perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Guataquí, ubicado en la vereda El Bagal, desde la cual se distribuye agua por bombeo hacia los tanques de las veredas Macanda y Cabrero, para finalmente, por gravedad suministrar el agua a los municipios de Nariño, Jerusalén y Guataquí.

Esta estructura presenta varios síntomas fácilmente identificables mediante una inspección visual (ver Anexo 1), teniendo en cuenta que, de la línea de tres tanques, el paciente del presente estudio es el más antiguo.

Es importante resaltar que estos tanques en el momento se encuentran en funcionamiento, de ocho de la mañana a doce del mediodía dependiendo de la suciedad y tratamiento del agua que trata.

6.2.Preparación y Planteamiento del Estudio

a. Inspección preliminar del paciente.

Con el fin de identificar las principales lesiones y sus posibles causas se determinan las siguientes actividades a ejecutar:

- Inspección visual: identificar a simple vista las fallas que presenta el elemento como grietas, fisuras, material vegetal, oscurecimiento, entre otras.
- Ensayos de campo no destructivos: ensayos que se realizarán en campo que no afectarán la integridad de la estructura o elemento:
 - ✓ Carbonatación: se realizará con el fin de conocer si el CO₂ o el carbonato de calcio presente en el ambiente ha afectado la integridad del concreto, ya que, si la estructura se encuentra afectada, se puede presentar un proceso de oxidación ocasionando corrosión en el acero de refuerzo. En dado caso de llegarse a presentar un proceso de oxidación en el acero de refuerzo, el ensayo de

esclerometría no se realizaría ya que este proceso también genera endurecimiento superficial en el concreto y el dato arrojado sería erróneo. El ensayo debe realizarse en la superficie del concreto, la cual debe estar limpia y seca, se debe escarificar una zona y se utiliza el químico revelador al 1% de fenolftaleína en alcohol etílico, si el color se torna rosáceo el concreto no presenta carbonatación, en caso contrario, el concreto presenta una afectación por carbonatación.

Para calcular las variables requeridas se utiliza:

$$X_{CO_2} = K_{CO_2} \times \sqrt{t}$$

Donde $\rightarrow$

X_{CO_2} : *Espesor de carbonatación*

K_{CO_2} : *Constante de carbonatación*

t : *edad de la edificación*

- ✓ Esclerometría: se realizará con el fin de conocer la resistencia del concreto actual de la estructura y así corroborar la información suministrada por el director de la planta, por el tipo de paciente, no es permitido realizar la extracción de núcleos.

El ensayo consiste en determinar la resistencia superficial del concreto mediante un martillo de rebote, la superficie del concreto debe estar limpia y seca, el procedimiento se debe realizar evitando tocar las zonas en donde se encuentra la marca del acero de refuerzo, tomando mínimo dieciséis datos y descartando los dos o más alejados a la media, se realiza el promedio de los mismos, en la gráfica específica para cada aparato se toma la resistencia superficial del concreto, y mediante la siguiente formula realizar la conversión para las unidades de libra por pulgada cuadrada:

$$Rest_{conc} (psi) = \frac{valor\ de\ tabla \times 1N}{1\ in^2}$$

Donde $\rightarrow$

$$1N = 0,2248\ lb$$

$$1\ in^2 = 0,00155\ mm^2$$

- ✓ Ferroskan: se realizará con el fin de determinar el desarrollo del acero de refuerzo a lo largo de los elementos que compone la estructura, y así conocer si el mismo es el adecuado según la norma que lo rigió en su momento y la actual.

Consiste en determinar en un cien por ciento las distribución y diámetro del acero de refuerzo del elemento de estudio, el proceso del ensayo consiste en usar el aparato Ferroskan deslizando el mismo sobre la superficie, e identificando el acero de refuerzo mediante pitidos o mostrado en la pantalla, es importante marcar el mismo sobre la superficie para evitar realizar el ensayo de esclerometría sobre el acero y generando datos erróneos.

- ✓ Prueba de cloruros en el agua: se realizará con el fin de determinar si el agua tratada contiene sales que puedan estar afectando la integridad del concreto por ataque de cloruros.

Existen tres métodos para determinar la presencia de cloruros en el agua, para el caso específico del agua que contiene el tanque que es potable, el ensayo más recomendado es el método volumétrico que está diseñado para ser aplicado en aguas de poco color y turbidez.

- Ensayos de campo destructivos: por la importancia que tiene la estructura frente a la comunidad, la entidad pública prohíbe dichos ensayos.

b. Recopilación de información necesaria para el estudio.

La recopilación de la información en campo se realizará mediante cinco visitas a la zona,

con el fin de identificar mediante un estudio más detallado las lesiones que posiblemente está presentando el paciente objeto del presente estudio. Se realiza registro fotográfico detallado de las lesiones presentadas (ver Anexo 1), así como una fotografía aérea para identificar los demás componentes y su importancia en la comunidad al ser una planta de tratamiento de agua potable en funcionamiento y que la misma alimenta a tres municipios como Guataquí, Jerusalén y Nariño en Cundinamarca.

c. Permisos y autorizaciones para abordar el estudio del paciente.

Por parte de los entes encargados de la operación de la planta de tratamiento de agua potable (alcaldía de Guataquí y director de la planta), los permisos de ingreso no tienen restricción y se han otorgado de manera verbal, de tal forma que el estudio patológico se ejecute correctamente.

d. Definición del equipo de trabajo que realizará la exploración.

El equipo de trabajo está compuesto por:

- Silvia López: toma de fotografías y exploración del entorno.
- Laura Pineda: toma detallada de lesiones, exploración de las condiciones meteorológicas y estructuras colindantes.
- Jhon Vargas: auscultación de la información básica de la operación de la planta con sus tanques respectivamente, así como las normas que rigen ese tipo de estructura.
- Mario Cadena: auscultación de la información técnica del tanque, así como su historia.
- Mario Cadena: toma de ensayos con esclerómetro y carbonatación.
- Establecimiento certificado encargado de realizar las pruebas de laboratorios (pendiente por determinar): toma de ensayos con ferrosan.
- Establecimiento certificado encargado de realizar las pruebas de laboratorios (pendiente por determinar): prueba de cloruros en el agua.

6.3.Historia clínica

6.3.1. Responsables del estudio.

Los responsables del estudio y ejecución del mismo son:

- Silvia López
- Laura Pineda
- Mario Cadena
- Jhon Vargas

6.3.2. Fecha de realización del estudio.

El estudio inicia su ejecución el día 15 de abril de 2021, realizando visitas parciales a obra el 21 de abril, 9 de mayo, 8 de agosto y 04 de diciembre de 2021 con el fin de dar terminación a la toma de ensayos de campo no destructivos.

6.3.3. Datos generales del paciente.

a. Nombre

Tanque numero dos (2) de almacenamiento de agua, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable, propiedad del acueducto regional de Cundinamarca, operado por Empresas Públicas de Cundinamarca (EPC) y ubicado en el municipio de Guataquí, vereda El Bagal.

b. Localización

El paciente se encuentra localizado en la vereda el Bagal del municipio de Guataquí al suroccidente del departamento de Cundinamarca (Ilustración 1), este municipio hace parte de la provincia del alto Magdalena con una extensión aproximada de 78 km² que equivale al 0,322% del área total del departamento, a una distancia de 176 Km de la capital del país. El municipio limita por el norte con el municipio de Jerusalén; por el sur con el municipio de Girardot; por el occidente con el río Magdalena; y por el oriente con el municipio de Agua de Dios.



Figura 1. (2021). Foto tomada de Google Earth, ubicación vereda el Bagal.

c. Fecha de construcción (sistema constructivo, técnica constructiva).

El tanque de estudio corresponde al más antiguo de la planta de tratamiento de agua potable perteneciente al acueducto municipal de Guataquí en Cundinamarca, fue construido en el año de 1998, mediante un sistema constructivo tradicional, con muros y placas en concreto reforzado, (según se evidencia en el paciente).

d. Uso actual y previsto del sector

El acueducto regional de Cundinamarca, conformado por varios tanques dispuesto en veredas como El Bagal, quiere optimizar el acueducto existente, con el fin de garantizar el suministro y mejorar la continuidad en el servicio del agua a más de dos mil habitantes de la zona.

En este momento el tanque de estudio se encuentra en uso, este se encarga de almacenar el agua después del proceso de filtración, y de allí, por medio de motobombas, el agua es bombeada hasta los tanques que se encuentran en la vereda Macanda y Cabrero, para posteriormente por gravedad, el agua es suministrada a los municipios de Guataquí, Jerusalén

y Nariño.

e. Importancia del paciente

El paciente en estudio, es una estructura que contiene agua potable, la cual es suministrada a más de dos mil habitantes locales; su importancia es alta, ya que, sin el funcionamiento del mismo, el suministro de agua potable no sería adecuado ni constante.

f. Sistema estructural y constructivo

El paciente es un tanque de almacenamiento de agua de 3.25 metros de largo por 3.90 metros de ancho y 1.70 metros de alto, con una cimentación superficial bajo el nivel del suelo de 0.80 metros, su sistema estructural está conformado por una losa de concreto reforzado sobre terreno con un espesor aproximado de 0.30 metros, muros en concreto reforzado de 0.20 metros de espesor y una placa superior o tapa del tanque en concreto reforzado de 0.15 metros de espesor, la cimentación es desconocida, pero según estudio de suelos se deduce que consiste en una cimentación ciclópea de aproximadamente 0.30 metros de profundidad.

Por la calidad en el acabado del concreto se deduce que se usó formaleta en madera para el vaciado del concreto y posiblemente haya sido concreto mezclado en sitio, partiendo que es una estructura que lleva más de veinte años de construida, teniendo en cuenta que la información es suministrada por el director y operarios de la planta, ya que no se cuenta con información física y formal de su construcción.

g. Normativa actual que lo rige

En la actualidad el diseño y construcción de tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto se encuentran reguladas por Norma para construcciones Sismo Resistentes NSR-10, título C capítulo 23, el documento técnico AIS-180-13 capítulo 7 mediante el cual se dan recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes a edificaciones y la Resolución 3030 de 2017 mediante la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

En la NSR-10 se dan los requisitos mínimos que deben de cumplir este tipo de estructuras para controlar el agrietamiento y fisuración de los mismos evitando la filtración de líquidos desde el interior hacia el exterior y garantizar que sean lo suficientemente impermeables para impedir la contaminación del agua o que estos contaminen la estructura cumpliendo así los requisitos de sanidad.

En el documento técnico AIS-180-13 en el capítulo 7 se dan las condiciones bajo las cuales deben ser diseñados los tanques de almacenamiento de agua construidos en concreto reforzado mediante modelos dinámicos, distribución de presiones, distribución de fuerzas hidrodinámicas, resistencia al deslizamiento y adicionalmente se dan recomendaciones para la realización de reparaciones, modificaciones y reconstrucciones.

En la Resolución 0330 del 2017 se reglamenta los requisitos técnicos que se deben de cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

6.3.4. Descripción de la edificación.

a. Tipo de cimentación

La cimentación del tanque en estudio es superficial, compuesto por una placa maciza con una parrilla superior e inferior de $\frac{1}{2}$ " a 1", según datos suministrados por el personal que opera la planta, con una altura de 0.80 metros.

b. Altura

El tanque tiene una altura libre exterior de 1.70 metros incluyendo el espesor de la tapa y una altura bajo nivel de terreno de 0.80 metros.

c. Área y volumen

El tanque presenta las siguientes medidas:

$$Largo = 3,25m$$

$$\text{Ancho} = 3,90m$$

$$\text{Altura} = 1,70m$$

$$\text{Área } xy = 12,675m^2$$

$$V = 21,55m^3$$

d. Estado general de la construcción

El tanque en este momento presenta un deterioro notable en su parte externa debido a su bajo mantenimiento, según se evidencia en campo e información suministrada por los operarios de la planta, no se encuentra un documento formal o físico que corrobore la información; como se nombraba anteriormente, presenta suciedad, filtraciones, material vegetal, entre otras (ver Anexo 1).

e. Información existente

La información existente que se tiene respecto al paciente es su año de construcción, la posible resistencia del concreto y refuerzo usado en su momento, información suministrada por el personal que opera la planta y el estudio de suelos; como se comentaba anteriormente, no se cuenta con información documental física y formal de su construcción.

f. Fidelidad de los planos

En este momento no se tiene planos de construcción del tanque, por lo cual, la información del mismo en cuánto a detalles fue levantada directamente en terreno.

g. Constatación del estado del paciente

Para constatar el estado del paciente, el estudio patológico debe estar ejecutado en un cien por ciento con los ensayos anteriormente nombrados, así como el alcance del mismo, igualmente se realizará un comentario del estado basado en la inspección visual, se puede deducir que el paciente se encuentra en un estado regular por las patologías más relevantes que presenta, como:

- Pérdida de recubrimiento.

- Crecimiento de material vegetal.
- Filtración de agua.
- Falta de indicadores de nivel para evitar rebose del agua.

6.3.5. *Aplicación patológica.*

El paciente se encuentra caracterizado bajo una aplicación patológica de carácter Geriátrico, al contar con más de veinte años de construido, y estar bajo una norma que ya no es aplicable para construcciones sismorresistentes.

6.3.6. *Datos específicos de las lesiones*

El paciente es un tanque perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable, ubicado en el municipio de Guataquí, vereda El Bagal.

Esta estructura presenta varios síntomas que se evidencian a simple vista, teniendo en cuenta que, de la línea de tres tanques, éste es el más antiguo, cabe resaltar que estos tanques en el momento se encuentran en funcionamiento.

El tanque de almacenamiento de agua tiene 3.90 metros de largo por 3.25 metros de ancho y 1.65 metros de alto (sin tener en cuenta la cimentación), con una cimentación superficial enterrada de 0.80 metros, su sistema estructural está conformado por una losa de concreto reforzado sobre terreno con un espesor aproximado de 0.20 metros, muros en concreto reforzado de espesor y una placa superior o tapa del tanque en concreto reforzado de 0.15 metros de espesor, la cimentación es desconocida, pero según estudio de suelos se deduce que consiste en una cimentación ciclópea de aproximadamente 0.80 metros de profundidad.

Por la calidad en el acabado del concreto se deduce que se usó formaleta en madera para el vaciado del concreto y posiblemente haya sido concreto mezclado en sitio, partiendo que es una estructura que lleva más de veinte años de construida.

a. *Afecciones*

Al realizar la inspección del paciente a simple vista se identifican varios síntomas, como

presencia de material vegetal, suciedad, filtración y pérdida de recubrimiento, el tanque de estudio se encuentra en uso actualmente, con lo cual la inspección y ensayos se realizarán externamente (ver Anexo Fichas patológicas).

b. Localización y levantamiento de daños

El tanque en este momento presenta un deterioro notable en su parte externa debido a su bajo mantenimiento; como se nombraba anteriormente, presenta suciedad, filtraciones, material vegetal, carbonatación, juntas frías, pérdida de recubrimiento del concreto.

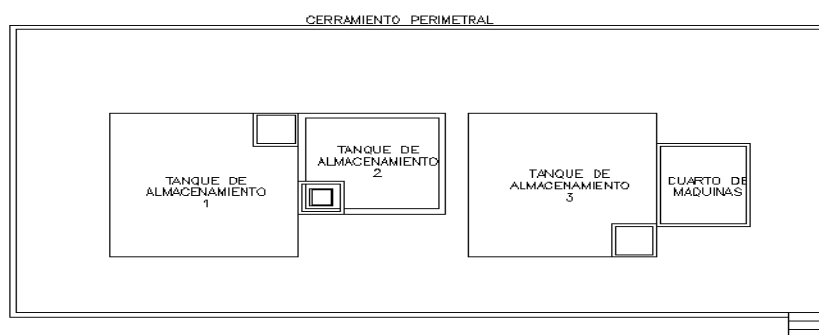


Figura 2. localización de tanques en planta (2021).

El tanque que se evaluará será el tanque dos ya que fue el primero en ser construido y presenta más deterioro que el tanque uno y el tanque tres.

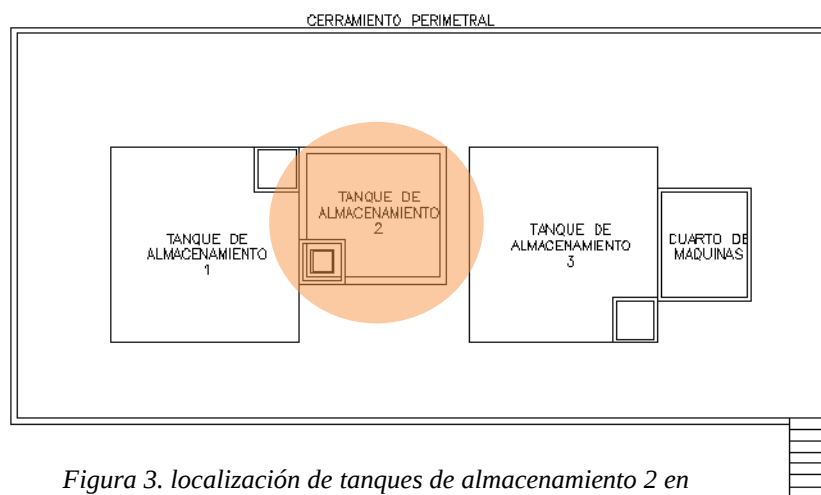


Figura 3. localización de tanques de almacenamiento 2 en planta (2021).

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

Se realizó la evaluación del elemento visualmente identificando las patologías más relevantes.

- Física: Por agentes atmosféricos, que son generados por la lluvia, el viento y la contaminación ambiental.
- Mecánicas: Son generadas por la capacidad de los elementos, fisuras, grietas, desprendimiento y desgaste por viento.

El concreto utilizado es reforzado con acero superior e inferior de ½” a 1”, de 3000 psi según la información recolectada en terreno ya que no se cuenta con planos ni especificaciones técnicas de la construcción del terreno.

6.3.7. Descripción de la patología más relevante en el paciente

En cuanto al estado actual del paciente, es regular, de acuerdo a las patologías nombradas anteriormente, una de las más graves, es la filtración de agua, generando pérdida del líquido vital ya filtrado y listo para ser distribuido a la población.

- Junta fría: Es una lesión de primer grado, moderado, de tipo mecánico por grietas y dilatación de la estructura, entre dos concretos de diferentes edades.
- Pérdida del recubrimiento superficial del concreto: Es una lesión de 1° grado, severo, de tipo mecánico por erosión por el viento y lluvias en la estructura de concreto.
- Ensuciamiento: Es una lesión de 1° grado, moderado, de tipo físico, por humedad y suciedad de los elementos.
- Crecimiento de material vegetal y musgo: Es una lesión de 2° grado, severo, de tipo químico, por erosión y humedad.
- Filtraciones: Es una lesión de 1° grado, severo de tipo mecánico, fisuras y grietas, afectando los elementos estructurales con los no estructurales.

6.3.8. Clasificación y origen de las patologías:

Según la descripción de las patologías, estas las podemos clasificar de la siguiente forma:

- Junta fría: Su causa es indirecta por factor físico, por la mala ejecución de la obra, esto se genera cuando no se construye monolíticamente, o cuando se funde la estructura y no se deja la dilatación con la estructura nueva.
- Perdida del recubrimiento superficial del concreto: Su causa directa por factor físico por factores atmosféricos físicos por el clima y el ambiente, como lo es la lluvia, el viento y la contaminación ambiental.
- Ensuciamiento: Su causa es directa por factor físico, la lluvia es el factor principal, el viento y la contaminación son factores climáticos y ambientales.
- Crecimiento de material vegetal y musgo: Su causa es indirecta por factor biológico, por organismos y erosiones químicas y humedades que ocasionan eflorescencias y posteriormente el crecimiento del musgo.
- Filtraciones: Su causa es indirecta por factor mecánico por la mala ejecución de la obra, falta de especificaciones técnicas, materiales de construcción defectuosos y falta de mantenimiento.
- Corrosión del acero: Su causa es directa por factor Físico químico por las bajas especificaciones del concreto en cuanto a requerimientos de durabilidad.

Dentro del proceso de inspección visual de la estructura se realiza la construcción de las respectivas fichas patológicas (Ver anexo 02: fichas patológicas de Diagnostico).

6.3.9. Datos generales del entorno

a. Edificaciones u obras vecinas

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Guataquí, colinda así:

- Hacia el norte: falda de la montaña.
- Hacia el sur: casa privada y vía principal Guataquí – Nariño.

- Hacia el oriente: casa privada.
- Hacia el occidente: terreno vacío y vía carretable.

b. Temperatura

La temperatura promedio con la que cuenta la zona es de 28°C, variando hacia arriba o hacia abajo 4°C la mayor parte del tiempo, según información del Ideam (ver figura 4).

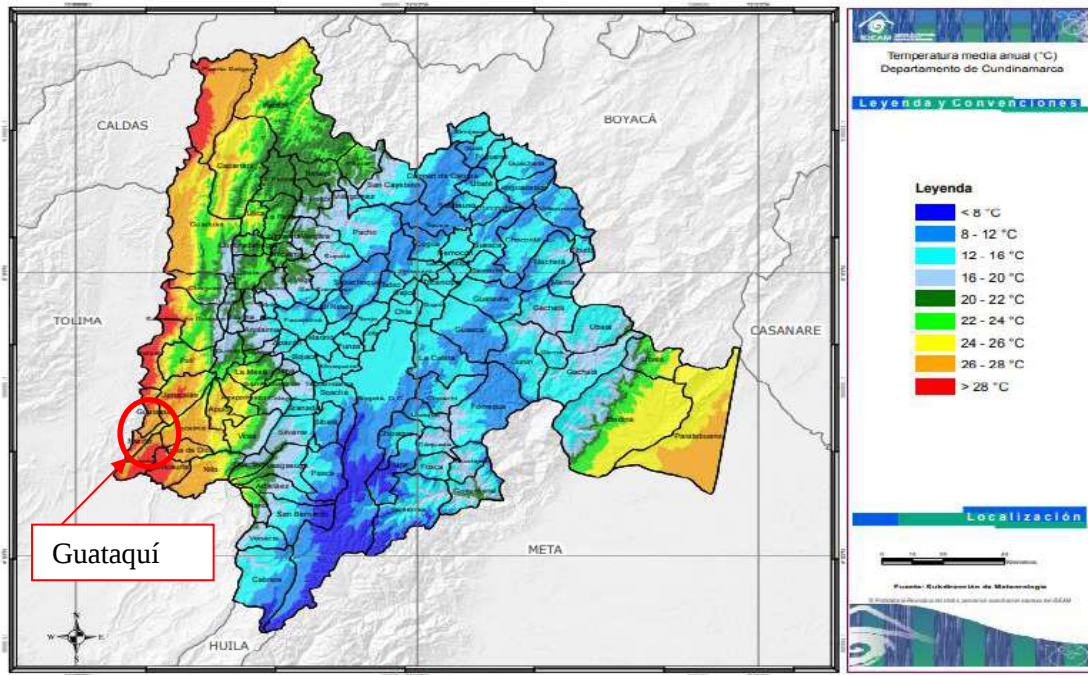


Figura 4. Temperatura medio anual, departamento de Cundinamarca (2021).

c. Precipitaciones

Las precipitaciones en la zona se dan en promedio de 1000 a 1500 milímetros al año, según información del Ideam en la figura 5.

