# DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL DE LAS OBRAS EXISTENTES

PRODUCTO: **DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL**

PROYECTO: **CONTRATO DE CONSULTORIA N° 001 DEL 27 DE MARZO DE 2025**

OBJETO: **ACTUALIZACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS, DIAGNÓSTICO OPERATIVO Y ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EXISTENTE DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PAUNA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

CONTRATISTA: **ING. FABIAN SUAREZ MARTINEZ**

CONTRATANTE: **MUNICIPIO DE PAUNA – BOYACÁ**


ELABORO: **ING. CRISTIAN JOHAN ROBERTO**
**ING. CIVIL**
**ESP. ESTRUCTURAS**


FECHA **MAYO DE 2025**




Email. [illegible]@gmail.com Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**CONTROL DOCUMENTAL**

| | | |
|---|---|---|
| **MUNICIPIO** | PAUNA | ELABORO: |
| **DEPARTAMENTO** | BOYACÁ | |
| **NUMERO DEL CONTRATO:** | CONTRATO DE CONSULTORIA N° 001 DEL 27 DE MARZO DE 2025 | ING. CRISTIAN JOHAN ROBERTO |
| **OBJETO:** | ACTUALIZACIÓN DEL DOCUMENTO TÉCNICO DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS, DIAGNÓSTICO OPERATIVO Y ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) EXISTENTE DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PAUNA, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ | RECIBIÓ: ING. FABIAN SUAREZ MARTINEZ |
| **PRODUCTO** | DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL | APROBÓ |
| **CONTRATISTA** | ING. FABIAN SUAREZ MARTINEZ | UNIDAD DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS |
| **VERSIÓN:** | A1-01 | |
| **FECHA DE ELABORACION:** | MAYO DEL 2025 | SECRETARIA DE PLANEACION |



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**CONTENIDO**

## Contenido


1. INTRODUCCIÓN ..... 10
2. OBJETIVOS ..... 12
   2.1 OBJETIVO GENERAL ..... 12
   2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS ..... 12
3. MARCO NORMATIVO ..... 13
   3.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA NORMA SISMO RESISTENTE COLOMBIANA (NSR) 13
      3.1.1 . NSR-84: Primera versión oficial (1984) ..... 13
      3.1.2 Actualización tras el sismo de Popayán (1987) ..... 13
      3.1.3. NSR-98: Consolidación normativa (1998) ..... 14
      3.1.4. NSR-10: Modernización y estructuración por títulos (2010) ..... 14
      3.1.5. Revisión y actualización continua ..... 14
4. MARCO METODOLOGICO ..... 15
   4.1. FISUROMETRÍA: ..... 15
   4.2. ESCLEROMETRIA: ..... 16
   4.3. FERROSCAN: ..... 18
5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ..... 19
   5.1 FISUROMETRO: ..... 19
   5.2 ESCLEROMETRO: ..... 20
   5.3 WALL SCANNER ..... 22
6. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ..... 24
7. ESTRUCTURAS EXISTENTES IDENTIFCADAS ..... 25
   7.1 CAMARA DE QUIEBRE DE VELOCIDAD ..... 26
   7.2 DESARENADOR ..... 29
   7.3 TRAMPA DE GRASAS. ..... 32




Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

7.4 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE y CAMARA DE SEPARACIÓN DE FLUJOS ..... 35

8. ANALISIS DE FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS ..... 42

**9. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA** ..... 46

9.1 Esclerometría En Estructura Cámara De Quiebre De Velocidad ..... 46

9.2 Esclerometría En Estructura Desarenador. ..... 49

9.3 Esclerometría En Estructura Tanque FAFA ..... 52

10. VERIFICACION DE LA EXISTENCIA DE ACEROS DE REFUERO ..... 68

11. CALIFICACIÓN CUALITATIVA CONFORME A.10.2.2. NSR-10 ..... 71

12. CONCLUSIONES ..... 72

RECOMENDACIÓNES ..... 74




Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**LISTA DE TABLAS**


**Tabla 1** Ficha técnica Fisurómetro ..... 19
**Tabla 2** Ficha técnica Esclerómetro ..... 20
**Tabla 3** Ficha Técnica Ferroscan ..... 22
**Tabla 4** RESUMEN DE RESULTADOS DE ESCLEROMETRIAS REALIZADAS ..... 67




Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## LISTA DE FIGURAS


Ilustración 1 TABLA 4.1 ACI224R-01 ..... 16
Ilustración 2 FISUROMETRO ..... 19
Ilustración 3 Estructura de Martillo de Prueba ..... 20
Ilustración 4