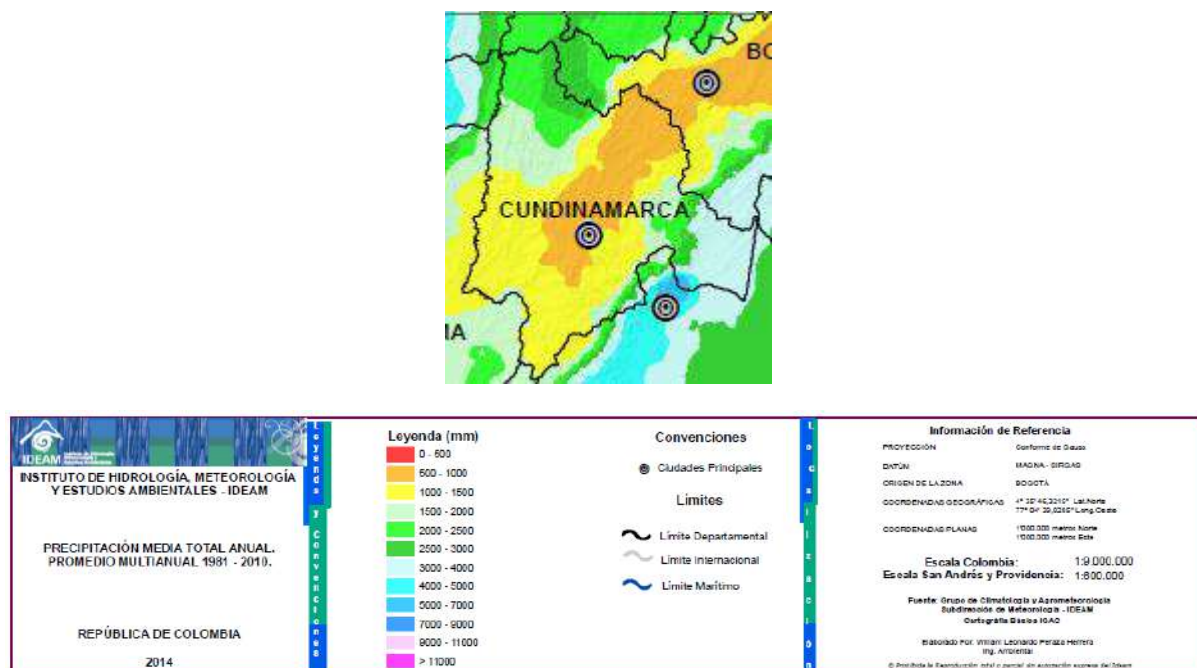


Figura 5. Precipitaciones media anual total, departamento de Cundinamarca (2021).

d. Nivel freático y escorrentías

De acuerdo al estudio de suelos que se tiene como información existente, no se identificó en la zona nivel de agua a ninguna profundidad con respecto al nivel actual del terreno, la recomendación que realiza el especialista en geotecnia es que si se llegase a presentar nivel freático se debe informar de inmediato, adicional de manejar correctamente la escorrentía para evitar inestabilidad en la zona de la planta de tratamiento de agua potable.

e. Humedad del ambiente

La humedad relativa en la zona se da en promedio del setenta al setenta y cinco por ciento anual, según información del Ideam en la figura 6.

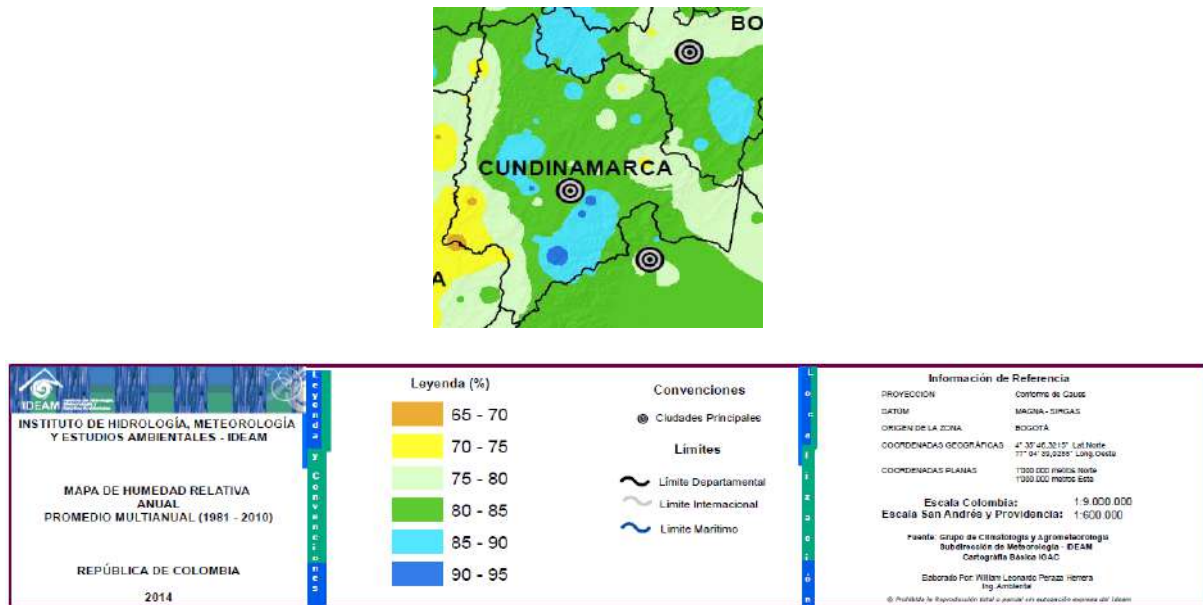


Figura 6. Humedad relativa anual, departamento de Cundinamarca (2021).

6.3.10. Suelos y cimentaciones

a. Geología general del paciente

Al tener en cuenta los datos suministrados en sondeos realizados en el estudio de suelos y la correspondiente visita a campo, se encontró: el terreno de nuestro proyecto está ubicado sobre la formación La Tabla: conformada por niveles de areniscas intercaladas en la parte media por un nivel delgado de lutitas y areniscas, esta formación cuenta con un ambiente marino próximo a la costa influenciada por mareas. Según las eras de la tierra se puede deducir que esta zona estuvo expuesta a fenómenos orogénicos, que provocó plegación, fracturadas y erosiones. En la orogenia andina se presentaron inversiones, cambios de buzamientos y cabalgamientos, glaciaciones que formaron cordilleras y deglaciaciones.

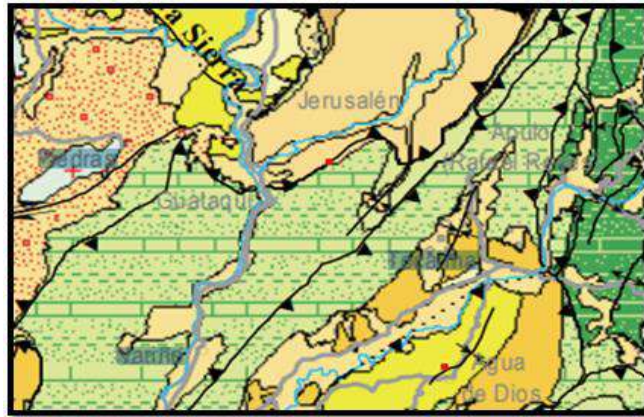


Figura 7. Humedad relativa anual, departamento de Cundinamarca (2021).

Según la imagen anterior, se puede observar algunas formaciones en la zona, las cuales se describen a continuación.

- **Depósitos Cuaternarios:**

Estos depósitos fueron formados por fenómenos gravitatorios o de remoción en masa, son aluviones constituido por sedimentos glaciares que corresponden a acumulaciones de aspecto desorganizado de arcillas y arenas con clastos y bloques de dimensiones variables generalmente en una matriz areno arcillosa y algunos depósitos de derrubio de pendiente.

- **Grupo Honda:**

Grupo de formaciones conformadas por conglomerado de areniscas, y lutitas. El Grupo Honda está conformado por capas de areniscas, arcillolitas, arenita típica, gris verdosa y conglomerados interestratificados e interdigitados, lenticulares, tabulares y con estratificación cruzada, en general este grupo presenta una morfología plana a suavemente ondulada. Consta de 2 niveles: el inferior de capas gruesas de arenitas conglomeráticas, verdes amarillas, feldespáticas y líticas, con cantos de andesita y rocas metamórficos con mucha mica, intercaladas ocurren capas delgadas a medias de lodolitas rojas a abigarradas, las cuales forman pequeños valles. El nivel superior se encuentra representado por una sucesión

alternante, más marcada, de arenitas cuarzo feldespático, de grano medio a conglomeráticas, verde, amarillo, micáceo, algo calcáreo, con cantos de andesitas, en capas gruesas.

· **Formación La Cira:**

Cira se conforma de todos los sedimentos que se encuentran en el conglomerado de la formación guandalay y la formación honda. Es un conjunto de sedimentos y la describieron como un "complejo de arcillas azulosas alternadas con areniscas, que contienen varios horizontes de gasterópodos y lamelibranquios en capas de margas o calizas impuras". Van der Hammen (1958) y la formación honda la circundante el límite superior y de contacto estrecho la cual está constituida por areniscas conglomeráticas, conglomerados y arcillolitas.

· **Formación San Juan de Río Seco:**

Está compuesta por conglomerados polimicticos con algunas intercalaciones de areniscas y arcillolitas de espesores variables la delimita entre las formaciones Hoyón Santa Teresa. Porta (1966) "Se caracteriza por arcillolitas, color pardo moderado, en capas muy gruesas, con intercalaciones de cuarzoarenitas a sublitoarenitas de color pardo moderado de, grano fino a medio, en capas delgadas". De Porta (1966)

· **Formación Hoyón:**

La unidad fue subdividida en los miembros Cambao, Nivel de Lutitas, Aguas Claras y Capira Porta (1966). Compuesta por conglomerados que contienen cantos de rocas metamórficas y en menor proporción sedimentarias. La unidad en el área de excursión aflora muy bien en ambos flancos del Sinclinal de Guaduas y se pueden observar sus diferentes conjuntos, "en la parte media se encuentran arcillolitas de tono rojizo las cuales se encuentran intercaladas con arenitas de cuarzo y hacia el techo de la formación encontramos arenitas de cuarzo feldespáticas de grano medio a conglomeráticas", Raasveldt y Carvajal (1997).

· **Formación Seca:**

La unidad se halla limitada en su base por la Formación Cimarrona y en su techo por la formación Hoyón. Están compuestas por una alternancia de estratos de cuarzoarenitas con capas de lodolitas generalmente rojas, constituidas por arcillolitas donde predominan los colores rojizos y grises intercaladas en menor proporción con estratos decimétricos de areniscas Estratos Métricos de Arcillolitas de Color Gris, se encuentra afectada por la Falla del Alto del Trigo esta unidad consta de lodolitas pardo-grisáceas, con intercalaciones de arenitas y limolitas; es posible dividir esta secuencia en cuatro segmentos. De Porta (1974).

· **Formación Tabla**

Consiste en un conjunto detrítico que limita al nivel de Lutitas y Arenas. Las areniscas de la Formación La Tabla son arenitas líticas, con abundantes fragmentos de rocas de naturaleza metamórfica y volcánica, fosilíferas, incluyendo bivalvos y foraminíferos. La mayoría de areniscas son calcita cementada y son libres de matriz lodosa. (Pérez & Salazar, 1971). En la parte baja se encuentran areniscas, intercaladas con lutitas grises, con capas superiores de lutitas con intercalaciones de arenitas, en la parte superior se presenta matriz silíceas con conglomerados de granos de cuarzo y chert.

· **Nivel de Lutitas y Arenas:**

Conformadas por lodolitas y arenitas calcáreas que se presentan sobre el Grupo Olini. Cáceres & Etayo (1969a) “Esta unidad aflora en toda la zona de trabajo, y forma valles de pendientes suaves y amplias. La parte inferior consta de lodolitas y limolitas calcáreas en capas delgadas además de algunas intercalaciones de arenisca de cuarzo, la parte media consta de arenitas de grano fino a medio de cuarzo con cemento calcáreo en capas delgadas a medias y la parte superior consta de limolitas y lodolitas fisibles calcáreas color crema.” De

Porta (1965).

· **Grupo Olini:**

Compuesta por chets blancos intercalados con shales negros. compuesta Lidita Inferior y Lidita Superior, separados por el Nivel de Lutitas, la formación olini se encuentra ubicada entre la Formación Loma Gorda, en la parte inferior y el Nivel de Lutitas y Arenas, en la parte superior. Según Porta (1965,1966)

b. Estudio de suelos

Los sondeos realizados se hicieron acorde a la norma NSR-10, se clasifico la estructura de nivel bajo, ya que tiene menos de 3 niveles con una carga menor a 800KN, como mínimo se deben realizar 3 sondeos dentro de la zona del proyecto, con los cuales se obtuvo la siguiente información:

Tabla 1

Perfil estratigráfico PTAR sondeo 1.

PERFIL ESTATIGRAFICO PTAP (SONDEO 1)	
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
0.0m a 0.70m	Material limoso con gravas y arenas color café
0.50m a 1.10m	Arena arcillosa de grano medio, grueso con gravas color café de baja compresibilidad, humedad media,
1.10m a 3.0m	Arena Arcillosa con gravas no consolidadas y densas

NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, y Jerusalén en Cundinamarca.*

Tabla 2

Perfil estratigráfico PTAR sondeo 2.

PERFIL ESTATIGRAFICO PTAP (SONDEO 2)	
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
0.0m a 0.50m	Material limoso color café
0.70m a 1.10m	Arcilla grasa color café de alta compresibilidad, humedad media, consistencia dura y baja plasticidad
1.10m a 3.0m	Arcilla no consolidada y densa

NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, iraní y Jerusalén en Cundinamarca.*

Tabla 3

Perfil estratigráfico PTAR sondeo 3.

PERFIL ESTATIGRAFICO PTAP (SONDEO 3)	
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
0.0m a 0.75m	Material limoso con gravas y arenas color café
0.75m a 0.90m	Arena Arcillosa de grano grueso-medio con gravas color café, humedades medias, sin plasticidad
0.90m a 3.00m	Arena Arcillosa con gravas no consolidadas y densas

NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, iraní y Jerusalén en Cundinamarca.*

Conforme a los sondeos realizados, se puede determinar que el tipo de suelo a nivel de

cimentación (1.00m de profundidad) corresponde a arcillas de color café de baja compresibilidad, cuyas propiedades mecánicas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4

Propiedades mecánicas del suelo.

Parámetro	Arcilla magra color café de baja compresibilidad
Peso unitario – Laboratorio	1.72 T/m ³
Cu media SPT	25 kPa
C' = 0.1 * Cu -SPT	2.5 kPa
Angulo de Fricción	22.0°
Módulo de elasticidad	6.2 MPa
Relación de Poisson	0.35

Propiedades Mecánicas suelo de Fundación NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre).

c. Tipo de cimentación realizada

Según los resultados obtenidos en el estudio de suelos, se recomienda una cimentación de la estructura con una profundidad de excavación de uno a cinco metros, realizando un mejoramiento en concreto ciclópeo de 0,30 metros, con esto se logrará una superficie más estable de apoyo. La losa de cimentación la establecerá un ingeniero estructural.

Se puede concluir con lo siguiente:

- El suelo en el cual se encuentra el tanque objeto de estudio se encuentra sobre un suelo con buena consistencia y estabilidad en su mayoría se encuentra material tipo arena, grava y arcilla gravosa, por lo tanto, por recomendación del geotecnista se

realizan sondeos a solo 3 metros, ya que a esta profundidad ya se cumple con las cargas portantes necesarias para la estructura del tanque.

- El paciente objeto de estudio no presenta fallas estructurales debido a sus cimientos y la estabilidad del suelo de fundación, por lo tanto, los estudios geotécnicos han sido acertados en sus recomendaciones, sin embargo, por falta de mantenimientos y deterioro del tiempo los cimientos del paciente requieren tratamiento.
- El suelo tiene una capacidad de licuación medio alto, esto tiene una repercusión en la vulnerabilidad sísmica de la estructura, sin embargo, si se sigue las recomendaciones estructurales dadas en el estudio de suelos, se suple dicha característica del suelo.

6.4.Diagnóstico

De acuerdo a la visita de obra, y la información recolectada (ensayos de laboratorio) en uno de los tanques perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Guataquí, se encontraron las siguientes lesiones:

Por el tipo de estructura, y la lesión que presenta, se evidencia una junta fría entre las paredes y la tapa del tanque, lo que ocasiona filtraciones de agua y probable corrosión del acero de refuerzo.

Perdida de recubrimiento superficial del concreto, causado por agentes atmosféricos como la lluvia, viento y contaminación ambiental, adicionalmente por la falta de mantenimiento de la estructura.

Crecimiento de material vegetal en las paredes exteriores del tanque, ocasionados por factores climáticos y ambientales, como la humedad que ocasiona la eflorescencia y crecimiento de musgo, también por la falta de mantenimiento de la estructura y aplicación de pinturas anti hongos para exteriores.

De acuerdo al resultado del ensayo de esclerometría realizado, y comparando dicha información con la norma vigente NSR – 10, la estructura del presente estudio no cumple con

los requisitos mínimos exigidos.

6.4.1. Ensayos de campo no destructivos

ensayos que se realizarán en campo no destructivos que no afectarán la integridad de la estructura o elemento:

Carbonatación: se realizará con el fin de conocer si el CO₂ o el carbonato de calcio presente en el ambiente ha afectado la integridad del concreto, ya que, si la estructura se encuentra afectada, se puede tener el proceso de oxidación y generar corrosión en el acero de refuerzo, igualmente, al presentarse, el ensayo de esclerometría no se realizaría ya que este proceso también genera endurecimiento superficial y el dato arrojado sería erróneo.

El ensayo de carbonatación se realiza en la superficie del concreto, debe estar limpia y seca, se escarifica una parte y se utiliza el químico revelador al 1% de fenolftaleína en alcohol etílico, si el color se torna rosáceo el concreto no presenta carbonatación, para el caso contrario, el concreto presenta carbonatación. Para calcular las variables requeridas se utiliza:

$$X_{CO_2} = K_{CO_2} \times \sqrt{t}$$

Donde $\rightarrow$

X_{CO_2} : *Espesor de carbonatación*

K_{CO_2} : *Constante de carbonatación*

t : *edad de la edificación*

Análisis de resultados: Ensayo de Carbonatación.

Para la evaluar las características del concreto en la estructura de estudio, los ensayos realizados nos van a determinar si esta es adecuada para el uso que se ha diseñado o para

analizar si la estructura, después de cierta vida útil, ha sufrido defectos o daños que puedan alterar sus condiciones internas y externas del elemento y, por ende, su comportamiento ante el uso previsto.

Junto a la inspección visual, se realizó el ensayo de fenolftaleína el cual determina de manera fácil la presencia y espesor de carbonatación en el concreto, se realiza la limpieza del polvo residual del espécimen, se coloca fenolftaleína sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor a 9 tomarán un color rosado brillante. Este cambio apreciable de color muestra cuál es la profundidad de carbonatación dentro de la masa de concreto.

El proceso de carbonatación se ve afectado por variables naturales como el contenido de humedad y de la permeabilidad del concreto. Para que se presente carbonatación, se debe tener una humedad relativa entre el cincuenta y sesenta por ciento; por otra parte, si la humedad es baja esto significa que no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio.

Según los resultados del ensayo, se tiene una profundidad de carbonatación en el concreto de 5 milímetros.

Tabla 5

Medidas del paciente

Descripción		
Tipo	Und	Cant
Altura	1,65	m
Ancho	3,9	m
Largo	3,25	m
Espesor muro	0,25	m
Recubrimiento	0,05	m

Descripción tipo, unidad y cantidad de paciente.



Figura 8. Toma de ensayo en campo, calor carbonatación. (2021).

Para realizar el cálculo del espesor de carbonatación, se tiene:

$$K_{CO_2} = \frac{X_{CO_2}}{\sqrt{t}} \rightarrow K_{CO_2} = \frac{5mm}{\sqrt{23}} = 1,042 \text{ mm/año}$$

De acuerdo a los datos obtenidos, se puede observar que se presenta un espesor de carbonatación promedio por año de 1 milímetro, con lo cual se debe prestar especial cuidado al paciente, realizando una intervención para prevenir el aumento del mismo. A pesar de que el paciente del presente estudio tiene 23 años de construido, sólo presenta 5 milímetros de espesor de carbonatación, con lo cual el avance es lento, pero no se debe menospreciar.

Esclerometría: se realizará con el fin de conocer la resistencia del concreto actual de la estructura y así corroborar la información suministrada por el director de la planta, por el tipo de paciente, no es permitido realizar la extracción de núcleos.

El ensayo consiste en determinar la resistencia superficial del concreto mediante un martillo de rebote, el proceso consiste en que la superficie del concreto debe estar limpia y seca, se debe realizar el mismo evitando tocar las zonas en donde se encuentra la marca del acero de refuerzo, tomando mínimo dieciséis datos y descartando los dos o más alejados a la

media, realizar el promedio de los mismos y en la gráfica específica para cada aparato, tomar la resistencia superficial del concreto, y realizando la siguiente conversión para las unidades de libra por pulgada cuadrada:

$$Rest_{conc} (psi) = \frac{\text{valor de tabla} \times 1N}{1 in^2}$$

Donde $\rightarrow$

$$1N = 0,2248 lb$$

$$1 in^2 = 0,00155 mm^2$$

Análisis de resultados: Ensayo de Esclerometría.

El ensayo esclerométrico o índice de rebote mediante esclerómetro es una prueba no destructiva que determina la resistencia superficial del hormigón.

Siendo su valor “R” (índice de rebote) una unidad adimensional que relaciona la dureza superficial del hormigón con su resistencia de modo experimental.

Como se trata de un instrumento manual, se realizó una carga al émbolo para enviarlo con una energía de impacto fija. Para ello se presiona el mismo sobre la superficie del hormigón, una vez el émbolo llega a un determinado punto un resorte lo libera y golpea el hormigón, posteriormente el émbolo golpea sobre la superficie y dependiendo de la dureza de misma, rebota con mayor o menor fuerza. La respuesta de rebote que desplaza una guía sobre un visor escalado (de 10 a 100) que indica la medición. Este valor es adimensional ya que depende de la energía almacenada en el resorte y la masa utilizada.

Se debe tener en cuenta que para realizar este ensayo la superficie debe estar lisa, adicionalmente se debe garantizar que el equipo utilizado cuenta con una calibración.



Figura 9. Toma de ensayo en campo, esclerómetro. (2021).

Los resultados obtenidos son complemento a un ensayo de compresión, sin embargo, cuando no se tiene resultados de este, el ensayo de esclerometría puede arrojar un valor muy aproximado de la resistencia a compresión del elemento.

Con una inclinación a 0° y descartando los valores según la norma I.N.V. E – 413 – 07 (Método para determinar el índice esclerométrico en el concreto endurecido), se determinan los siguientes valores (38 – 38 – 36 – 30 – 32 – 38 – 28 – 30 – 36 – 36 – 30 – 30 – 32 – 46 – 30 – 32) según estos valores, da una media de 33,066 y con la relación de la ilustración 10 que hace referencia a la gráfica del esclerómetro, se establece la resistencia estimada que es de 27 N/mm² (Mpa) que al realizar la conversión a Lb/in² de la siguiente manera:

$$1 \text{ in}^2 = 0,00155 \text{ mm}^2 \text{ y } 1 \text{ N} = 0,2248 \text{ lb}$$

$$27 \text{ N/mm}^2 \times \frac{0,2248 \text{ lb}}{0,00155 \text{ mm}^2} = 3915,87 \text{ lb/in}^2 = 3915,87 \text{ psi}$$

La resistencia del concreto es de 3915,87 psi.

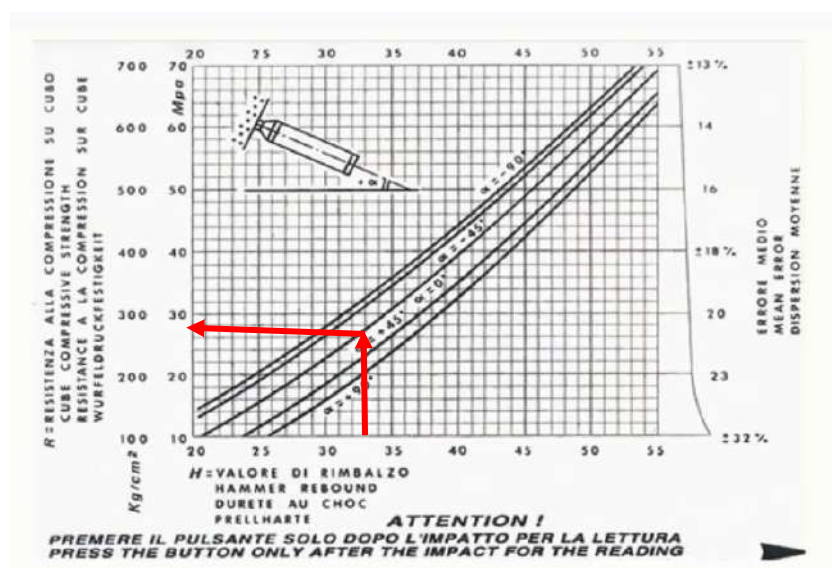


Figura 10. Tabla referencia resultados esclerómetro. (2021).

Relación grafica del esclerómetro usado para la resistencia.

Según lo que dicta la norma NSR – 10, en el capítulo C.23 – *Tanques y estructuras de ingeniería ambiental en concreto*:

C.23-C.1.1 — Alcance

C.23-C.1.1.1 — El presente Capítulo cubre lo concerniente a tanques y compartimentos estancos tales como piscinas y albercas que hacen parte del equipamiento de edificaciones. Los requisitos dados en el presente Capítulo cubren estructuras construidas con concreto reforzado vaciado en sitio, concreto prefabricado y concreto preesforzado.

Los requisitos de este Capítulo son totalmente aplicables al diseño de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria, con la excepción estructuras primarias para evitar la fuga de materiales peligrosos.

Para este tipo de estructuras propias de ingeniería ambiental y sanitaria la resistencia mínima especificada del concreto a la compresión f'_c no debe ser menor de 28 MPa. No se define una resistencia máxima especificada a la compresión, a menos que se indique explícitamente en alguna sección del Reglamento NSR-10.

Figura 11. Toma de Norma NSR – 10, Capítulo C.23, página C-419.

Toda edificación relacionada y construida como tanque, o estructura de contención de líquidos, la resistencia mínima especificada del concreto (f'_c) debe ser de 28 MPa (4000 psi) y sin restricción de su resistencia máxima.

Para el caso del tanque de estudio, se tiene un resultado de resistencia del concreto ejecutando el ensayo de esclerometría de 3915,87 psi, se puede concluir que la estructura de estudio no cumple como primera medida con la resistencia mínima especificada de concreto por la Norma NSR – 10.

Ferrosan: Consiste en determinar en un cien por ciento las distribución y diámetro del acero de refuerzo del elemento de estudio, el proceso del ensayo consiste en usar el aparato Ferrosan deslizando el mismo sobre la superficie, e identificando el acero de refuerzo mediante pitidos o mostrado en la pantalla, es importante marcar el mismo sobre la superficie para evitar realizar el ensayo de esclerometría sobre el acero y generando datos erróneos.

Análisis de resultados: Ensayo de Ferroskan.

De acuerdo a la información recolectada en campo, se analizan los datos en el laboratorio obteniendo:



Figura 12. Cara 1 tanque, sujeto de estudio.



Figura 13. Cara 1 tanque, sujeto de estudio.

Tabla 6

Ferrosan en cara 1 de tanque

Cara 1 del tanque

Posicionamiento aceros

Medidas muro		
Largo (m)	Alto (m)	Espesor (m)
3,91	1,93	0,26

Mediadas área analizada	
Largo (m)	Alto (m)
1,53	1,00

Acero encontrado	# 4 (1/2")
------------------	------------

Barras verticales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)
1	6,5	6,8	6,4	6,6
2	4,9	5,2	4,9	5,0
3	5,1	5,3	5,2	5,2
4	3,6	3,9	4,3	3,9
5	4,2	4,5	4,3	4,3
6	7,6	6,8	6,7	7,0

Barras horizontales					
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio	
1	6,4	5,9	6,3	6,2	
2	6,1	6,2	5,9	6,1	
3	5,5	5,8	6	5,8	
4	5,9	6	6,4	6,1	
5	5,6	5,8	6,5	6,0	

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	23
2 a 3	25
3 a 4	23
4 a 5	29
5 a 6	30

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	24
2 a 3	25
3 a 4	24,5
4 a 5	24

Tabla de recolección de información en campo Cara 1. Ferrosan.

De acuerdo a la información recolectada, el diámetro del acero de refuerzo actual es #4 ó ½", a continuación, se presenta tabla resumen:

Tabla 7

Descripción de barras de acero.

Barra #4 ó 1/2"	Recubrimiento (cm)	Distanciamiento (cm)
Barra Vertical	5,33	26
Barra Horizontal	6,04	24,37

Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales.



Figura 14. Cara 2 tanque, sujeto de estudio.



Figura 15. Cara 2 tanque, sujeto de estudio

Tabla 8

Descripción de barras de acero.

Cara 2 del tanque					Posicionamiento aceros				
Medidas muro					Mediadas área analizada				
Largo (m)		Alto (m)		Espesor (m)	Largo (m)		Alto (m)		
3,23		1,23		0,26	0,80		0,80		
Acero encontrado				# 4 (1/2")					
Barras verticales					Barras horizontales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)	N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	5,4	5,6	6,2	5,7	1	8	7,9	7,5	7,8
2	4,6	4,8	4,7	4,7	2	7,3	7,2	6,9	7,1
3	4,5	5	5,1	4,9	3	8	7,8	7,6	7,8
4	8	7,8	7,4	7,7	4	7,8	7,3	8	7,7
Distancia entre barras (cm)					Distancia entre barras (cm)				
1 a 2		24			1 a 2		30		
2 a 3		26			2 a 3		29		
3 a 4		28			3 a 4		29		

Tabla de recolección de información en campo Cara 2. Ferrosan.

De acuerdo a la información recolectada, el diámetro del acero de refuerzo actual es #4 ó ½", a continuación, se presenta tabla resumen:

Tabla 9

Descripción de barras de acero.

Barra #4 ó 1/2"	Recubrimiento (cm)	Distanciamiento (cm)
Barra Vertical	5,75	26
Barra Horizontal	7,6	29,33

Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales.



Figura 16. Cara 3 tanque, sujeto de estudio



Figura 17. Cara 3 tanque, sujeto de estudio

Tabla 10

Descripción de barras de acero.

Cara 3 del tanque

Posicionamiento aceros

Medidas muro

Largo (m)	Alto (m)	Espesor (m)
3,92	1,28	0,26

Mediadas área analizada

Largo (m)	Alto (m)
1,00	0,90

Acero encontrado

4 (1/2")

Barras verticales

Nº Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)
1	5,4	5,2	4,9	5,2
2	3,1	3,6	4,1	3,6
3	4,5	4,7	4,2	4,5
4	3,5	3,8	3,9	3,7
5	4,1	4,6	4,5	4,4

Barras horizontales

Nº Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	4,5	4,1	3,9	4,2
2	4	3,8	4,3	4,0
3	7,2	7,2	7,4	7,3
4	7	7,1	6,8	7,0

Distancia entre barras (cm)

1 a 2	28
2 a 3	29
3 a 4	20
4 a 5	19

Distancia entre barras (cm)

1 a 2	27
2 a 3	24
3 a 4	24

Tabla de recolección de información en campo Cara 3. Ferroskan.

De acuerdo a la información recolectada, el diámetro del acero de refuerzo actual es #4 ó ½", a continuación, se presenta tabla resumen:

Tabla 11

Descripción de barras de acero.

Barra #4 ó 1/2"	Recubrimiento (cm)	Distanciamiento (cm)
Barra Vertical	4,28	24
Barra Horizontal	5,62	25

Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales



Figura 18. Cara 4 tanque, sujeto de estudio



Figura 19. Cara 4 tanque, sujeto de estudio

Tabla 12

Descripción de barras de acero.

Cara 3 del tanque

Posicionamiento aceros

Medidas Placa

Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)
3,22	3,94	0,15

Mediadas área analizada

Largo (m)	Ancho (m)
1,23	0,77

Acero encontrado

4 (1/2")

Barras verticales

N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)
1	8,4	8,3	8,5	8,4
2	9	9,2	8,8	9,0
3	9,4	8,9	9,2	9,2
4	8,5	8,6	9,1	8,7
5	7,1	7,3	6,9	7,1
6	9,8	9,6	8,9	9,4

Barras horizontales

N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	8,6	8,3	8,4	8,4
2	8,2	8	7,9	8,0
3	8	8,2	8,1	8,1
4	8,5	8,3	8,5	8,4
5,00	7,5	7,80	7,6	7,63

Distancia entre barras (cm)

1 a 2	14
2 a 3	20
3 a 4	14
4 a 5	15
5 a 6	14

Distancia entre barras (cm)

1 a 2	16
2 a 3	17
3 a 4	20
4 a 5	18

Tabla de recolección de información en campo Cara 3. Ferroskan.

De acuerdo a la información recolectada, el diámetro del acero de refuerzo actual es #4 ó ½", a continuación, se presenta tabla resumen:

Tabla 13

Descripción de barras de acero.

Barra #4 ó 1/2"	Recubrimiento (cm)	Distanciamiento (cm)
Barra Vertical	8,63	15,4
Barra Horizontal	8,1	17,75

Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales

Según lo que dicta la norma NSR – 10, en el capítulo C.23 – *Tanques y estructuras de ingeniería ambiental en concreto:*

TABLA C.23-C.7.12.2.1 — CUANTÍAS MÍNIMAS DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO Y VARIACIÓN DE TEMPERATURA

Distancia entre juntas para compensar movimientos [†]	Cuantías mínimas de refuerzo de retracción de fraguado y variación de temperatura	
	$f_y = 240 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$
menos de 6 m	0.0030	0.0030
6 a menos de 9 m	0.0040	0.0030
9 a menos de 12 m	0.0050	0.0040
12 m o más	0.0060*	0.0050*

[†]La distancia es entre juntas de expansión y juntas de contracción de profundidad total. Cuando se trate de juntas de contracción de profundidad parcial las cuantías mínimas se deben determinar multiplicando la distancia real entre juntas de contracción de profundidad parcial por 1.5.

*Corresponde a la cuantía máxima a emplear cuando no se proveen juntas para compensar movimientos.

Para secciones de concreto que tienen un espesor mayor o igual a 600 mm el refuerzo de retracción y temperatura se puede determinar con base en una capa de concreto de 300 mm de espesor en cada una de las superficies del elemento. El refuerzo en la cara inferior de losas en contacto con el suelo se puede reducir en un 50% de lo requerido por la Tabla C.23-C.7.12.2.1.

C.23-C.7.12.2.2 — El refuerzo de retracción y temperatura no se debe espaciar a más de 300 mm y el tamaño mínimo de barra debe ser N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm). Al menos 1/3 del área requerida para refuerzo de retracción y temperatura debe colocarse cualquiera de las caras del elemento.

Figura 20. Tomado Norma NSR – 10, Capítulo C.23, página C-440.

Toda edificación relacionada y construida como tanque, o estructura de contención de líquidos, el refuerzo de retracción no debe superar 300mm y el diámetro mínimo de la barra debe ser #4 o 1/2".

Para el caso del tanque de estudio, se tiene como resultado, un valor promedio de recubrimiento en barras horizontales y verticales de 5,99 y 6,84 centímetros respectivamente, así como el distanciamiento entre barras de #4 o 1/2" de 22,85 y 24,11 centímetros respectivamente, se puede concluir que la estructura de estudio cumple como primera medida con los valores máximos especificados de distanciamiento y cuantía mínima por la Norma NSR-10.

Tabla 14

Descripción de barras de acero.

Barra #4 ó 1/2"	Recubrimiento (cm)	Distanciamiento (cm)
Barra Vertical	5,99	22,85
Barra Horizontal	6,84	24,11

Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales.

Prueba de cloruros: se realizará con el fin de determinar si el agua tratada contiene sales que puedan estar afectando la integridad del concreto por ataque de cloruros.

Existen tres métodos para determinar la presencia de cloruros en el agua, para el caso específico del agua que contiene el tanque que es potable, el ensayo más recomendado es el método volumétrico que está diseñado para ser aplicado en aguas de poco color y turbidez.

Análisis de resultados: Ensayo de Cloruros.

Se realiza la toma de 50 mililitros de agua, con el fin de ser estudiados en laboratorio, de acuerdo a la información recolectada, se tienen los siguientes resultados:



Figura 21. Análisis de cloruros.



Figura 22. Análisis de cloruros.

Tabla 15

Análisis de laboratorio

Muestra a tratar	
Aguas naturales	X
Aguas residuales	
Volumen muestra (mL)	50

PH Muestra	7
Cantidad indicador cromato de potasio (K ₂ CrO ₄)	5 Gotas

Volumen (AgNO ₃) valoración blanco (mL)	Volumen (AgNO ₃) valoración muestra (mL)	Normalidad Nitrato de plata (AgNO ₃)	Cl (mg/L)
0,2	0,45	0,10	0,018

Tabla recolección de información análisis de laboratorio.

El potencial corrosivo del agua puede verse aumentado al ser su Ph más bajo de 6.5 o más alto de 8.5, para el presente caso de estudio según el ensayo realizado se determinó que el Ph de la muestra de agua corresponde a 7, lo cual indica que se encuentra dentro de los valores admisibles que no representan una posible afectación a la durabilidad de la estructura.

Así mismo el agua al tener concentraciones superiores a 100 mg/L de Cloruros puede causar problemas de corrosión en el acero crecientes de forma exponencial a medida que

concentraciones de 1g/L de ion cloruro causan una destrucción rápida de metales como el hierro y el acero inoxidable.

Basados en lo mencionado anteriormente y en los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de cloruros en el agua realizado al paciente del presente estudio, cuyo valor corresponde a 0.018mg/L se puede determinar que no existe un riesgo potencial de daño o corrosión en el acero por presencia de cloruros en el agua.

Ensayos de campo destructivos: por la importancia que tiene la estructura frente a la comunidad, la entidad pública prohíbe dichos ensayos.

7. Estudio de vulnerabilidad sísmica.

Una estructura se verá sometida a lo largo de su vida útil a diferentes eventos naturales o geológicos que pueden llegar a representar un riesgo para sus condiciones de durabilidad y estabilidad, es por esto que, para realizar un estudio patológico adecuado de una estructura, es necesario tener en cuenta diversos aspectos relacionados con la localización del paciente, como pueden ser: fallas geológicas cercanas, ubicación con respecto a fuentes hídricas, deslizamientos, entre otros, que en caso de presentarse un evento sísmico pueden llegar a ampliar el rango de vulnerabilidad de la estructura.

Por lo anterior en el presente capítulo se dan a conocer datos como fallas geológicas de la zona, historia sísmica del municipio de Guataquí, macizos rocosos cercanos, amenazas de inundación de la zona, problemas de licuación del terreno, entre otros, que ayudan a ampliar el espectro en cuanto a la vulnerabilidad de la estructura con respecto a su localización.

7.1. Tipo de fallas en la zona.

Cuando las placas tectónicas chocan entre sí, se producen deformaciones de la corteza terrestre, las cuales se clasifican en dos grandes grupos: pliegues y fallas, debido a que la corteza terrestre está formada por diferentes materiales, unos pueden ser más blandos que otros, por lo tanto:

- Cuando las fuerzas internas de la tierra actúan sobre materiales blandos, estos tienden a ondularse, causando así deformaciones que no se rompen, formando así lo que se denominan pliegues.
- Cuando las Fuerzas internas de la tierra actúan sobre materiales más rígidos, estos tienden a romperse, formando así lo que se denominan fallas, las cuales, se entraran a estudiar más detalladamente para el municipio de Guataquí, lugar donde se encuentra ubicado el paciente objeto del presente estudio.

El ministerio de minas y energía, a través del Servicio Geológico Colombiano, en el año 2011, realiza una exploración y evaluación de carbones en el área de Guataquí-Jerusalén-Guaduas-Caparrapí, con el fin de obtener un conocimiento preliminar con respecto a los recursos de carbón que se pudieran encontrar en la zona, para esto, realizó una serie de exploraciones geológicas, con el fin de abordar resultados en cuanto a estratigrafía, geología estructural y geología económica del sector

En base al estudio anteriormente mencionado, a continuación, se relacionan las fallas geológicas, encontradas en el municipio de Guataquí:

7.1.1. Falla de La Rochela

Es de cabalgamiento, local, que atraviesa el sector de SW a NE, convergencia hacia el SE, aprovechando el plano que atraviesa las formaciones Hoyón (Pgh) y San Juan de Río Seco (Pgs) y las superficies de los contactos discordantes entre las rocas de las formaciones Lutitas y Arenas (Ksla) y Seca (KPgs). Dentro del área de estudio se extiende por unos 9 Km. Presenta vergencia hacia el sur.



Figura 23. Formación córdoba (Ksc).

7.1.2. Falla de Los Curos

Es de cabalgamiento, local, tiene sentido SW a NE y vergencia hacia el SE, y pone en contacto fallado a las formaciones Lutitas y Arenas (Ksla) y Hoyón (Pgh). Termina en su parte noreste contra la Falla transversal de El Salto. Se puede observar en las veredas Cotoma y Santa Isabel de los municipios de Jerusalén y Guataquí, respectivamente, se extiende por 4 Km.

7.1.3. Falla de Guaimaral

Es de cabalgamiento, local, tiene sentido SW a NE, repite parte de la Formación Lidita Superior. Tiene vergencia hacia el SE. Se puede observar en las veredas Cotoma y Santa Isabel de los mencionados municipios, se extiende por 5 Km.

7.1.4. Falla de Buenavista

De cabalgamiento, local, transversal, tiene sentido SE a NW y vergencia hacia el SW, afecta rocas de las formaciones Hoyón y Lutitas y Arenas. Su longitud en el área estudiada es de unos 3 Km. Dada la escasez de datos estructurales se ha inferido. Se aprecia en la vereda Santa Isabel de Guataquí.

7.1.5. Falla de El Salto

Estructura de cabalgamiento, local, transversal, tiene sentido casi S a N y vergencia hacia el W, pone en contacto fallado rocas de las formaciones Lutitas y Arenas (Ksla) y Hoyón (Pgh), repitiendo y deformando fuertemente la Fm. Lutitas y Arenas (Ksla). Se expresa físicamente por la Quebrada El Salto, donde tiene una longitud de unos 2.5 Km. Se puede observar en la vereda El Hatillo sector El Neme, de Jerusalén.

7.1.6. Falla de Los Jobos

De cabalgamiento, local, transversal, tiene sentido S a N y vergencia hacia el W, afecta las rocas de la Formación. Lutitas y Arenas (Ksla). La Quebrada Los Jobos es su expresión física, tiene una longitud de unos 1.2 Km. Se observa en la vereda El Hatillo del municipio de Jerusalén.

7.1.7. Falla de El Palmar

De cabalgamiento, local, sentido SW a NE, con vergencia hacia el SE, desplaza y pone en contacto fallado rocas de las formaciones Lidita Superior (Ksols) y Lutitas y Arenas (Ksla). Su extensión es de unos 9 Km. Se evidencia por las veredas Santa Isabel (Guataquí), El Hatillo y El Palmar (Jerusalén).

7.1.8. Falla de La Gloria

De cabalgamiento, regional, sentido SW a NE, con vergencia hacia el SE, afecta rocas de las formaciones Nivel Intermedio (Ksoni) y Lidita Superior (Ksols) del Grupo Olini. Se extiende longitudinalmente por unos 8 Km, por los cerros Cotoma y La Gloria. Pasa por las veredas Los Anones, Cotoma, Cerro del Gusano, de Jerusalén, y las veredas de Macandá y Apauta del municipio de Guataquí.

7.1.9. Falla de El Santuario

De cabalgamiento, local, transversal, sentido SE a NNW, con vergencia hacia el SW, afecta rocas de la Formación Lutitas y Arenas (Ksla). Su extensión es de unos 5 Km. Se aprecia en las veredas Cafeto y Cerro del Gusano.

7.1.10. Falla de Pore – El Rosal

De cabalgamiento, regional, sentido SW a NE, con vergencia hacia el NW, pone en contacto fallado y discordante rocas de las formaciones Lidita Superior (Ksols) y Lutitas y Arenas (Ksla) con la Formación Seca (KPgs). Se extiende longitudinalmente por unos 12 Km. Pasa por las veredas San José, La Victoria, Alto El Roble (Jerusalén) y El Retiro del municipio de Quipile.

7.1.11. Falla de El Tabaco

De cabalgamiento, regional, sentido SW a NE, con vergencia hacia el SE. Junto con la Falla de Pore – El Rosal, conforman una estructura tipo “pop- up” o de flor positiva, pone en contacto fallado rocas de las formaciones Lidita Superior (Ksols) del Grupo Olini y Lutitas y Arenas (Ksla). Se extiende longitudinalmente por unos 10 Km, casi que siguiendo el curso de la Quebrada El

Tabaco. Pasa por las veredas La Parada, Alto del Trigo (de Jerusalén), Copó (Tocaima), Naranjalito (Apulo), y Palmichera del municipio de Anapoima.

7.1.12. Falla del Alto El Trigo

Estructura de cabalgamiento, regional, sentido SSW a NNE, con vergencia hacia el SE. Afecta rocas de las formaciones Nivel Intermedio (Ksoni) y Lidita Superior (Ksols) del Grupo Olini, que las pone en contacto con la Formación Seca. En inmediaciones de la vereda San Rafael (al sur del área), por la quebrada del mismo nombre, las fallas Poré – El Rosal, El Tabaco y Alto El Trigo, convergen en una sola que a partir de este sitio y hacia el norte, adopta el nombre de Falla del Alto El Trigo.

7.1.13. Falla de La Limba

De rumbo, dextral, cubierta, tiene sentido W a E, afecta las rocas de las formaciones Lutitas y Arenas (Ksla), Seca (KPgs), Hoyón (Pgh), San Juan de Río Seco (Pgs) y Santa Teresa (Pgst). Se expresa físicamente por la Quebrada La Limba, donde tiene una longitud de unos 5 Km. Se puede observar en la vereda La Colorada, y en al oriente del casco urbano de Jerusalén.

7.1.14. Falla de La Buitrera

De rumbo, sinextral, sentido SE a NW, inferida. Desplaza y deforma las rocas de las formaciones Lidita Superior (Ksols) del Grupo Olini y Lutitas y Arenas (Ksla). Se extiende longitudinalmente por unos 2 Km. Pasa por las veredas La Parada y La Buitrera del municipio de Jerusalén. Esta falla junto a la de El Tabaco, hacen que se forme el plegamiento llamado Sinclinal de La Palma.

7.1.15. Falla de Río Seco

Debido a que existen depósitos cuaternarios de material conglomerático fluvial, y la alta deformación del sector, se infiere su presencia. Tiene sentido casi E a W, puede afectar rocas de las formaciones infrayacentes al momento de formar los plegamientos. Se expresa físicamente por el Río Seco, y se le estima una longitud de unos 12 Km. Se puede observar en las veredas El Hatillo y

El Palmar, así como en cercanías de Jerusalén.

7.1.16. Falla de Jerusalén - Pituñá

Por la alta deformación del sector, a depósitos cuaternarios, y a un lineamiento bien marcado en sentido S – N, observable en aerofotografías e imágenes de satélite, se ha inferido (porque está cubierta) que es una falla **de despegue** y que aprovechando la diferencia de material de las formaciones San Juan de RíoSeco y Santa Teresa, produce una **superficie de cabalgamiento** que de alguna manera “canibaliza” los sedimentos de cada formación, y los convierte en sedimentos de los depósitos cuaternarios. Al igual que la falla anterior, puede afectar rocas de las formaciones infrayacentes al momento de existir los plegamientos. Se expresa físicamente por la Quebrada Pituñá y el Río Seco (al norte de Jerusalén), y por la Quebrada Apauta (al sur del casco urbano de Jerusalén), y se le estima una longitud de unos 16 Km, también se infiere el desplazamiento que sufre ésta, por efectos de la Falla de La Limba. Se puede observar en las veredas Cafeto, Gallinazo, Andorra, El Tabaco y Pituñá.

7.1.17. Falla Bituima – La Salina

Falla inversa de tipo regional, con vergencia Occidental, se extiende desde el departamento de Santander al norte y continua al sur hasta el Sinclinal de Tocaima, esta falla es considerada el límite sur-oriental de las cuencas sedimentarias de Cordillera y Valle Medio del Magdalena. Aunque esta falla no atraviesa en su totalidad la zona, se encuentra al oriente poniendo en contacto rocas de Grupo Villeta con rocas del Grupo Olini.

7.1.18. Falla Cambrás – Cambao

Falla regional inversa que se localiza al Occidente del Sinclinal de Guaduas, se extiende desde el Norte del municipio de Caparrapí en el sector conocido como Filo Lomas Negras y al Sur hasta la Falla de Ibagué en cercanías del municipio de Guataquí.

7.1.19. Falla La Cabaña

Falla local de tipo inverso que se genera como una falla satélite de la Falla del Alto del Trigo.

Pone en contacto la parte superior de la Formación Seca con la parte inferior de la misma formación, invirtiendo las rocas de la base. En la Figura 3.21 se observa la presencia de una brecha en el sector, evidencia de la Falla La Cabaña y en la Figura 3.22 se observa localización de las estructuras en una panorámica.

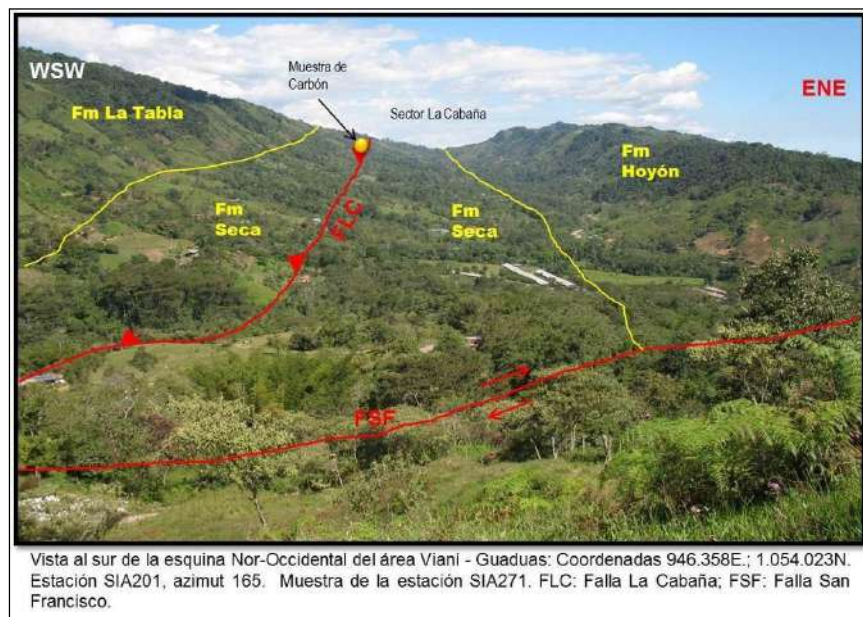


Figura 25. Brecha, evidencia de la falla la cabaña.

7.1.20. Falla de Viani

Falla de tipo dextral con rumbo WSW-ENE, divide el Sinclinal de Guaduas desplazando el bloque Norte hacia el Oriente. Su evidencia se observa en el recorrido de la vía que comunica los municipios de Viani y Bituima.

7.1.21. Falla Las Yopas

Falla de tipo dextral con rumbo WSW-ENE, divide el Sinclinal de Guaduas desplazando el bloque norte hacia el oriente. Se localiza al norte del Municipio de Chaguaní.

7.1.22. Falla San Francisco

Falla de tipo dextral con rumbo WSW-ENE, divide el Sinclinal de Guaduas de occidente a oriente, desplazando el bloque norte hacia el oriente. Atraviesa el sector conocido como El Alto de La Mona, el centro urbano del Municipio de Guaduas, al oriente atraviesa la Quebrada San

Francisco.

7.1.23. *Falla de Córdoba.*

Es una estructura de **tipo inverso** de dirección SW – NNE, con ángulo buzamiento medio y vergencia al E - SE, esta falla coloca rocas cretácicas como la Formación Córdoba y del Grupo Olini sobre rocas de la Formación Seca, creando una expresión geomorfológica abrupta muy notoria en el área de estudio (ver Ilustración 14).

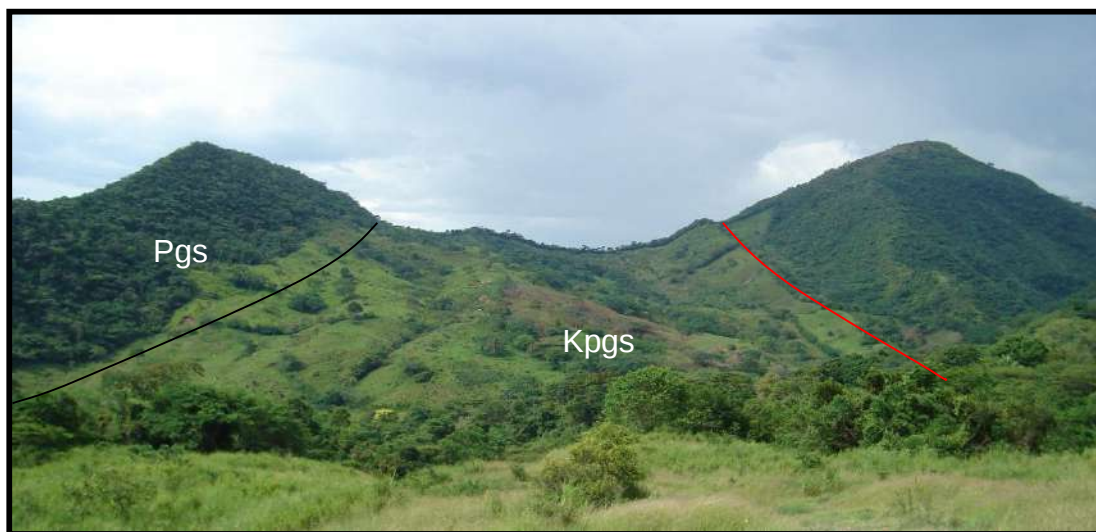


Figura 26. Falla de Córdoba que cabalga rocas de la Formación Córdoba (Ksc) sobre rocas de la Formación Seca (KPgs).

7.1.24. *Falla de Nupalá.*

Falla direccional de tipo dextral, con una dirección aproximada de NE-SW, la cual genera pliegues secundarios paralelos al rumbo N20°E de la estructura principal sobre rocas de la Formación Córdoba.

7.1.25. *Falla de Guatachí.*

Corresponde a una estructura geológica de **tipo inverso con dirección NE-SW**, con ángulo de buzamiento medio. Esta Falla coloca rocas de la Formación Seca sobre rocas de la Formación San Juan de Río Seco.

7.2. Historia Sísmica en el Municipio

Para conocer el grado de amenaza sísmica en la zona es necesario revisar su comportamiento a través de la historia, es por esto que se procede a revisar los sismos registrados mediante la página de internet del servicio geológico colombiano, del cual para el municipio de Guataquí no se tienen registros, como se evidencia en la ilustración 25:



Figura 27. Historia sísmica Municipio de Guataquí. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Sin embargo, con el objetivo de realizar una revisión más a fondo se procede a investigar los sismos ocurridos en el municipio cercano de Girardot, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

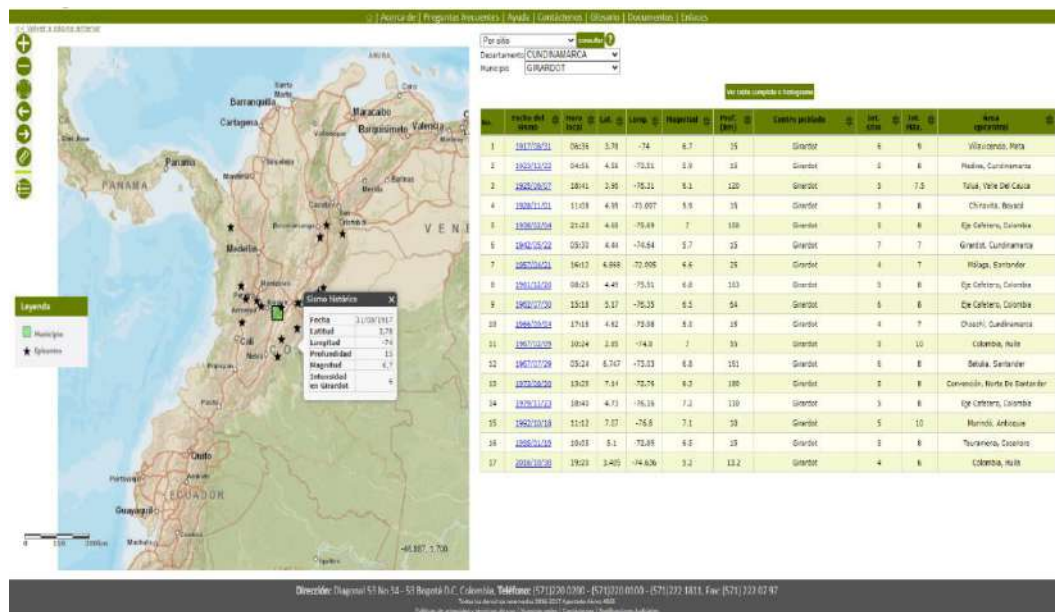


Figura 28. Historia sísmica Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Tabla 16

Sismicidad histórica de Colombia.

Sismicidad Histórica de Colombia

Historia sísmica del municipio Girardot, Cundinamarca										
No.	Fecha del sismo	Hora local	Magnitud	Tipo magnitud	Profundidad (km)	Centro poblado	Intensidad Máxima EMS-98	Int. Sitio (MM)	Intensidad Máxima MM	Área epicentral
1	31/08/1917	06:36	6.7	MW	15	Girardot	9	7	9	Villavicencio, Meta
2	22/12/1923	04:56	5.9	MW	15	Girardot	8	6	8	Medina, Cundinamarca
3	07/06/1925	18:41	6.1	MW	120	Girardot	07-ago	5	8	Tuluá, Valle Del Cauca
4	01/11/1928	11:08	5.9	MW	15	Girardot	8	4	8	Chinavita, Boyacá
5	04/02/1938	21:23	7	MS	150	Girardot	8	5	9	Eje Cafetero, Colombia
6	22/05/1942	05:30	5.7	MW	15	Girardot	7	7	7	Girardot, Cundinamarca
7	21/04/1957	16:12	6.6	MW	25	Girardot	7	4	7	Málaga, Santander
8	20/12/1961	08:25	6.8	MS	163	Girardot	8	6	9	Eje Cafetero, Colombia
9	30/07/1962	15:18	6.5	MW	64	Girardot	8	6	9	Eje Cafetero, Colombia
10	04/09/1966	17:15	5.3	MW	15	Girardot	7	5	8	Choachi, Cundinamarca
11	09/02/1967	10:24	7	MW	55	Girardot	10	5	10	Colombia, Huila
12	29/07/1967	05:24	6.8	MW	161	Girardot	8	6	9	Betulia, Santander
13	30/08/1973	13:25	6.3	MW	180	Girardot	8	6	9	Convención, Norte De Santander
14	23/11/1979	18:40	7.2	MW	110	Girardot	8	6	9	Eje Cafetero, Colombia
15	18/10/1992	11:12	7.1	MW	10	Girardot	10	6	10	Murindó, Antioquia
16	19/01/1995	10:05	6.5	MW	15	Girardot	8	5	9	Tauramena, Casanare
17	30/10/2016	19:20	5.2	ML	13.2	Girardot	6	4	7	Colombia, Huila

Historia sísmica Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano

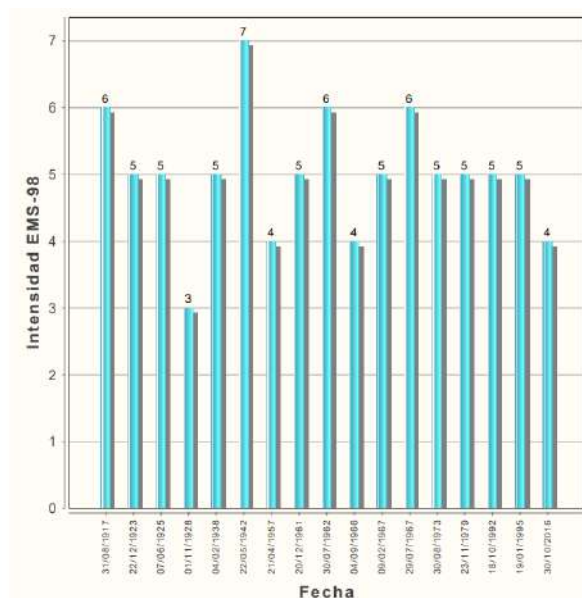


Figura 29. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Lo anterior indica un registro de 17 movimientos sísmicos en la zona ocurridos desde el año 1917 hasta el 2016 con magnitudes que varían desde los 7.1 grados MW en el año de

1992 hasta 5.2 grados MW en el año de 2016.

Al realizar la revisión de municipios cercanos a Guataquí, se encuentra el municipio de Nariño, el cual está a una distancia aproximada de 17km (ver imagen 4), por lo tanto, se realiza validación de registros sísmicos presentados en ese municipio, encontrando la siguiente información:



Figura 30. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

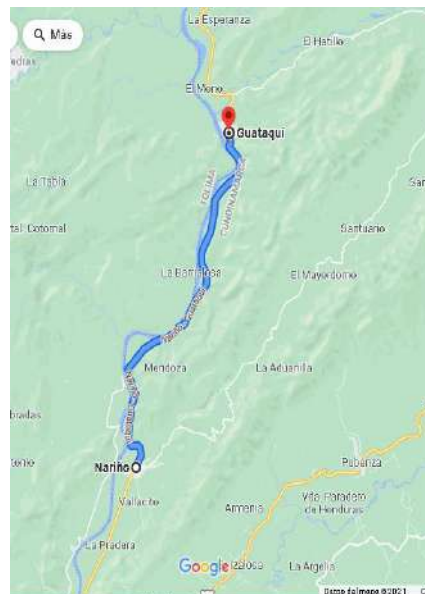


Figura 31. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Tabla 17

Sismicidad histórica de Colombia.

Sismicidad Histórica de Colombia											
Historia sísmica del municipio Nariño, Cundinamarca											
No.	Fecha del sismo	Hora local	Magnitud	Tipo magnitud	Profundidad (km)	Centro poblado	Int. Sitio (EMS-98)	Intensidad Máxima EMS-98	Int. Sitio (MM)	Intensidad Máxima MM	Área epicentral
1	01/11/1928	11:08	5.9	MV	15	Nariño	4	8	4	8	Chinavita, Boyacá
2	18/10/1992	11:12	7.1	MV	10	Nariño	6	10	6	10	Murindó, Antioquia
3	08/02/1995	13:40	6.4	MV	71	Nariño	4	8	4	8	Calima (darien), Valle Del Cauca

Historia sísmica Municipio de Nariño. Fuente: Servicio Geológico Colombiano

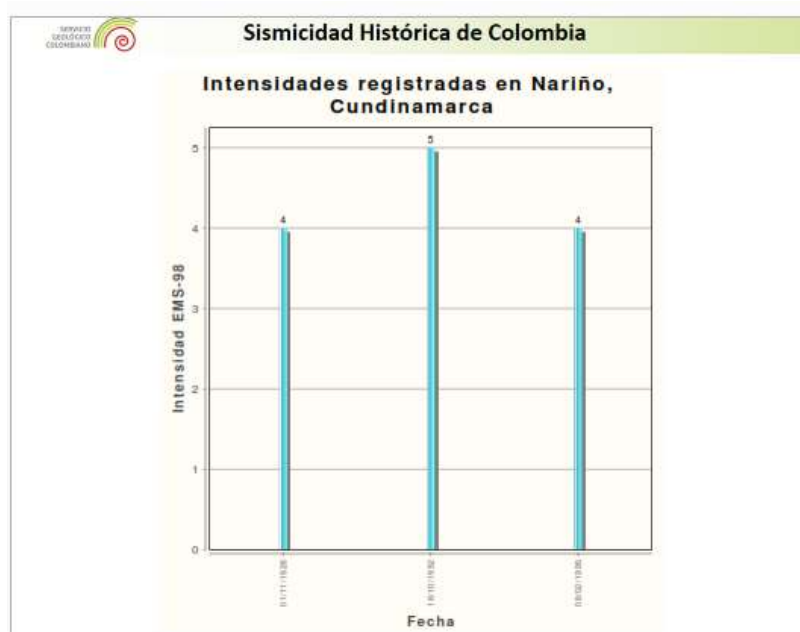


Figura 32. Intensidad registrada en el Municipio de Nariño. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Lo anterior indica un registro de 3 movimientos sísmicos en la zona ocurridos en los años 1928, 1992 y 1995, con magnitudes EMS-98 de 8, 10, 8 grados respectivamente.

Así mismo y con el objetivo de complementar la información presentada, se procede a realizar investigación sobre noticias recientes en las cuales se registren movimientos sísmicos en el municipio de Guataquí, para lo cual se obtuvo una noticia publicada en la página del diario el nuevo día en la cual se indica que el pasado miércoles 07 de abril del 2021 sobre la 1:30 de la tarde, un sismo de 2.6 grados fue registrado, siendo el epicentro el municipio de

Guataquí Cundinamarca.

7.3. Macizo Rocos Colindante al Paciente

El sector Guataquí – Jerusalén, se encuentra localizado al noroccidente de Cundinamarca, muy cerca del límite departamental entre Cundinamarca y Tolima.

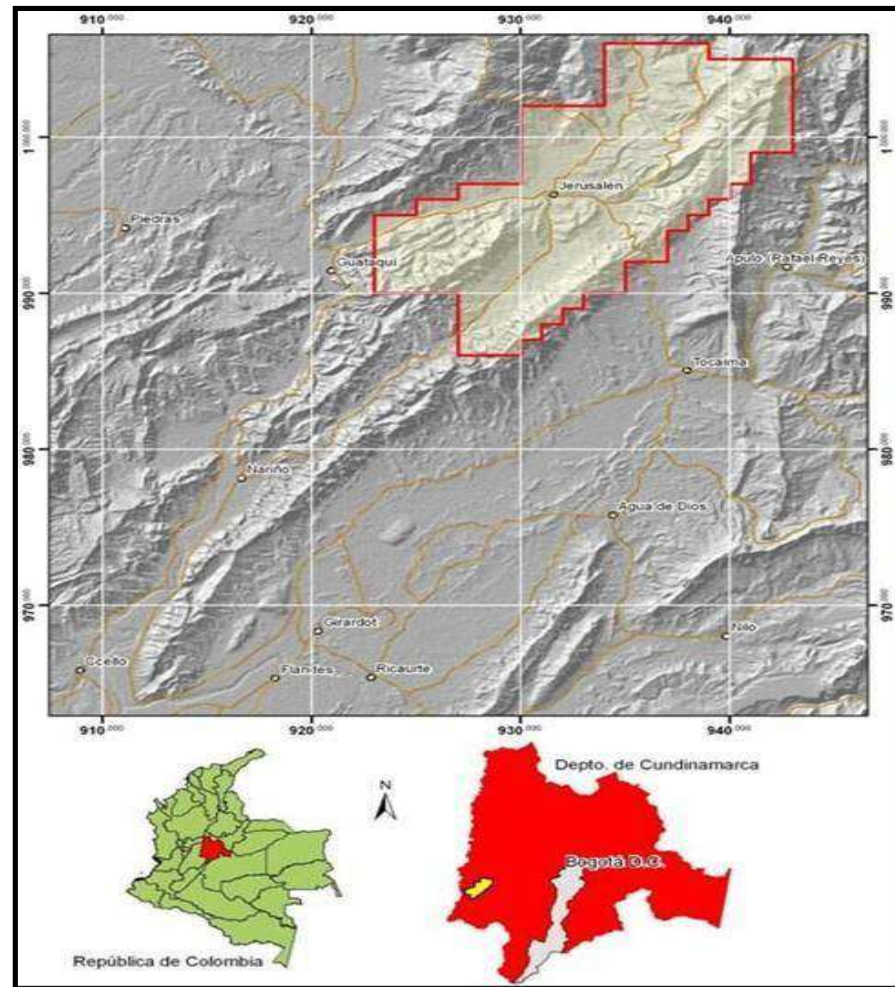


Figura 33. Localización geográfica del Sector Guataquí – Jerusalén.

En este sector afloran rocas sedimentarias desde el cretácico inferior hasta el cuaternario pertenecientes a las formaciones Lidita Inferior.

En esta región se evidencian efectos tectónicos originados por fallas de basamento que se han activado en diferentes momentos a lo largo del Cretácico y el Paleógeno.

Estas fallas son la de Cambao, que inicia durante el Maastrichtiano, un movimiento de tipo

normal, formando un zócalo que facilita el espacio para la sedimentación, y termina durante el Paleoceno, momento en el cual se convierte en una falla inversa dando inicio a la generación de pliegues. La otra es la falla de Bituima, que está compuesta por una serie de fallas tipo back thrust con vergencia NW y una componente de rumbo sinextral, generando en la parte sur una secuencia escalonada de sinclinales y anticlinales amplios que hacia el norte se van apretando, inclinando los estratos hasta casi verticalizarlos.

Esto también puede estar indicando que hacia el norte las unidades presenten facies de material “blando” (lodolitas y limolitas), en tanto que hacia el sur las facies sean más duras (carbonatos y arenitas).

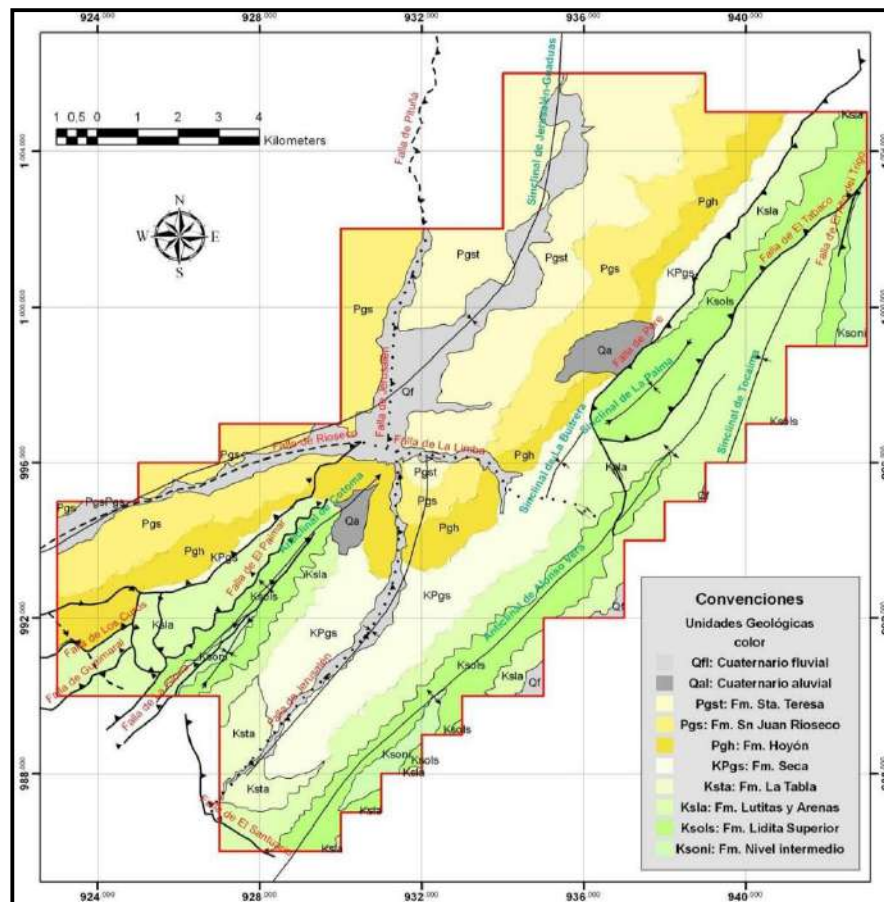


Figura 34. Mapa geológico del Sector Guataquí – Jerusalén.

7.4.Riesgo de licuación en caso de sismo.

La licuación es un fenómeno que sucede en los suelos, a causa de saturación de agua y específicamente cuando el material no consolidado como arena y grava pierde su firmeza y consistencia por lo tanto su resistencia al esfuerzo cortante, esto es causado por la vibración producto de un sismo, que hace que fluya el material y se rompa su estructura granular al reducir su presión intersticial. Cuando el movimiento del sismo cesa, el material se tiende a compactar, cambiando nuevas las presiones intersticiales, que causan la licuación, lo que produce que una estructura se hunda, se desplace o se produzca un volcamiento.

Teniendo en cuenta esta información, se evalúa el potencial de licuación de los tanques objeto de estudio del presente TPI, donde al leer e indagar en el estudio de suelos y por el tipo de material presente en los primeros estratos, compuesto principalmente por material fino, arcillas y arenas, estos presentan un potencial de licuación medio-alto, por lo tanto, a sugerencia del profesional en geotecnia encargado del estudio de suelos, tener cuenta la cimentación descrita en el presente documento. En el estudio de suelos se utiliza la metodología de Seed and Idriss, en la cual se relaciona el número de golpes SPT con la susceptibilidad a la licuación. Se tomó en cuenta la densidad relativa y el número de golpes N encontrado por estratos.

7.5.Riesgo por inundación.

Según el idiger (instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático), una inundación corresponde a un exceso de agua, invadiendo zonas que regularmente son secas, siendo uno de los factores principales que desencadenan este riesgo, el aumento de precipitaciones por el cambio climático.

El IDEAM a través del Estudio Nacional del Agua (2018) identificó que en el país existen 190.935 km² con condiciones favorables a la inundación, es decir, aproximadamente el 17% del área continental del territorio nacional. En dicho estudio se identificó que en el país se

viene presentando una transformación antrópica de las Zonas Potencialmente Inundables ZPI

Para el municipio de Guataquí, según consulta realizada en el geo-portal del IDEAM, el 10 de octubre del 2021, se registra una precipitación media total anual con un promedio multianual desde 1981 hasta el 2010 de 1000 a 1500mm

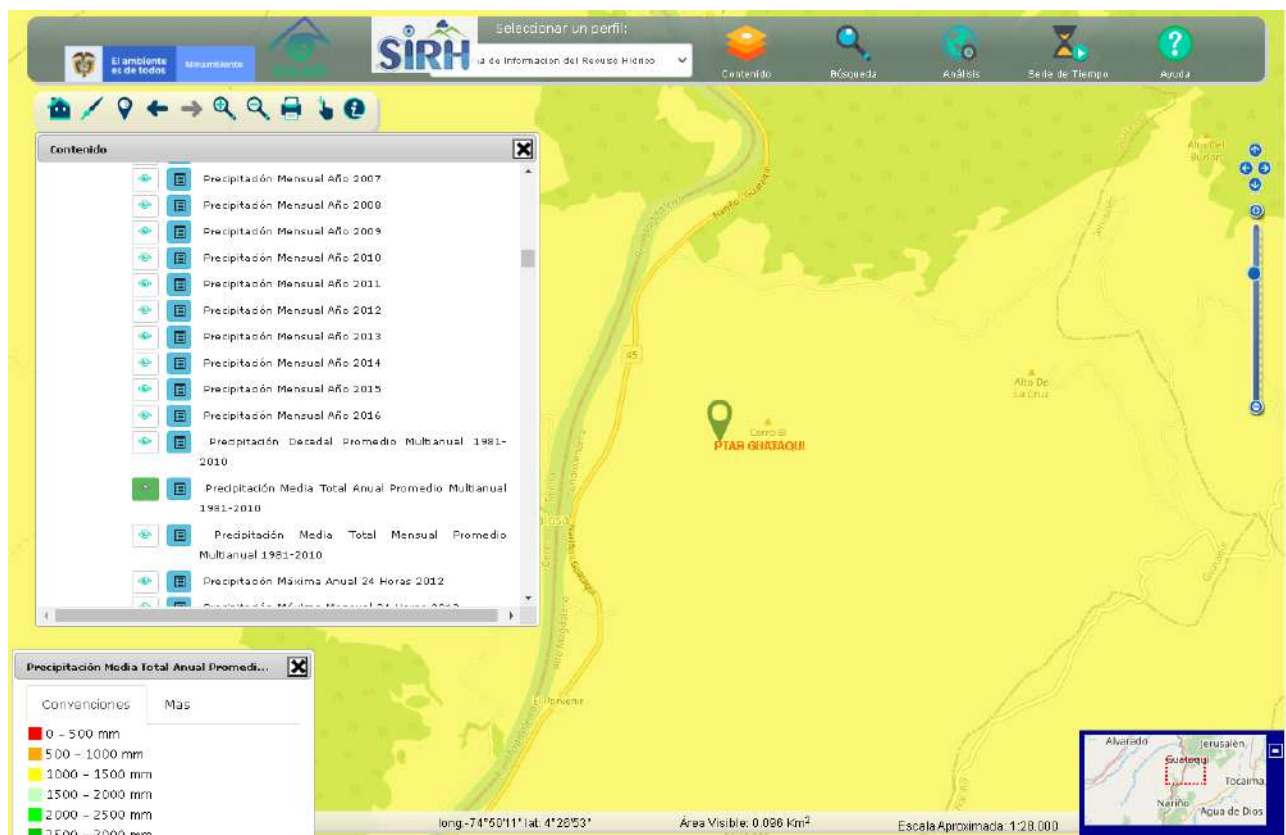


Figura 35. Precipitación media total anual promedio multianual 1981-2010 (IDEAM)

Lo anterior indica que la zona donde se ubica el paciente corresponde una zona relativamente seca, donde la cantidad en mm de precipitación corresponde a un clima cálido

Adicional a lo anterior, la planta de tratamiento objeto del presente estudio se encuentra ubicada en cercanías al río Magdalena, lo cual influye significativamente en su vulnerabilidad ante un evento de inundación, pues la zona en la cual se encuentra la PTAP, es una zona susceptible a inundación, tal como lo muestra el siguiente mapa, consultado a través del IDEAM.

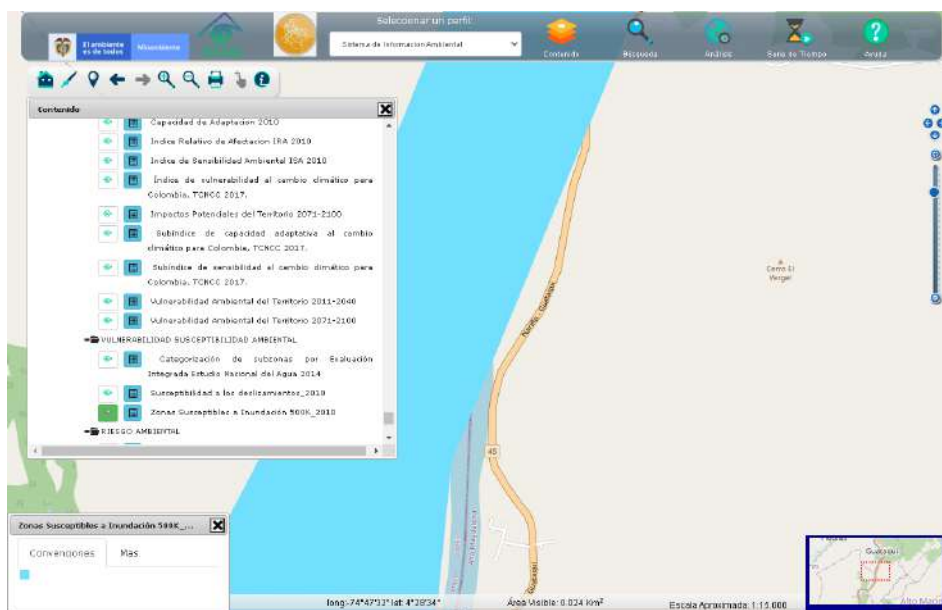


Figura 36. Zonas susceptibles a inundación 500k_2010 (IDEAM)

Así mismo, al realizar la revisión histórica de inundaciones registradas en la zona, se evidencia dos eventos de este tipo, en la ubicación del paciente en estudio en los años 2000 y 2011, a raíz del fenómeno denominado como de “la niña”, el cual se caracteriza por el aumento significativo en las precipitaciones diarias presentadas, como evidencia la siguiente ilustración.

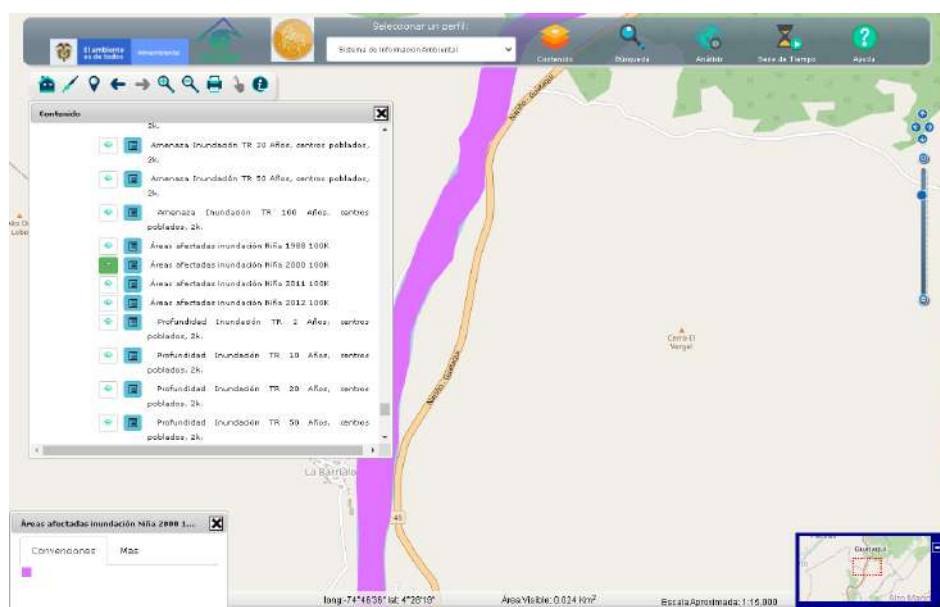


Figura 37. Áreas afectadas por inundación niña 2000 (IDEAM)

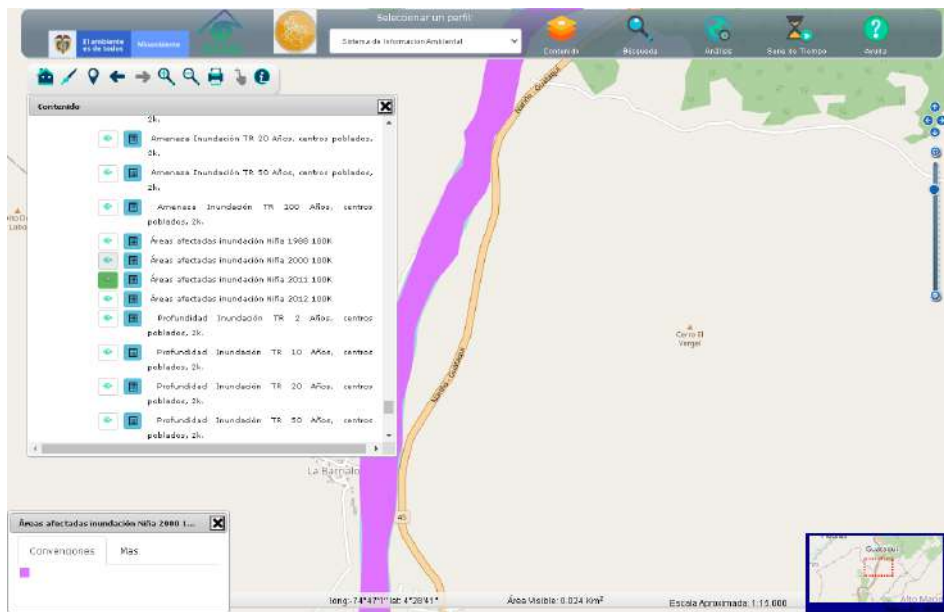


Figura 38. Áreas afectadas por inundación niña 2011 (IDEAM)

Por lo tanto y según la información recolectada, se puede determinar que el paciente se encuentra en una zona susceptible a inundación representada en un riesgo de rango medio y de baja probabilidad de ocurrencia debido a las precipitaciones normales que se tienen registradas.

7.6. Planos Detalle del Paciente.

A continuación, se presentan los planos detalle del paciente del presente estudio, con el fin de mostrar de manera ágil las dimensiones del mismo y así proceder con los cálculos respectivos de irregularidad en planta y altura.

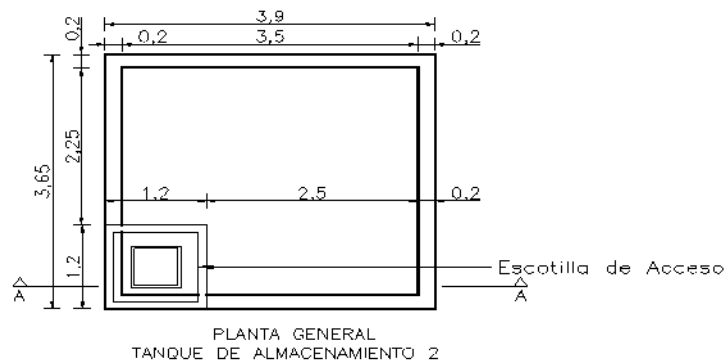


Figura 39. Planta general, tanque de almacenamiento 2.

Planos detalle de dimensiones del tanque de almacenamiento de agua potable.

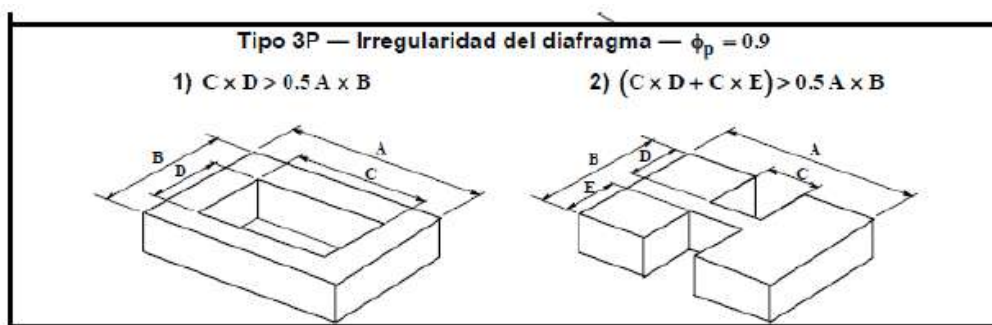


Figura 40. Planta general, tanque de almacenamiento 2.

7.6.1. Evaluación de irregularidad en planta.

El cálculo de la irregularidad en planta se realiza con el fin de determinar si se presentará variación en la rigidez, de acuerdo a la Norma NSR-10, “*Tipo 3P Discontinuidades en el diafragma – Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se considera irregular*”.

De acuerdo a lo dictado por la Norma NSR -10 Título A, capítulo A3, se tiene:



*Tomado de la Norma NSR-10, capítulo A.3, página A-61.

Figura 41. Imagen de referencia.

$$A = 3.90 \text{ m}$$

$$B = 3.25 \text{ m}$$

$$C = 1.00 \text{ m}$$

$$D = 1.00 \text{ m}$$

$$C \times D > 0.5A \times B$$

$$1.00 \times 1.00 > 0.5(3.90 \times 3.25)$$

$$1.00 > 6.33$$

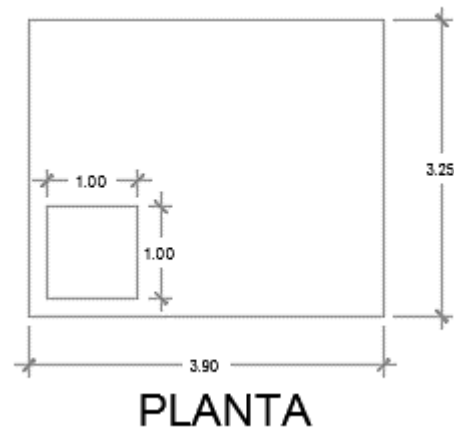


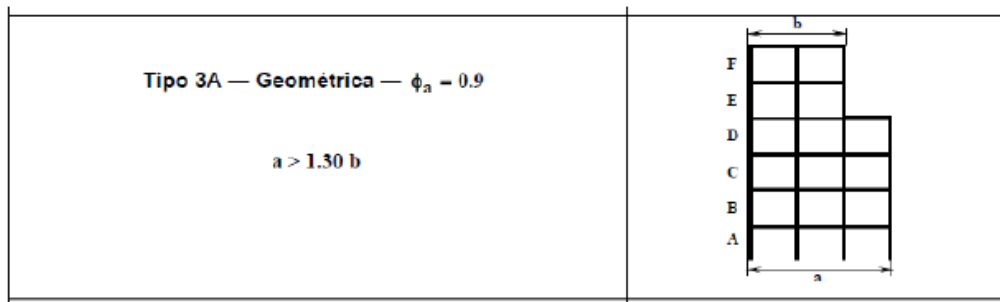
Figura 42. Imagen de referencia, planta.

De acuerdo al cálculo realizado, se presenta irregularidad del diafragma debido a la escotilla de inspección que presenta en paciente en su cubierta.

7.6.2. Evaluación de Irregularidad en Altura.

El cálculo se realiza con el fin de determinar la irregularidad en altura del paciente de estudio, de acuerdo a la Norma NSR-10, “*Tipo 3ª Irregularidad geométrica – Cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia sísmica en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de los altillos de un solo piso*”.

De acuerdo a lo dictado por la Norma NSR -10 Título A, capítulo A3, se tiene:



**Tomado de la Norma NSR-10, capítulo A.3, página A-61.*

Figura 43. Imagen de referencia.

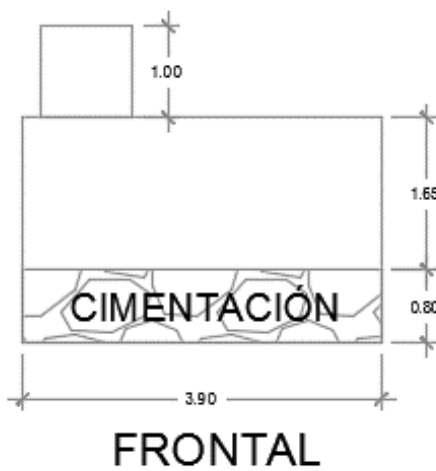


Figura 44. Imagen de referencia.

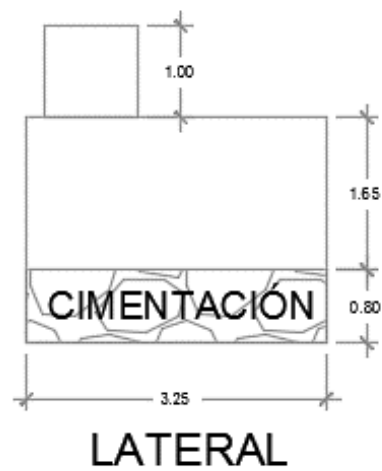


Figura 45. Imagen de referencia.

$$a = 3.90 \text{ m}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$a > 1.30b$$

$$3.90 > 1.30 \times 1.00$$

$$3.90 > 1.30$$

De acuerdo a los cálculos realizados, no se presenta irregularidad en la altura.

En base a los cálculos realizados, se puede determinar, que así la estructura presente irregularidad en el diafragma, por la magnitud de la misma, ésta no sufrirá grandes daños en

el caso de un sismo, ya que su altura total es el 1.65 metros, se puede presentar daño en la escotilla que hace parte del tanque de almacenamiento, pero que no hace parte del sistema estructural, se considera un elemento no estructural.

7.7.Zona de Amenaza sísmica

Colombia es un país localizado en una de las regiones con mayor actividad sísmica en el planeta, pues se encuentra bajo la interacción de cuatro placas tectónicas: suramericana, Caribe, Nazca y Cocos, lo cual ha llevado a la formación de diversas estructuras geológicas, volcanes y fallas activas, por lo que es muy importante conocer los efectos que se pueden generar en nuestras estructuras a causa de los efectos de los sismos.

Para esto se ha logrado realizar una clasificación por zonas en el país, plasmadas en la Figura A.2.3-1 Zonas de amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av del Capítulo A.2 de la NSR-10 (Ver ilustración 29), estas zonas se encuentran clasificadas en zonas de amenaza sísmica Alta, intermedia y baja.

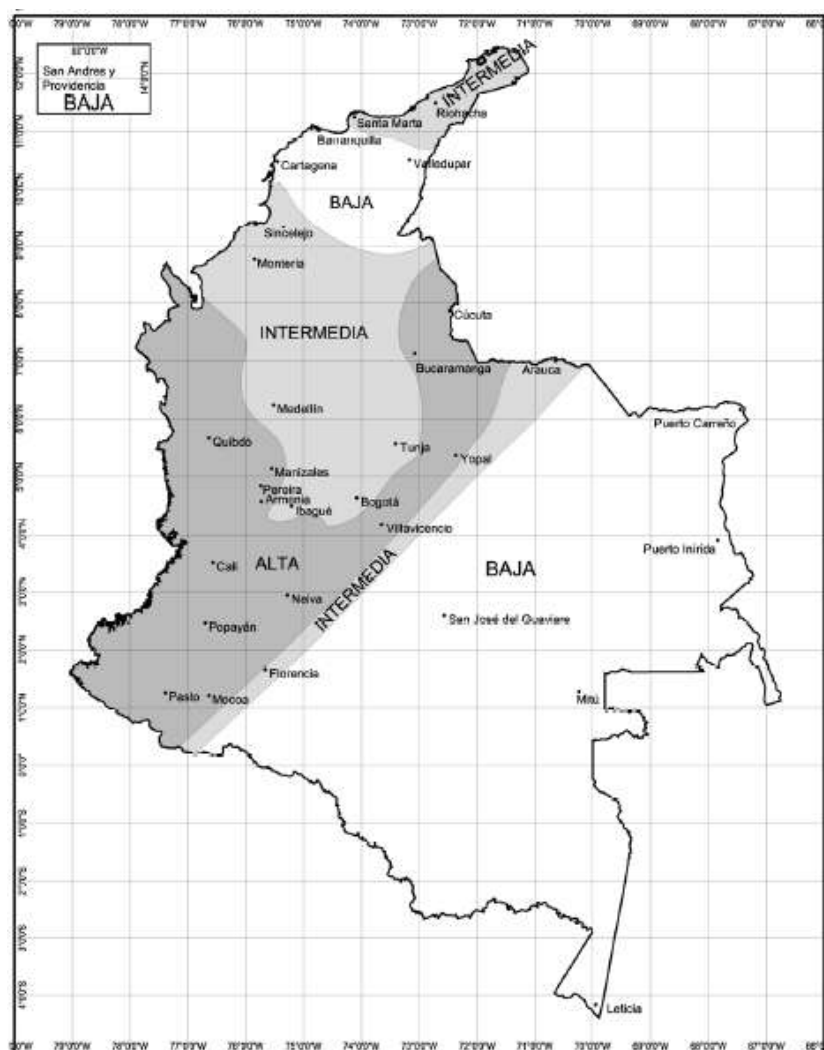


Figura 46. Figura zona de Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av. Fuente: Norma NSR-10.

Para el caso del presente estudio, la estructura se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca, Municipio de Guataquí, al realizar la respectiva verificación en la información dada por la NSR-10 en el apéndice A.4 de título A, se puede observar que para el este municipio la zona de amenaza sísmica corresponde a un nivel intermedio con valores de Aa y Av de 0.20 para cada uno respectivamente, siendo esto últimos coeficientes que representan la aceleración y velocidad horizontal pico efectiva para diseño sísmico.

Tabla 17

Valores sísmicos y zonas de amenaza.

Departamento de Cundinamarca						
Municipio	Código Municipio	A _a	A _v	Zona de Amenaza Sísmica	A _c	A _d
Bogotá D. C.	11001	0.15	0.20	Intermedia	0.13	0.06
Agua de Dios	25001	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Albán	25019	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Anapoíma	25035	0.15	0.20	Intermedia	0.13	0.06
Anolaima	25040	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Apulo	25599	0.20	0.20	Intermedia	0.12	0.06
Arbeláez	25053	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Beltrán	25086	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.06
Bituima	25095	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Bojacá	25099	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Cabrera	25120	0.25	0.25	Alta	0.12	0.06
Cachipay	25123	0.15	0.20	Intermedia	0.15	0.06
Cajicá	25126	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Caparrapi	25148	0.15	0.20	Intermedia	0.15	0.06
Cáqueza	25151	0.25	0.25	Alta	0.15	0.06
Carmen de Carupa	25154	0.15	0.15	Intermedia	0.09	0.05
Chaguani	25168	0.15	0.20	Intermedia	0.16	0.06
Chía	25175	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Chipaque	25178	0.20	0.25	Alta	0.11	0.05
Choachi	25181	0.20	0.25	Alta	0.12	0.06
Chocontá	25183	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Coque	25200	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Cota	25214	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Cucunubá	25224	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
El Colegio	25245	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
El Peñón	25258	0.15	0.20	Intermedia	0.13	0.06
El Rosal	25260	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
Facatativá	25269	0.15	0.20	Intermedia	0.12	0.06
Fómeque	25279	0.25	0.25	Alta	0.16	0.06
Fosca	25281	0.25	0.25	Alta	0.16	0.06
Funza	25286	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.06
Fúquene	25288	0.15	0.20	Intermedia	0.08	0.05
Fusagasugá	25290	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Gachalá	25293	0.30	0.25	Alta	0.26	0.06
Gachancipá	25295	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Gachetá	25297	0.20	0.25	Alta	0.15	0.06
Gama	25299	0.25	0.25	Alta	0.16	0.06
Girardot	25307	0.20	0.20	Intermedia	0.12	0.06
Granada	25312	0.15	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Guachetá	25317	0.15	0.15	Intermedia	0.08	0.05
Guaduas	25320	0.15	0.20	Intermedia	0.15	0.06
Guasca	25322	0.15	0.25	Alta	0.11	0.05
Guataquí	25324	0.20	0.20	Intermedia	0.16	0.06

Valores de A_a, A_v, A_c y A_d y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos
(Apéndice A-4 NSR-10)

7.8. Matriz de Vulnerabilidad

Por medio de la siguiente matriz se quiere dar a conocer un resumen del estado actual de la estructura, el suelo en el que está construida, así como su posible afectación de acuerdo a parámetros establecidos, así:

Tabla 18

Valores sísmicos y zonas de amenaza.

ETAPAS DE VULNERABILIDAD		
Probabilidad de ocurrencia	Definición	Categoría
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia	A
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia	B
Remota	Baja probabilidad de ocurrencia	C
Extremadamente remota	Difícil que ocurra	D

Etapas de Vulnerabilidad. Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.

De acuerdo a la tabla anterior, Etapas de Vulnerabilidad, para el paciente del presente estudio, se encuentra dentro de la categoría *B: Moderado: Mediana probabilidad de ocurrencia*.

Tabla 19

Clasificación del riesgo

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	
Categoría	Riesgo
1	Muy alto
2	Alto
3	Medio
4	Bajo

Clasificación del Riesgo. Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.

De acuerdo a la tabla anterior, Clasificación del Riesgo, para el paciente del presente estudio, se encuentra dentro de la categoría *3: Medio*.

Tabla 20

Matriz de vulnerabilidad

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD				
PROBABILIDAD	Frecuente	5				
	Posible	4				
	Ocasional	3				
	Remota	2				
	Improbable	1				
		1	2	3	4	5
		Muy leve	Leve	Seria	Grave	Catastrofica
		SEVERIDAD				

Riesgos que necesitan MITIGACIÓN: Planes de actuación correctivos
 Riesgos que necesitan INVESTIGACIÓN: Planes de actuación preventivos.
 Riesgos que necesitan MONITORIZACIÓN: Planes de actuación defectivos.

Matriz de Vulnerabilidad. Color del Riesgo de Probabilidad vs Severidad. Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.

Así mismo, de acuerdo a la tabla 9 y respecto a los valores de las Tablas 7 y 8, el paciente del presente estudio, se encuentra dentro de la categoría de *Severidad: Leve y Probabilidad: Ocasional*, teniendo como resultado final el color *Amarillo: Riesgos que necesitan INVESTIGACIÓN. Planes de actuación preventivos.*

Los datos anteriormente nombrados y obtenidos de las Tablas 7, 8 y 9, se basan en la historia de sismos en la zona, las fallas geológicas, riesgos por inundación y remoción en masa, nombrados en numerales anteriores.

A continuación, se presenta la matriz de vulnerabilidad elaborada para el paciente del presente estudio:

Tabla 21

Matriz de vulnerabilidad

MATRIZ DE VULNERABILIDAD										
ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN GENERAL	SUELOS	MATERIALES	SISMO	AGRIETAMIENTO Y/O AFECTACIÓN PUNTUAL	PROCESO REMOCIÓN DE MASA	INUNDACIÓN	VULNERABILIDAD		COLOR
								Etapas de Vulnerabilidad	Clasificación del riesgo	
Muro frontal 1		0 mts a 0.75mts:		En la zona no presenta una gran actividad sísmica, sin embargo, se tiene registro de 3 sismos en los años 1928, 1992 y 1995 con una magnitud EMS- 98 de 8, 10 y 8 grados respectivamente.	Erosión y humedad por ataque químico. Ensayos en campo: Espesor de carbonatación 5mm, penetración de carbonatación 1,042 mm/año y esclerometría 3915 PSI.	Debido a la ubicación geográfica de la estructura, la cual es cercana al río donde se tiene materiales finos, arcillas, arenas y gravas, estos presentan un potencial de licuación medio-alto.	La estructura se encuentra ubicada cerca al río magdalena, en el municipio de Guataquí Cundinamarca, este municipio se encuentra en una zona susceptible a inundaciones debido a las posibles crecientes en el río magdalena que se puedan generar a causa del aumento de precipitaciones por el fenómeno	B	3	Ocasional leve: Riesgos que necesitan investigación: Planes de actuación preventivos.
	Muro frontal 1 de 0.20m de espesor, 3.90m de longitud y una altura de 1.65m con una cimentación superficial de 0.80m, que hace parte del Tanque de almacenamiento de agua potable, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicado en la vereda El Bagal, Municipio de Guataquí, Cundinamarca. corresponde a un elemento monolítico. Como se evidencia en la fotografía se presenta mancha de color negro en un 80% de su superficie.	Material limoso con gravas y arena color café 0.75mts a 0.90mts: Arena arcillosa de grano grueso- medio con gravas color media sin plasticidad.	Concreto reforzado de 3000 PSI, con acero de 3/8". (Información teórica)							
Muro frontal 2		0.90mts a								

	Muro frontal 2 de 0.20m de espesor, 3.90m de longitud y una altura de 1.65m con una cimentación superficial de 0.80m, que hace parte del Tanque de almacenamiento de agua potable, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicado en la vereda El Bagal, Municipio de Guataquí, Cundinamarca. corresponde a un elemento monolítico. Como se evidencia en la fotografía se presenta mancha de color negro en un 80% de su superficie.	3.00mts: Arena arcillosa con gravas no consolidada y densa.	Concreto reforzado de 3000 PSI, con acero de 3/8". (Información teórica)	Humedad y posible corrosión del acero de refuerzo por ataque de tipo físico. Ensayos en campo: Espesor de carbonatación 5mm, penetración de carbonatación 1,042 mm/año y esclerometría 3915 PSI.	de "la niña" , con una probabilidad de ocurrencia probable, reportado en el año 2011 por el IDEAM	B	3	Ocasional leve: Riesgos que necesitan investigación: Planes de actuación preventivos.
Muro lateral 3	Muro lateral 3 de 0.20m de espesor, 3.25m de longitud y una altura de 1.65m con una cimentación superficial de 0.80m, que hace parte del Tanque de almacenamiento de agua potable, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicado en la vereda El Bagal, Municipio de Guataquí, Cundinamarca. corresponde a un elemento monolítico. Como se evidencia en la		Concreto reforzado de 3000 PSI, con acero de 3/8". (Información teórica)	Grieta y dilatación de materiales de diferentes edades de tipo mecánico. Ensayos en campo: Espesor de carbonatación 5mm, penetración de carbonatación 1,042 mm/año y esclerometría 3915 PSI.		B	3	Ocasional leve: Riesgos que necesitan investigación: Planes de actuación preventivos.



	fotografía se presenta mancha de color negro en un 80% de su superficie.								
Muro lateral 4									
	Muro lateral 3 de 0.20m de espesor, 3.25m de longitud y una altura de 1.65m con una cimentación superficial de 0.80m, que hace parte del Tanque de almacenamiento de agua potable, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicado en la vereda El Bagal, Municipio de Guataquí, Cundinamarca. corresponde a un elemento monolítico. Como se evidencia en la fotografía se presenta mancha de color negro en un 80% de su superficie.	Concreto reforzado de 3000 PSI, con acero de 3/8". (Información teórica)		Grieta y dilatación de materiales de diferentes edades de tipo mecánico. Ensayos en campo: Espesor de carbonatación 5mm, penetración de carbonatación 1,042 mm/año y esclerometría 3915 PSI.		B	3	Ocasional leve: Riesgos que necesitan investigación: Planes de actuación preventivos.	

Tapa tanque									
	Tapa o placa superior de 3.90m de largo t 3.25m de ancho, con un espesor de 0.15m, que hace parte del Tanque de almacenamiento de agua potable, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ubicado en la vereda El Bagal, Municipio de Guataquí, Cundinamarca. Los elementos como muros del tanque es una estructura monolítica y la tapa fundida en una sola etapa independiente de los muros. Como se evidencia en la fotografía se presenta pérdida de recubrimiento superficial exponiendo el agregado de la mezcla.	Concreto reforzado de 3000 PSI, con acero de 3/8". (Información teórica)		Erosión por el viento y lluvias de tipo mecánico. Ensayos en campo: Espesor de carbonatación 5mm, penetración de carbonatación 1,042 mm/año y esclerometría 3915 PSI.			B	3	Ocasional leve: Riesgos que necesitan investigación: Planes de actuación preventivos.

Descripción general de matriz de vulnerabilidad.

8. Propuestas de intervención

Para realizar la rehabilitación de la estructura, se detallan tres propuestas de intervención y será evaluada la más conveniente, teniendo como prioridad las actividades y no el presupuesto.

8.1. Propuesta de intervención No. 1.

PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN # 1					 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CALVARIO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA — BOGOTÁ — JARDÍN — S. A. — PEREIRA —
TANQUE PERTENECIENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE GUATAQUÍ, CUNDINAMARCA					
Antigüedad de la Estructura: 23 Años (construido en el año de 1998) Localización/Descripción: Tanque de almacenamiento, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Guataquí, Cundinamarca, vereda el Bagal. Uso y función de la construcción: Tanque de almacenamiento de agua potable en funcionamiento durante 4 horas al día. Tipo de Material: Tanque de almacenamiento construido en el año 1998 en concreto reforzado de 3000 psi. Compuesto por una cimentación superficial en concreto ciclópeo, muros con espesor de 20cm, tapa con espesor de 15 cm y escotilla de acceso en mampostería y tapa metálica. Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo: mantenimiento planificado y necesario para prolongar la vida útil, determina tiempos de revisión, elementos que deben reemplazarse, modos de uso y seguridad de los mismos, limpieza y control.					
ELEMENTO	PATOLOGÍA	METODO DE REPARACION	MATERIALES Y/O EQUIPOS	TIEMPO	PROCEDIMIENTO
PLACA SUPERIOR/TAPA TANQUE	Perdida de recubrimiento superficial del concreto	Se debe realizar una limpieza del concreto viejo, realizar un abuzardamiento de no mas de 10mm de profundidad, sin afectar el acero de refuerzo. La superficie debe estar rugosa, sana, limpia y saturada.	Concreto de cemento Portland, concreto modificado con látex, Epóxido o mortero de reparación. Se requiere herramientas menores.	*Tiempo de ejecución de la intervención incluido fraguado (12 días). * Periodicidad: La actividad se debe realizar cada 5 años o antes si se presenta desprendimiento de del concreto en mas de 30% de su área intervenida.	* Se realiza limpieza del área a intervenir, se debe retirar restos de color (de presentarse). * Se realiza abuzardado con una maceta de picos, garantizando que tenga una profundidad de 10 mm aproximadamente. * Se debe realizar limpieza a la superficie, preferiblemente con aire a presión para para retirar material suelto por el abuzardado. * Se debe aplicar un material adherente de concreto fresco con concreto endurecido, en caso de necesitar pañete dereparacion. * Se debe aplicar el concreto de reparación o el concreto modificado con látex. * Se debe dejar fraguar por al menos 8 días, para abrir el espacio a uso.
MUROS LATERALES TANQUE	Ensuciamiento	Se debe realizar mantenimiento de la estructura, lavar de manera periódica y aplicar pintura para exteriores anticorrosiva. Se debe realizar una limpieza profunda, para identificar problemas que se puedan presentar mas a fondo.	Se debe lavar con cepillos de cerda fina a media, se debe aplicar pintura o productos impermeabilizantes similares para exteriores.	* Tiempo de ejecución de la actividad (3 días). * Periodicidad: Se debe realizar mantenimiento cada 6 meses.	* Se realiza limpieza del área a intervenir aplicando agua corriente con hidro lavadora, no a presión, se debe retirar restos de color (de presentarse). * Se refriega el área con un cepillo de cerdas finas y garantizando el retiro de las manchas del elemento y si fuera necesario el uso de jabón de baja abrasión. * Para la aplicación de la pintura con impermeabilizantes o producto similar, para exteriores que sea impermeable y que no genere hongos, el área debe estar limpia y seca, garantizado mínimo tres capas.
ESCOTILLA	Grietas y fisuras	Inyección de resina epoxi: Se pretende conseguir la impermeabilización y sellado de las fisuras, limpiando e inyectando la masilla a diferentes profundidades y presiones.	se inyecta la masilla epoxi, mediante pistolas o equipos inyectoras, mediante boquillas, a diferente presión.	* Tiempo de ejecución: (5 días). * Periodicidad: Se debe sellar las fisuras cada dos años o antes si se presenta desprendimiento de el material epóxido de sellado.	* Se realiza limpieza de la fisura con grata metálica y aire a presión. * Se aplica el epóxido sellante de fisuras con una pistola de silicona y una boquilla delgada para garantizar que se aplicara hasta el fondo de la fisura. * Se debe llenar toda la cavidad sin dejar espacios y garantizar el sello de la fisura.
		Inyección de pastas o lechadas de cemento: Se pretende sellar la fisura, limpiando e inyectando lechada de cemento y agua que mueve algunos finos. La relación agua cemento es baja.	Se desarrolla actividad mediante inyectoras y boquillas.	* Tiempo de ejecución: (6 días). * Periodicidad: Se debe sellar las fisuras cada dos años o antes si se presenta desprendimiento del material.	* Se realiza limpieza de la fisura con grata metálica y aire a presión. * Se aplica un material adherente entre concreto fresco y concreto endurecido. * Se aplica concreto con agregados finos y aplicando un material de fraguado rápido (se recomienda SIK-2), se debe llenar en su totalidad la fisura.
ESCOTILLA	Manchas por derrames de agua	Se debe implementar un sistema de niveles de agua en los tanques, para garantizar que no tendrá derrames de agua.	* Se utilizara una bombas sumergible auto acoplable, que deben estar conectadas a una tubería de desfogue que llevar el agua de exceso del tanque. * Tubería antioxidante de evacuación de agua. * Flotador automático que controla el nivel del agua del tanque. * En caso de tener filtraciones externas se usa productos de sellado resistentes al agua.	* Tiempo de ejecución: (6 días). * Periodicidad: Se debe realizar mantenimiento del sistema de evacuación cada dos meses revisando el buen funcionamiento de la bomba sumergible, flotador automático y tubería.	* Se realiza extendida de tubería del tanque de la instalación de la bomba sumergible a tanque de respaldo * Se conecta la bomba sumergible al sistema de tubería ya instalado (esta labor debe realizar mecánico y operario de bomba) * Se debe conectar el flotador automático al sistema de evacuación previamente instalado (esta labor se debe realizar por un eléctrico y el operario de la bomba)

8.2.Propuesta de intervención No.2:

PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN # 2					
TANQUE PERTENECIENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE GUATAQUÍ, CUNDINAMARCA				 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA	
Antigüedad de la Estructura: 23 Años (construido en el año de 1998) Localización/Descripción: Tanque de almacenamiento, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Guataquí, Cundinamarca, vereda el Bagal. Uso y función de la construcción: Tanque de almacenamiento de agua potable en funcionamiento durante 4 horas al día. Tipo de Material: Tanque de almacenamiento construido en el año 1998 en concreto reforzado de 3000 psi. Compuesto por una cimentación superficial en concreto ciclópeo, muros con espesor de 20cm, tapa con espesor de 15 cm y escotilla de acceso en mampostería y tapa metálica. Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo: mantenimiento planificado y necesario para prolongar la vida útil, determina tiempos de revisión, elementos que deben reemplazarse, modos de uso y seguridad de los mismos, limpieza y control.					
ELEMENTO	PATOLOGIA	METODO DE REPARACION	MATERIALES Y/O EQUIPOS	TIEMPO	PROCEDIMIENTO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Perdida de recubrimiento superficial del concreto, ensuciamiento, Fisuras y manchas por derrames de agua.	Tanque alterno + Procedimiento intervención 1º lavado y desinfección.	* Tanque plástico de aproximado 10.000 Lts. * Instalaciones hidráulicas menores. (Registro, codos, válvulas, etc.) * 1 UND flotador. * Sistema de Bypass. * Herramienta menor, para lavado y desinfección. * Químicos apropiados para el tratamiento de agua, como hipoclorito al 5%. * Concreto de cemento Portland, concreto modificado con látex, Epóxido o mortero de reparación. Se requiere herramientas menores. * Inyección de masilla epoxi, mediante pistolas o equipos inyector, mediante boquillas, a diferente presión. * Se utilizará una bomba sumergible auto acoplable, que deben estar conectadas a una tubería de desfogue que lleve el agua de exceso del tanque. * Tubería antioxidante de evacuación de agua. * Flotador automático que controla el nivel del agua del tanque. * En caso de tener filtraciones externas se usa productos de sellado resistentes al agua.	*Tiempo de ejecución, instalación y puesta en marcha de nuevo tanque 2 días. * Periodicidad: La actividad se debe ejecutar cuando se realice actividades de limpieza del tanque o mantenimiento del mismo. La actividad de lavado y desinfección de los tanques se debe realizar como mínimo cada 6 meses.	* Se realiza limpieza del área donde se va a ubicar el tanque y se realizar la construcción del nuevo tanque, con todas las instalaciones hidráulicas y sanitarias pertinentes, así como instalación de sistema de Bypass. * Se debe cerrar las llaves de suministro de agua potable al tanque de almacenamiento. * Abrir sistema de Bypass donde el agua, se trasporte al tanque alterno. * Se procede a ainear los tanques de almacenamiento, ganaran tizando material particulado y concentración de cloro. * Se deja un mínimo de 20 cm de lamina de agua en el tanque a intervenir. * Se inician actividades de lavado interno y externo del tanque, en el interno se usara escobillas de cerda fina e hidrolavadoras, con esto se garantiza el lavado de todos los elementos, rejillas, tapas y sistemas hidráulicos. * Se procede a desocupar suciedad y desinfectar el tanque, se debe reparar fisuras y descascaramientos de presentarse en. * En la parte externa, la tapa del tanque, se debe realizar limpieza del área a intervenir, se debe retirar restos de color (de presentarse), Se realiza abuzardado con una macesta de picos, garantizando que tenga una profundidad de 10 mm aproximadamente, Se debe realizar limpieza a la superficie, preferiblemente con aire a presión para para retirar material suelto por el abuzardado, se debe aplicar un material adherente de concreto fresco con concreto endurecido, en caso de necesitar pañete de reparación, se debe aplicar el concreto de reparación o el concreto modificado con látex, Se debe dejar fraguar por al menos 8 días, para abrir el espacio a uso para los muros laterales, se debe realizar limpieza del área a intervenir aplicando agua corriente con hidro lavadora, no a presión, se debe retirar restos de color (de presentarse), Se refriega el área con un cepillo de cerdas finas y garantizando el retiro de las manchas del elemento y si fuera necesario el uso de jabón de baja abrasión, luego se aplica pintura o productos similares, para exteriores que sea impermeable y que no genere hongos, el área debe estar limpia y seca, garantizado mínimo tres capas. Para las grietas en la escotilla, Se realiza limpieza de la fisura con grata metálica y aire a presión. Se aplica el epóxido sellante de fisuras con una pistola de silicona y una boquilla delgada para garantizar que se aplicara hasta el fondo de la fisura. Se debe llenar toda la cavidad sin dejar espacios y garantizar el sello de la fisura. Para manchas en escotilla, Se debe realizar una extensión de tubería del tanque de la instalación de la bomba sumergible a tanque de respaldo, luego se conecta la bomba sumergible al sistema de tubería ya instalado (esta labor debe realizar mecánico y operario de bomba), Se conecta el flotador automático al sistema de evacuación previamente instalado (esta labor se debe realizar por un eléctrico y el operario de la bomba). Finalmente luego de estos procesos se deja ainear el tanque, se dejan secar reparaciones y se procede a abrir sistema de Bypass.

8.3.Propuesta de intervención No. 3:

PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN # 3				 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMERA CALIDAD UNIVERSITARIA DE COLOMBIA — BUENAS PRACTICAS — C. A. — BUENAS PRACTICAS —	
TANQUE PERTENECIENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE GUATAQUÍ, CUNDINAMARCA					
Antigüedad de la Estructura: 23 Años (construido en el año de 1998)					
Localización/Descripción: Tanque de almacenamiento, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Guataquí, Cundinamarca, vereda el Bagal.					
Uso y función de la construcción: Tanque de almacenamiento de agua potable en funcionamiento durante 4 horas al día.					
Tipo de Material: Tanque de almacenamiento construido en el año 1998 en concreto reforzado de 3000 psi. Compuesto por una cimentación superficial en concreto ciclópeo, muros con espesor de 20cm, tapa con espesor de 15 cm y escotilla de acceso en mampostería y tapa metálica.					
Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo: mantenimiento planificado y necesario para prolongar la vida útil, determina tiempos de revisión, elementos que deben reemplazarse, modos de uso y seguridad de los mismos, limpieza y control.					
ELEMENTO	PATOLOGIA	METODO DE REPARACION	MATERIALES Y/O EQUIPOS	TIEMPO	PROCEDIMIENTO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Perdida de recubrimiento superficial del concreto, ensuciamiento, Fisuras y manchas por derrames de agua.	Tanque alterno +Impermeabilización con lamina de poliduro de vinilo flexible (PVC-P) con armadura de malla en fibra políester.	* Tanque plástico de aproximado 10.000 Lts. * Instalaciones hidráulicas menores. (Registro, codos, válvulas, etc.) * 1 UND flotador. * Sistema de Bypass. * EUCO MEMBRANA TANQUES PVC, en rollo de 2.10m X 20 m2.	*Tiempo de ejecución de la intervención incluido instalación de impermeabilización 6 días. * Periodicidad: La actividad de impermeabilización debe realizarse 1 vez, o cuando se demuestre deterioro vejes de estructura. Actividades de limpieza y desinfección una vez cada 6 meses.	* Se realiza limpieza del área donde se va a ubicar el tanque y se realizar la construcción del nuevo tanque, con todas las instalaciones hidráulicas y sanitarias pertinentes, así como instalación de sistema de Bypass. * Se debe cerrar las llaves de suministro de agua potable al tanque de almacenamiento. *Abrir sistema de Bypass donde el agua, se transporte al tanque alterno. * Se procede a airear los tanques de almacenamiento, ganarantizando material particulado y concentración de cloro. * Se debe desocupar por completo el tanque a intervenir. * Se incian actividades de lavado interno y externo del tanque, en el intern se usara escobillas de cerda fina e hidrolavadoras, con esto se garantiza el lavado de todos los elementos, rejillas, tapas y sistemas hidráulicos. * Se debe dejar secar las superficies del tanque en su totalidad. * Se procede a realizar actividades de reparación del tanque, levantamiento de pañete descascarado o material afectado, corrección y sellado de fisuras internas y externas, con productos SIKKA, y nivelación de superficie con morteros de reparación. *Instalación del sistema de impermeabilización EUCO MEMBRANA TANQUES PVC (Seguir manual de instrucciones del producto, suministrado por el proveedor). * Finalmente, se produce a abrir sistema de Bypass y llenar el tanque reparado recientemente.

De acuerdo a la propuesta de intervención # 1, que se ejecutará, a continuación, se presenta el cronograma de actividades.

[illegible]

11. Manual de mantenimiento.

Para prolongar la vida útil del paciente del presente estudio, a continuación, se detalla el manual de mantenimiento.

MANUAL DE MANTENIMIENTO TANQUE PERTENECIENTE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO REGIONAL DE GUATAQUÍ, CUNDINAMARCA						 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA REGIÓN: ARICA Y A. BISTARCA
Antigüedad de la Estructura: 23 Años (construido en el año de 1998) Localización/Descripción: Tanque de almacenamiento, perteneciente a la planta de tratamiento de agua potable del acueducto regional de Guataquí, Cundinamarca, vereda el Rasal Uso y función de la construcción: Tanque de almacenamiento de agua potable en funcionamiento durante 4 horas al día. Tipo de Material: Tanque de almacenamiento construido en el año 1998 en concreto reforzado de 3000 psi. Compuesto por una cimentación superficial en concreto ciclópeo, muros con espesor de 20cm, tapa con espesor de 15 cm y escotilla de acceso en mampostería y tapa metálica. Tipo de mantenimiento: Mantenimiento preventivo: mantenimiento planificado necesario para prolongar la vida útil, determina tiempos de revisión, elementos que deben reemplazarse, modos de uso y seguridad de los mismos, limpieza y control.						
No.	ELEMENTO	LESIÓN	INSPECCIÓN	LIMPIEZA	REPOSICIÓN	PERIODICIDAD
1	PLACA SUPERIOR/TAPA TANQUE	Perdida de recubrimiento superficial del concreto	Inspección periódica del elemento con el fin de identificar si se presenta desprendimiento del concreto de reparación en más del 30% de su área intervenida.	Limpieza periódica para eliminar elementos orgánicos de acumulación, debe realizarse con agua y cepillo de cerdas suaves y evitar el uso de detergentes con químicos muy fuertes o abrasivos.	En caso de presentar desprendimiento del concreto de reparación, debe ser reemplazado de inmediato, la superficie debe estar limpia y seca, usar SIKADUR 32 PRIMER para puente de adherencia y usar mortero o concreto de reparación de alta resistencia y adherencia.	Cada 5 años o antes si se presenta desprendimiento del concreto en más del 30% de la superficie del área intervenida.
2	MUROS LATERALES TANQUE	Ensuciamiento	Inspección periódica del elemento con el fin de identificar si se presenta desprendimiento de la pintura.	Limpieza periódica para eliminar elementos orgánicos de acumulación, debe realizarse sólo con agua.	En caso se presentar desprendimiento de la pintura, debe ser reemplazada, la superficie debe estar limpia, seca y libre de pintura vieja, usar SIKACOLOR C, siguiendo las recomendaciones de aplicación del fabricante.	Cada 6 meses o antes si se presenta desprendimiento o ensuciamiento en la pintura.
3	PLACA SUPERIOR/TAPA TANQUE	Grietas y fisuras	Inspección periódica del elemento con el fin de identificar si se presenta desprendimiento del material de reparación de juntas y grietas.	No aplica.	En caso de presentar desprendimiento, debe ser reemplazada, la superficie debe estar limpia, seca y sin residuos del producto anterior, usar SIKADUR 32 PRIMER para puente de adherencia y usar el epóxico sellante de fisuras o concreto de agregados finos con aditivo SIKAGUARD para su rápido fraguado.	Cada 2 años o antes si se presenta desprendimiento del material de reparación,
4	PLACA SUPERIOR/TAPA TANQUE	Manchas por derrames de agua	Inspección periódica de los elementos eléctricos y partes mecánicas de la bomba con el fin de identificar posibles fallas.	Limpieza periódica de filtros y aletas para evitar obstrucciones.	En caso de presentar falla, se debe reportar caso de estar dentro de garantía, de lo contrario se debe enviar a mantenimiento, ya que el equipo tiene un alto costo.	Cada mes para verificar componentes y funcionamiento.
5	CARAS INTERNAS DEL TANQUE	No aplica	Inspección periódica de las paredes internas del tanque, con el fin de identificar el estado de la impermeabilización.	Desinfección interna para garantizar agua de buena calidad.	En caso se presentar deterioro el mecanismo de impermeabilización debe ser reemplazado de inmediato con el fin de garantizar la calidad del agua tratada.	Cada 5 años o antes si se presenta deterioro.
6	TANQUE EN GENERAL	Fisuras y juntas frías	Inspección periódica del paciente en su estructura total, con el fin de identificar si se presentan fisuras y juntas frías diferentes a las existentes.	Limpieza periódica para eliminar elementos orgánicos de acumulación, debe realizarse sólo con agua.	En caso de presentarse nuevas fisuras y juntas frías, se debe realizar el proceso expuesto en los numerales 3 y 4.	Cada 2 años o antes si se presenta.

12. Conclusiones

- ✓ Se realizó el estudio patológico y de acuerdo a las características que componen el tanque del presente estudio, por su diseño inicial o materiales de construcción no se presentan afectaciones graves que vean comprometida su estabilidad y funcionalidad de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de resultados de los ensayos realizados.
- ✓ Se efectuó tres propuestas de intervención, se determina tomar la propuesta No.1, la cual es la más completa y abarca todas las zonas necesarias de afectación, con el fin de ser corregidas y generar una nueva vida útil al paciente.
- ✓ De acuerdo al manual de mantenimiento generado en el presente estudio, se debe cumplir el mismo siguiendo las recomendaciones, con el fin de garantizar la vida útil, estabilidad y funcionalidad de la estructura.
- ✓ Basado en las principales lesiones identificadas en el paciente, obedecen a falta de mantenimiento preventivo como sello de juntas, protección del concreto contra los rayos uv, agentes ambientales y atmosféricos.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos, estructuralmente, el paciente del presente estudio, cumple con el refuerzo mínimo exigido por la Norma NSR-10; en cuanto a la resistencia mínima del concreto no cumple en un cien por ciento ya que de acuerdo a los resultados se tiene una resistencia de 3915psi y lo que dicta la Norma NSR-10 es de mínimo 4000psi para este tipo de estructuras catalogadas como estructuras ambientales.
- ✓ Con el presente estudio de patología en el acueducto de del municipio de Guataquí, se puede tomar como manual donde indica los parámetros mínimos que se deben tomar para realizar un estudio de patología en un tanque de agua potable y a su vez se puede homologar para tanques de aguas tratadas, tanques de aguas industriales y tanques de

agua residuales que son contruidos en concreto reforzado.

- ✓ Se cumplió el objetivo de describir diferentes propuestas de intervención y el respectivo presupuesto para la mejor opción, para esto se llevó a cabo el análisis de un estudio patológico donde se analizan variables climáticas, históricas inspecciones visuales, técnicas y algunos laboratorios como: ferroskan, esclerometría, cloruros en agua y carbonatación.
- ✓ En el ensayo de ferroskan se obtuvo en los diferentes puntos un recubrimiento y distanciamiento de varillas aceptable, las cuales varia de 3.6cm a 7cm y un distanciamiento promedio de 20 cm.
- ✓ La cantidad de cloruros encontrados en agua corresponde a un valor de 0.018 mg/l, lo cual muestra que la estructura no se ve muy afectada por esta patología ya que se tienen valores inferiores al 10mg/l.
- ✓ La profundidad de carbonatación que se obtuvo es de 0.5cm lo cual se analiza una afectación y deterioro en la estructura ya que esta profundidad hace parte del recubrimiento y al no realizar una reparación puede afectar acero presente.
- ✓ Basado en las principales lesiones identificadas en el paciente, obedecen a falta de mantenimiento preventivo como sello de juntas, protección del concreto contra los rayos uv, agentes ambientales y atmosféricos.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos, estructuralmente, el paciente del presente estudio, cumple con el refuerzo mínimo exigido por la Norma NSR-10; en cuanto a la resistencia mínima del concreto no cumple en un cien por ciento ya que de acuerdo a los resultados se tiene una resistencia de 3915psi y lo que dicta la Norma NSR-10 es de mínimo 4000psi para este tipo de estructuras catalogadas como estructuras ambientales.
- ✓ Según los resultados obtenidos en el ensayo de determinación de cloruro en el agua se

obtuvo una cantidad de (0.0018mg/L), el cual no cumple con los parámetros establecidos en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 donde dice que debe estar entre 0.3 y 2.0 mg/L.

- ✓ Según los resultados del ensayo de ferroskan o detección de aceros en el concreto, se encontró acero de refuerzo #4 de ½”, con un recubrimiento aproximado de 5.75 cm en el refuerzo vertical y un distanciamiento de 26 cm y de 7.6 cm de recubrimiento en el refuerzo horizontal con un distanciamiento de promedio de 30 cm.

13. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar la impermeabilización interna del tanque mediante productos epóxicos, que permitan el aislamiento del agua potable y de la estructura en concreto, garantizando así que el agua no se contamine por factores externos.
- ✓ Se recomienda mantenimientos periódicos a las diferentes partes de la estructura, ya que esto evita deterioro estructural, gastos en mantenimientos extra y se aumenta su vida útil.
- ✓ Se recomienda controlar los niveles de agua en los tanques con un sistema de bombas sumergibles, que deben estar conectadas a unos flotadores y estos a su vez a una fotocelda que accionara el flotador y controlara los niveles.
- ✓ Se recomienda realizar mantenimiento periódico a la estructura de los tanques en cuanto a pintura impermeabilizante, control de segregación de agregados de la estructura aseo general de los tanques.

Bibliografía y webgrafía

- Broto, C, (2006), *Enciclopedia Broto de las patologías de la construcción*, Barcelona, España, Learning international key services Barcelona, página 31
- *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010)*. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título C . *Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica*
- Atlas.ideam.gov.co. (2021). Recuperado 13 mayo 2021, de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/temperatura-cundinamarca.pdf>.
- Atlas.ideam.gov.co. (2021). Recuperado 13 mayo 2021, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- DANE Censo Nacional de población y vivienda – 2018 Colombia - <https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e53e1178fb1f497cac9b241dbafb1690>
- EPC puesta en marcha del acueducto regional de Guataquí, Nariño y Jerusalén - <https://epc.com.co/puesta-en-marcha-del-acueducto-regional-de-guataqui-narino-y-jerusalen/>
- Atlas.ideam.gov.co. (2021). Recuperado 13 mayo 2021, de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/HR_Anuual.pdf
- Servicio Geológico colombiano (10 de octubre de 2021). *Geo portal de consulta* <https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/geoportal.aspx>
- Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM (10 de octubre de 2021). *Geo portal Institucional* <http://visor.ideam.gov.co/geovisor/#!/>
- Ministerio de minas y energía servicio geológico colombiano (2011) *Exploración y evaluación de carbones en el área Guataquí-Jerusalén-Guaduas-Caparrapi* <http://recordcenter.sgc.gov.co/B9/22004002524474/Documento/pdf/21052447411010>

Anexos

Anexo 1. Fotografías generales del proyecto.

Anexo 2. Ficha 1. Unión Tapa Tanque-Muros.

Anexo 3. Ficha 2. Tapa Tanque.

Anexo 4. Ficha 3. Muros Tanque.

Anexo 5. Ficha 4. Muros Tanque.

Anexo 6. Ficha 5. Escotilla Tanque.

Anexo 7. Formato Toma de Muestras en Campo: Carbonatación y Esclerometría.

Anexo 8. Formato Toma de Muestras en Campo: Ferrosan.

Anexo 9. Formato Toma de Muestras en Campo: Prueba de Cloruros en el Agua.

Anexo 10. Propuesta Económica Estudio Patológico.

Lista de figuras

Figura 1. (2021). Foto tomada de Google Earth, ubicación vereda el Bagal.

Figura 2. localización de tanques en planta (2021). Fuente: propia.

Figura 3. localización de tanques de almacenamiento 2 en planta (2021). Fuente: propia.

Figura 4. Temperatura medio anual, departamento de Cundinamarca (2021). Tomado de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/temperatura-cundinamarca.pdf>

Figura 5. Precipitaciones media anual total, departamento de Cundinamarca (2021). Tomado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

Figura 6. Humedad relativa anual, departamento de Cundinamarca (2021). Tomado de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/HR_Anual.pdf

Figura 7. Humedad relativa anual, departamento de Cundinamarca (2021). Tomada: PARRA, E.; CABALLERO, H.; MUÑOZ, R.; ZAPATA, G.; ZULUA-GA, J. 1983. Mapa Geológico de la Plancha 223 Escala 1:100.000.

Figura 8. Toma de ensayo en campo, calor carbonatación. (2021).

Figura 9. Toma de ensayo en campo, esclerómetro. (2021).

Figura 10. Tabla referencia resultados esclerómetro. (2021).

Figura 11. Toma de Norma NSR – 10, Capítulo C.23, página C-419.

Figura 12. Cara 1 tanque, sujeto de estudio.

Figura 13. Cara 1 tanque, sujeto de estudio.

Figura 14. Cara 2 tanque, sujeto de estudio.

Figura 15. Cara 2 tanque, sujeto de estudio

Figura 16. Cara 3 tanque, sujeto de estudio

Figura 17. Cara 3 tanque, sujeto de estudio

Figura 18. Cara 4 tanque, sujeto de estudio

Figura 19. Cara 4 tanque, sujeto de estudio

Figura 20. Tomado Norma NSR – 10, Capítulo C.23, página C-440.

Figura 21. Análisis de cloruros.

Figura 22. Análisis de cloruros.

Figura 23. Formación córdoba (Ksc).

Figura 24. Brecha, prueba de cloruros.

Figura 25. Brecha, evidencia de la falla la cabaña.

Figura 26. Falla de Córdoba que cabalga rocas de la Formación Córdoba (Ksc) sobre rocas de la Formación Seca (KPgs).

Figura 27. Historia sísmica Municipio de Guataquí. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 28. Historia sísmica Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 29. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 30. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 31. Intensidad registrada en el Municipio de Girardot. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 32. Intensidad registrada en el Municipio de Nariño. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Figura 33. Localización geográfica del Sector Guataquí – Jerusalén.

Figura 34. Mapa geológico del Sector Guataquí – Jerusalén.

Figura 35. Precipitación media total anual promedio multianual 1981-2010 (IDEAM)

Figura 36. Zonas susceptibles a inundación 500k_2010 (IDEAM)

Figura 37. Áreas afectadas por inundación niña 2000 (IDEAM)

Figura 38. Áreas afectadas por inundación niña 2011 (IDEAM)

Figura 39. Planta general, tanque de almacenamiento 2.

Figura 40. Planta general, tanque de almacenamiento 2.

Figura 41. Imagen de referencia.

Figura 42. Imagen de referencia, planta.

Figura 43. Imagen de referencia.

Figura 44. Imagen de referencia.

Figura 45. Imagen de referencia.

Figura 46. Figura zona de Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av. Fuente: Norma NSR-10.

Lista de Tablas

- NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, y Jerusalén en Cundinamarca.*
- NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, iraní y Jerusalén en Cundinamarca.*
- NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). *Estudios y diseños para la optimización y estructuración del acueducto regional de los municipios Guataquí, iraní y Jerusalén en Cundinamarca.*
- *Propiedades Mecánicas suelo de Fundación NYC ingeniería SAS. (2020, noviembre). Fuente propia.*
- *Descripción tipo, unidad y cantidad de paciente. (2021). fuente propia.*
- *Tabla de recolección de información en campo Cara 1. Ferrosan. (2021). fuente propia.*
- *Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales. (2021). fuente propia.*
- *Tabla de recolección de información en campo Cara 2. Ferrosan. (2021). fuente propia.*
- *Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales. (2021). Fuente propia*
- *Tabla de recolección de información en campo Cara 3. Ferrosan. (2021). Fuente propia*
- *Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales. (2021). Fuente propia.*

- *Tabla de recolección de información en campo Cara 3. Ferroscan. (2021). Fuente propia.*
- *Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales. (2021). Fuente propia.*
- *Recubrimiento, distanciamiento de barras verticales y horizontales. (2021). Fuente propia.*
- *Tabla recolección de información análisis de laboratorio. (2021). Fuente propia.*
- *Historia sísmica Municipio de Girardot. (2021). Fuente: Servicio Geológico Colombiano*
- *Historia sísmica Municipio de Nariño. (2021). Fuente: Servicio Geológico Colombiano*
- *Valores de Aa, Av, Ac y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos. (2021). (Apéndice A-4 NSR-10)*
- *Etapas de Vulnerabilidad. (2021). Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.*
- *Clasificación del Riesgo. (2021). Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.*
- *Matriz de Vulnerabilidad. Color del Riesgo de Probabilidad vs Severidad. (2021). Fuente: Clase virtual Vulnerabilidad Sísmica, Ing. Olga Lucía Vanegas.*
- *Descripción general de matriz de vulnerabilidad. (2021). Fuente propia.*

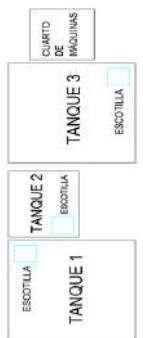
Anexo 1. Fotografías generales del proyecto.

Fotografía N°1	Fotografía N°2
	
Oscurecimiento muros laterales.	Oscurecimiento muros laterales y placa.
Fotografía N°3	Fotografía N°4
	
Hongos y capa vegetal	Hongos y capa vegetal.

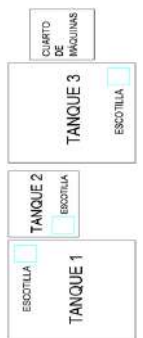
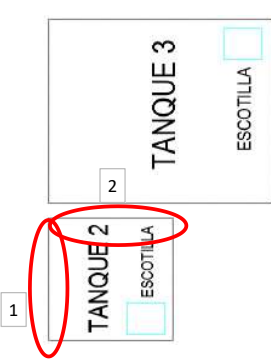
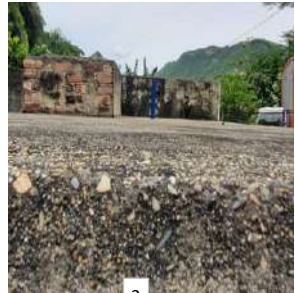
Fotografía N°5	Fotografía N°6
	
Fisura y descascara miento.	Grietas y oscurecimiento.
Fotografía N°7	Fotografía N°8
	
Fisuras en placa, falta de recubrimiento en tubo.	Fisuras en muros tanque.

Fotografía N°9	Fotografía N°10
	
Filtraciones de agua.	Posible oxidación de paredes en muros.

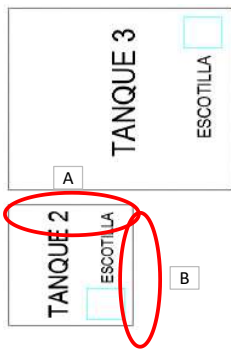
Anexo 2. Ficha 1. Unión Tapa Tanque-Muros.

INVENTARIO PATOLÓGICO FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION																																																																																																				
Antigüedad de la Estructura: 23 Años Tipo de estructura: Tanque de la planta de tratamiento de agua potable Sistema Estructural: Convencional Elemento a Estudiar: Tapa Tipo de Material: Concreto reforzado Ubicación: Vereda el Bagal, municipio de Guataquí Cundinamarca	 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA — EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA — Fecha: 15-abr-21 Hora: 10:30am																																																																																																			
Planta general 	Área específica 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">Valoración visual</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Lugar específico</th> <th colspan="3">Afectación de daño</th> <th colspan="3">Nivel de recuperación</th> <th colspan="2">Grado de lesión</th> </tr> <tr> <th>Seguridad</th> <th>Funcionalidad</th> <th>Aspecto</th> <th>Imprescindible</th> <th>Necesario</th> <th>Conveniente</th> <th>Severo</th> <th>Moderado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pared lateral</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Valoración visual									Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión		Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	pared lateral		x			x			x																																																															
Valoración visual																																																																																																				
Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión																																																																																													
	Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado																																																																																												
pared lateral		x			x			x																																																																																												
Descripción de la Patología Junta fría a causa de mala colocación de la formaleta Es una lesión de 1° grado, moderado, de tipo mecánico por grietas y dilatación de la estructura, entre dos concretos de diferentes edades.	Causa de la Patología Mala ejecución de la obra Es una causa indirecta del proyecto por mala ejecución en obra, esto se genera cuando no se construye monolíticamente, o cuando se funde la estructura y no se deja la dilatación con la estructura nueva.																																																																																																			
Fotografía 	Reparación Recomendada Realizar un corte longitudinal a lo largo de la junta fría con un espesor de 5mm aproximadamente, posteriormente se debe limpiar el corte y se aplica un lleno a una profundidad de 3mm y posteriormente un sello con silicona o material retráctil para garantizar la retracción y expansión del concreto.																																																																																																			

Anexo 3. Ficha 2. Tapa Tanque.

INVENTARIO PATOLÓGICO FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION																																																																																																													
Antigüedad de la Estructura: 23 Años Tipo de estructura: Tanque de la planta de tratamiento de agua potable Sistema Estructural: Convencional Elemento a Estudiar: Tapa Tipo de Material: Concreto reforzado Ubicación: Vereda el Bagal, municipio de Guataquí Cundinamarca	 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA — EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA — Fecha: 15-abr-21 Hora: 10:30am																																																																																																												
Planta general 	Área específica 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">Valoración visual</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Lugar específico</th> <th colspan="3">Afectación de daño</th> <th colspan="3">Nivel de recuperación</th> <th colspan="2">Grado de lesión</th> </tr> <tr> <th>Seguridad</th> <th>Funcionalidad</th> <th>Aspecto</th> <th>Imprescindible</th> <th>Necesario</th> <th>Conveniente</th> <th>Severo</th> <th>Moderado</th> <th>Leve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>placa superior</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Valoración visual									Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión		Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve	placa superior		x		x			x																																																																								
Valoración visual																																																																																																													
Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión																																																																																																						
	Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve																																																																																																				
placa superior		x		x			x																																																																																																						
Descripción de la Patología Pérdida del recubrimiento superficial del concreto Es una lesión de 1° grado, severo, de tipo mecánico por erosión por el viento y lluvias en la estructura de concreto.	Causa de la Patología Factores climáticos y ambientales Causa directa por agentes atmosféricos físicos por Factores climáticos y ambientales como la lluvia viento y contaminación ambiental.																																																																																																												
Fotografía  	Reparación Recomendada Realizar un abuzardado al área afectada con una profundidad no mayor a 10mm para garantizar que no se afectara el recubrimiento del acero de refuerzo, posteriormente se debe realizar recubrimiento en concreto de grava fina, se aplicara un material de pega entre concreto nuevo con concreto viejo para no tener futuros desprendimientos.																																																																																																												

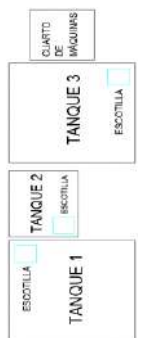
Anexo 4. Ficha 3. Muros Tanque.

INVENTARIO PATOLÓGICO FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION																																																																																																																				
Antigüedad de la Estructura: 23 Años Tipo de estructura: Tanque de la planta de tratamiento de agua potable Sistema Estructural: Convencional Elemento a Estudiar: Muros Tipo de Material: Concreto reforzado Ubicación: Vereda el Bagal, municipio de Guataquí Cundinamarca						 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ARISTA Y A DISTANCIA																																																																																																														
						Fecha: 15-abr-21 Hora: 10:30am																																																																																																														
Planta general 		Área específica 		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">Valoración visual</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Lugar específico</th> <th colspan="3">Afectación de daño</th> <th colspan="3">Nivel de recuperación</th> <th colspan="2">Grado de lesión</th> </tr> <tr> <th>Seguridad</th> <th>Funcionalidad</th> <th>Aspecto</th> <th>Imprescindible</th> <th>Necesario</th> <th>Conveniente</th> <th>Severo</th> <th>Moderado</th> <th>Leve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pared posterior</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Valoración visual									Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión		Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve	pared posterior			x	x				x																																																																							
Valoración visual																																																																																																																				
Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión																																																																																																													
	Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve																																																																																																											
pared posterior			x	x				x																																																																																																												
Descripción de la Patología Escuiamiento Es una lesión de 1° grado, moderado, de tipo físico, por humedad y suciedad de los elementos				Causa de la Patología Factores climáticos y ambientales Causa directa por factor físico, la lluvia en el Factor principal, el viento y la contaminación son factores climáticos y ambientales																																																																																																																
Fotografía  				Reparación Recomendada Realizar mantenimiento de la estructura y limpieza periódica, evacuando material sobrante y realizando inspecciones en el área, se debe aplicar una pintura de exteriores que sea impermeabilizante y que no genere hongos.																																																																																																																

Anexo 5. Ficha 4. Muros Tanque.

INVENTARIO PATOLÓGICO FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION																																																																																																														
Antigüedad de la Estructura: 23 Años Tipo de estructura: Tanque de la planta de tratamiento de agua potable Sistema Estructural: Convencional Elemento a Estudiar: Muros Tipo de Material: Concreto reforzado Ubicación: Vereda el Bagal, municipio de Guataquí Cundinamarca	 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA Fecha: 15-abr-21 Hora: 10:30am																																																																																																													
Planta general 	Área específica 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">Valoración visual</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Lugar específico</th> <th colspan="3">Afectación de daño</th> <th colspan="3">Nivel de recuperación</th> <th colspan="3">Grado de lesión</th> </tr> <tr> <th>Seguridad</th> <th>Funcionalidad</th> <th>Aspecto</th> <th>Imprescindible</th> <th>Necesario</th> <th>Conveniente</th> <th>Severo</th> <th>Moderado</th> <th>Leve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pared posterior</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Valoración visual									Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión			Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve	pared posterior			x	x			x																																																																								
Valoración visual																																																																																																														
Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión																																																																																																							
	Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve																																																																																																					
pared posterior			x	x			x																																																																																																							
Descripción de la Patología Crecimiento de material vegetal - musgo Es una lesión de 2° grado, severo, de tipo químico, por erosión y humedad.	Causa de la Patología Factores climáticos y ambientales Causa indirecta por factor químicos, por organismos erosiones químicas y humedades que ocasionan eflorescencias y posteriormente el crecimiento de musgo.																																																																																																													
Fotografía  	Reparación Recomendada Realizar mantenimiento de la estructura y limpieza periódica, realizar inspecciones en el área. Se recomienda realizar un recubrimiento a los muros de concreto con pintura y pañete impermeabilizado. Se debe retirar el material vegetal de la base de la estructura de forma periódica para garantizar que dicho material no afecte la estructura.																																																																																																													

Anexo 6. Ficha 5. Escotilla Tanque.

INVENTARIO PATOLÓGICO FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION																																																																																																																				
Antigüedad de la Estructura: 23 Años Tipo de estructura: Tanque de la planta de tratamiento de agua potable Sistema Estructural: Convencional Elemento a Estudiar: Escotilla Tipo de Material: Concreto reforzado Ubicación: Vereda el Bagal, municipio de Guataquí Cundinamarca						 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN · ARISTA · T. A. · DISTANCIA																																																																																																														
						Fecha: 15-abr-21 Hora: 10:30am																																																																																																														
Planta general 		Área específica 		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">Valoración visual</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Lugar específico</th> <th colspan="3">Afectación de daño</th> <th colspan="3">Nivel de recuperación</th> <th colspan="2">Grado de lesión</th> </tr> <tr> <th>Seguridad</th> <th>Funcionalidad</th> <th>Aspecto</th> <th>Imprescindible</th> <th>Necesario</th> <th>Conveniente</th> <th>Severo</th> <th>Moderado</th> <th>Leve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Escotilla</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Valoración visual									Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión		Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve	Escotilla	x			x			x																																																																								
Valoración visual																																																																																																																				
Lugar específico	Afectación de daño			Nivel de recuperación			Grado de lesión																																																																																																													
	Seguridad	Funcionalidad	Aspecto	Imprescindible	Necesario	Conveniente	Severo	Moderado	Leve																																																																																																											
Escotilla	x			x			x																																																																																																													
Descripción de la Patología Filtraciones Es una lesión de 1° grado, severo, de tipo mecánica, fisuras y grietas, afectando los elementos estructurales con los no estructurales.				Causa de la Patología Mala ejecución en obra Causa indirecta por ejecución de obra, falta de especificaciones técnicas, materiales defectuosos de construcción y falta de mantenimiento.																																																																																																																
Fotografía 				Reparación Recomendada Se debe realizar limpieza del área afectada (fisuras), ampliando su profundidad de tal forma que se pueda aplicar un material de sello que sea impermeabilizante, posteriormente se debe realizar un recubrimiento con un pañete impermeabilizado en toda el área y después de su fraguado se debe aplicar una pintura resistente a exteriores y agentes ambientales.																																																																																																																

Anexo 7. Formato Toma de Muestras en Campo: Carbonatación y Esclerometría.



FORMATO DE EXPLORACIÓN DE TANQUES

PROYECTO: "ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO REGIONAL DEL MUNICIPIO DE GUATAQUÍ"

TANQUE: Tanque de Almacenamiento – Bagal PTAP

Explorador Responsable: Ing. Mario Andrés Cadena

Fecha de exploración: 11 de mayo de 2021.

• Carbonatación:

Descripción

Altura: 2.15 m

Ancho: 2.95 m

Espesor muro: 0.25 m

Recubrimiento: 5 cm

Calidad de refuerzo longitudinal:

Diámetro N° 4 - Corrugado

Calidad de refuerzo transversal:

Diámetro N°3 - Liso

Profundidad de Carbonatación: 0.5 cm

Fotografía de la Exploración



• Esclerómetro:

38	38	36	30
32	38	28	30
36	36	30	30
32	46	30	32

Fotografía de la Exploración



Anexo 8. Formato Toma de Muestras en Campo: Ferroskan.

		ESCANEO DE CONCRETOS Y DETECCIÓN DE ACEROS		Código	f-38
				Versión	0
				Fecha:	22/02/2021
Cliente:	Ing. Jhon Vargas		Fecha de ensayo:	11/12/2021	
Localización	Guattiqui (Cundinamarca)	Muestra No.:	Fuente:		



Cara 1 del tanque



Posicionamiento aceros

Largo (m)	Alto (m)	Espesor (m)
3,91	1,93	0,26

Largo (m)	Alto (m)
1,53	1,00

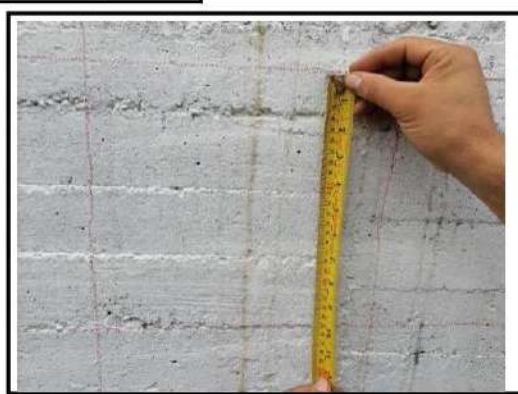
Acero encontrado	# 4 (1/2")
------------------	------------

N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)
1	6,5	6,8	6,4	6,6
2	4,9	5,2	4,9	5,0
3	5,1	5,3	5,2	5,2
4	3,6	3,9	4,3	3,9
5	4,2	4,5	4,3	4,3
6	7,6	6,8	6,7	7,0

N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	6,4	5,9	6,3	6,2
2	6,1	6,2	5,9	6,1
3	5,5	5,8	6	5,8
4	5,9	6	6,4	6,1
5	5,6	5,8	6,5	6,0

1 a 2	23
2 a 3	25
3 a 4	23
4 a 5	29
5 a 6	30

1 a 2	24
2 a 3	25
3 a 4	24,5
4 a 5	24



REALIZÓ		
NOMBRE	Luis Eduardo Borja Vargas	
CARGO	Laboratorista	

		ESCANEO DE CONCRETOS Y DETECCIÓN DE ACEROS		Código f-38	Versión 0
				Fecha: 22/02/2021	

Cliente: Ing. Jhon Vargas	Localización: Guattiqui (Cundinamarca)	Muestra No.:	Fecha de ensayo: 11/12/2021	Fuente:
------------------------------	---	--------------	--------------------------------	---------



Cara 2 del tanque



Posicionamiento aceros

Medidas muro		
Largo (m)	Alto (m)	Espesor (m)
3,23	1,23	0,26

Mediadas área analizada	
Largo (m)	Alto (m)
0,80	0,80

Acero encontrado	# 4 (1/2")
------------------	------------

Barras horizontales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	8	7,9	7,5	7,8
2	7,3	7,2	6,9	7,1
3	8	7,8	7,6	7,8
4	7,8	7,3	8	7,7

Barras verticales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	5,4	5,6	6,2	5,7
2	4,6	4,8	4,7	4,7
3	4,5	5	5,1	4,9
4	8	7,8	7,4	7,7

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	24
2 a 3	26
3 a 4	28

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	30
2 a 3	29
3 a 4	29



REALIZÓ	
NOMBRE	Luis Eduardo Borja Vargas
CARGO	Laboratorista



		ESCANEO DE CONCRETOS Y DETECCIÓN DE ACEROS		Código	f-38
				Versión	0
				Fecha:	22/02/2021
Cliente:	Ing. Jhon Vargas		Fecha de ensayo:		11/12/2021
Localización	Guattiqui (Cundinamarca)	Muestra No.:	Fuente:		



Cara 3 del tanque



Posicionamiento aceros

Medidas muro		
Largo (m)	Alto (m)	Espesor (m)
3,92	1,28	0,26

Mediadas área analizada	
Largo (m)	Alto (m)
1,00	0,90

Acero encontrado	
# 4 (1/2")	

Barras horizontales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)		Promedio	
1	4,5	4,1	3,9	4,2
2	4	3,8	4,3	4,0
3	7,2	7,2	7,4	7,3
4	7	7,1	6,8	7,0

Barras verticales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)		Promedio	
1	5,4	5,2	4,9	5,2
2	3,1	3,6	4,1	3,6
3	4,5	4,7	4,2	4,5
4	3,5	3,8	3,9	3,7
5	4,1	4,6	4,5	4,4

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	28
2 a 3	29
3 a 4	20
4 a 5	19

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	27
2 a 3	24
3 a 4	24

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	28
2 a 3	29
3 a 4	20
4 a 5	19



	REALIZÓ	
NOMBRE	Luis Eduardo Borja Vargas	
CARGO	Laboratorista	

		ESCANEO DE CONCRETOS Y DETECCIÓN DE ACEROS		Código f-38
				Versión 0
				Fecha: 22/02/2021

Cliente:	Ing. Jhon Vargas	Fecha de ensayo:	11/12/2021
Localización	Guattiqui (Cundinamarca)	Muestra No.:	Fuente:



Cara 3 del tanque



Posicionamiento aceros

Medidas Placa		
Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)
3,22	3,94	0,15

Mediadas área analizada	
Largo (m)	Ancho (m)
1,23	0,77

Acero encontrado	# 4 (1/2")
------------------	------------

Barras verticales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio (cm)
1	8,4	8,3	8,5	8,4
2	9	9,2	8,8	9,0
3	9,4	8,9	9,2	9,2
4	8,5	8,6	9,1	8,7
5	7,1	7,3	6,9	7,1
6	9,8	9,6	8,9	9,4

Barras horizontales				
N° Barra	Recubrimiento (cm)			Promedio
1	8,6	8,3	8,4	8,4
2	8,2	8	7,9	8,0
3	8	8,2	8,1	8,1
4	8,5	8,3	8,5	8,4
5,00	7,5	7,80	7,6	7,63

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	14
2 a 3	20
3 a 4	14
4 a 5	15
5 a 6	14

Distancia entre barras (cm)	
1 a 2	16
2 a 3	17
3 a 4	20
4 a 5	18



NOMBRE	Luis Eduardo Borja Vargas
CARGO	Laboratorista

REALIZÓ 
--

Anexo 9. Formato Toma de Muestras en Campo: Prueba de Cloruros en el Agua.

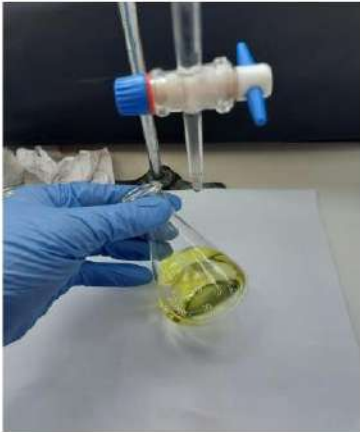
	DETERMINACIÓN ION DE CLORURO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS		Código	f-37
			Versión	0
			Fecha:	22/02/2021
Cliente:	Ing. Jhon Vargas		Fecha de ensayo:	15/12/2021
Localización	Guattiquí (Cundinamarca)	Muestra No.:	Fuente:	PTAP Acueducto Regional

Muestra a tratar	
Aguas naturales	X
Aguas residuales	

PH Muestra	7
Cantidad indicador cromato de potasio (K ₂ CrO ₄)	5 Gotas

Volumen muestra (mL)	50
----------------------	----

Volumen (AgNO ₃) valoración blanco (mL)	Volumen (AgNO ₃) valoración muestra (mL)	Normalidad Nitrato de plata (AgNO ₃)	Cl (mg/L)
0,2	0,45	0,10	0,018

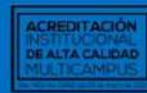



	REALIZÓ	
NOMBRE	Luis Eduardo Borja Vargas	
CARGO	Laboratorista	

Anexo 10. Propuesta Económica Estudio Patológico.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

REGISTRADA MINEDUCACIÓN - SINIES 1704

**UNIÓN TEMPORAL PATOLOGICA USTA**

Ing. Jhon Alexander Vargas Melo

Ing. Silvia Viviana López Niño

Ing. Mario Andres Cadena

Ing. Laura Ximena Pineda Rivas

Carrera 112d # 16h-35

Bogotá D.C

3204155808

Jhonvargasm@ustadistancia.edu.co

www.usta.edu.co

SEÑORES: ALCALDIA MUNICIPAL GUATAQUI

Carrera 2 # 6-10 Guataquí-Cundinamarca

Reciban un cordial saludo por parte de la unión temporal patológica usta, en atención a su solicitud les compartimos la propuesta técnica y económica para el estudio patológico y propuesta de intervención de uno de los tanques de almacenamiento de agua que componen la planta de tratamiento de agua ubicada en la vereda el Bagal del municipio de Guataquí en el Departamento de Cundinamarca.

Los tanques de almacenamiento de agua potable, son estructuras de orden ambiental, las cuales deben cumplir con ciertos requerimientos que permitan una adecuada seguridad estructural, durabilidad y calidad del agua que sea apta para el consumo humano.

El tanque de agua objeto de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Guataquí, vereda El Bagal, al cual permite la distribución del agua por bombeo hacia los tanques de las veredas Macanda y Cabrero. Este tanque hace parte de la PTAP que fue construida hacia el año de 1980, con el fin de mejorar la calidad del agua para 8000 habitantes.

A continuación, en la siguiente imagen se presenta la localización aproximada de la estructura objeto del presente estudio



Ubicación tanque de almacenamiento de agua

A través de este proyecto se realizará el estudio patológico a uno de los tanques de almacenamiento y distribución de agua que permita evaluar las condiciones actuales de la estructura frente a los requerimientos normativos vigentes, la identificación de cada una de las lesiones que presente determinando sus causas para finalmente establecer una propuesta de intervención que permita su rehabilitación con el fin de garantizar las condiciones óptimas para su operación

Lo anterior teniendo en cuenta la importancia del tratamiento y suministro de agua potable, para lo cual, es necesario mantener en buenas condiciones las estructuras y equipos que hacen parte del mismo, ya que la ausencia o falla de alguno de sus componentes provocaría interrupciones en la prestación del servicio de suministro y alteraciones en el proceso de tratamiento que afectarían la calidad del agua y por consiguiente podría generar en el peor de los casos un problema de salud pública.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



Es válido tener en cuenta que la vida útil de un tanque que almacena líquido es de cincuenta a sesenta años, pero mediante un adecuado mantenimiento preventivo de forma periódica garantizando el adecuado sellado de juntas, impermeabilización, lavado y desinfección, este periodo puede ser prolongado por un tiempo mayor.

El presente proyecto se desarrollará bajo tres etapas: Historia clínica, Diagnostico y propuesta de intervención y mantenimiento:

1. Historia Clínica

- a) Información previa: investigación preliminar que permita conocer datos históricos del paciente como lo son: fecha de construcción, sistema constructivo, planos de diseño, levantamiento arquitectónico y estructural del tanque, estudio del entorno ambiental del paciente, licencias de construcción
- b) Inspección visual: corresponde a una revisión de forma visual al paciente que permita la descripción e identificación de las lesiones físicas, mecánicas, químicas y biológicas, mediante fichas de tipificación por elemento

2. Diagnostico:

- a) Pruebas diagnósticas: Se realizarán ensayos en campo no destructivos que no afectarán la integridad de la estructura o los elementos, para determinar la causa de las lesiones evidenciadas en la inspección visual del paciente:



- Carbonatación: se realizará con el fin de conocer si el CO₂ o el carbonato de calcio presente en el ambiente ha afectado la integridad del concreto, ya que, si la estructura se encuentra afectada, se puede tener el proceso de oxidación y generar corrosión en el acero de refuerzo, igualmente, al presentarse, el ensayo de esclerometría no se realizaría ya que este proceso también genera endurecimiento superficial y el dato arrojado sería erróneo.
 - Esclerometría: se realizará con el fin de conocer la resistencia del concreto actual de la estructura y así corroborar la información suministrada por el director de la planta, por el tipo de paciente, no es permitido realizar la extracción de núcleos.
 - Ferroskan: se realizará con el fin de determinar el desarrollo del acero de refuerzo a lo largo de los elementos que compone la estructura, y así conocer si el mismo es el adecuado según la norma que lo rigió en su momento y la actual.
 - Prueba de cloruros en el agua: se realizará con el fin de determinar si el agua tratada contiene sales que puedan estar afectando la integridad del concreto por ataque de cloruros.
- b) Análisis de Vulnerabilidad: Mediante un estudio detallado del entorno del paciente en cuanto a fallas geológicas, riesgos de inundación, riesgos por remoción en masa y amenaza sísmica, se realiza matriz de riesgos con el fin de determinar la vulnerabilidad de la estructura ante posibles fenómenos naturales que puedan comprometer su integridad y durabilidad.

3. Intervención



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

REGISTRADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



- a) **Propuesta de intervención:** Es el conjunto de procedimientos y los materiales a ser empleados para realizar la solución de las lesiones encontradas y rehabilitar o repotenciar la estructura con el fin de aumentar su durabilidad y funcionalidad.
- b) **Presupuesto detallado de intervención:** Corresponde a una valoración preliminar del costo aproximado que pueda representar la rehabilitación o repotenciación de la estructura, incluye todas las actividades necesarias en cuanto a mano de obra, materiales y equipos a ser utilizados.
- c) **Manual de mantenimiento:** una vez realizada la intervención del paciente es necesario contar con un mantenimiento periódico que permita garantizar la durabilidad de la estructura y proyectar una mayor vida útil del mismo

OFERTA ECONÓMICA

permitimos poner en su conocimiento la oferta comercial para la elaboración de un estudio patológico y propuesta de intervención y mantenimiento de uno de los tanques de almacenamiento de agua que componen la planta de tratamiento de agua ubicada en la vereda el Bagal del municipio de Guataquí en el Departamento de Cundinamarca.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

REGULADA MINEDUCACIÓN - 30 MES 1794

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD MULTICAMPUS

PROCESO 2018-2020

NOMBRE DE LA OBRA: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE - VEREDA EL BAGAL - MUNICIPIO DE GUATAQUI - DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA						
FECHA: 07/11/2021						
GRUPO/CAP	ITEM	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VALOR UNIT	PRESUPUESTO
1.00	HISTORIA CLINICA					\$ 5,000,000.00
						\$ 5,000,000.00
	1.01	LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO Y ESTRUCTURAL	UND	1.00	\$ 3,500,000.00	\$ 3,500,000.00
2.00	1.02	VISITAS DE CAMPO	UND	3.00	\$ 500,000.00	\$ 1,500,000.00
	DIAGNOSTICO					\$ 2,004,000.00
						\$ 2,004,000.00
	2.01	ENSAYO DE CARBONATACION EN EL CONCRETO EN DOS MUROS, PLACA DE CONTRAPISO Y TAPA DEL TANQUE	UND	4.00	\$ 80,000.00	\$ 320,000.00
	2.02	ENSAYO DE ESCLE ROMETRIA (4 PUNTOS)	UND	4.00	\$ 32,000.00	\$ 128,000.00
	2.03	ENSAYO DE FERROSCAN PARA EVALUACIÓN DE REFUERZO (Incluye informe)	DIA	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 1,500,000.00
	2.04	PRUEBA DE CLORUROS EN EL AGUA	UND	1.00	\$ 56,000.00	\$ 56,000.00
	INTERVENCIÓN					\$ 10,500,000.00
3.00						\$ 10,500,000.00
	3.01	PROPUESTA DE INTERVENCION	UND	1.00	\$ 5,500,000.00	\$ 5,500,000.00
	3.02	PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN	UND	1.00	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00
	3.03	MANUAL DE MANTENIMIENTO	UND	1.00	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00
SUBTOTAL ESTUDIO PATOLOGICO						\$ 17,504,000.00
IVA 19%						\$ 3,325,760.00
TOTAL ESTUDIO PATOLOGICO						\$ 20,829,760.00



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
VIGILADA MINEDUCACIÓN - SMES 1794



FORMA DE PAGO: Anticipo del 30%, 40% a la presentación del informe patológico, 20% a la presentación del presupuesto de la propuesta de intervención y 10% con la entrega final a satisfacción.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 90 días a partir de la presentación de la misma.

ENTREGABLES: los entregables comprendidos para el presente proyecto de consultoría son los que se describen a continuación:

- Historia clínica del paciente
- Fichas patológicas
- Informe patológico
- Resultados de ensayo de laboratorios
- Estudio de vulnerabilidad
- Planos arquitectónicos y estructurales
- Propuesta de intervención
- Presupuesto detallado para construcción de propuesta de intervención
- Manual de mantenimiento de tanque de agua potable.

EQUIPO PROFESIONAL

Jhon Alexander Vargas Melo: Ingeniero civil egresado de la universidad católica de Colombia con 6 años de experiencia en la ejecución y control de obras de construcción de vivienda brindado aseguramiento de la calidad en su proceso bajo los parámetros normativos vigentes, adicionalmente 1 año de experiencia en la elaboración de documentos y especificaciones técnicas para proyectos de inversión para mejoramiento de la infraestructura de la Dirección Ejecutiva Seccional de Administración Judicial Bogotá, Cundinamarca y Amazonas.

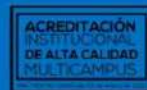
Silvia viviana López: Ingeniera civil, con especialización en patología de la construcción, con experiencia general de 9 años en el área de interventoría, residencia y dirección de obra, así como en presupuesto y dirección de compras civiles e hidrosanitarias

Laura Ximena Pineda: Ingeniera civil especialista en patología de la construcción con 5 años de experiencia en mantenimiento, postventas e interventoría de obra en sistemas constructivos convencional e industrializado



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SMES 1794



Mario Cadena: Ingeniero civil especialista en patología de la construcción con 2 años de experiencia en estabilización de taludes, 4 años en interventoría de construcción de vías, espacio público y obras hidráulicas y 3 años de experiencia en mantenimiento de edificaciones.

Esperando poder poner a su disposición nuestra experiencia y capacidad técnica para darle solución a la necesidad planteada

Cordialmente

Jhon Alexander Vargas Melo
Ingeniero civil
especialista en patología de la construcción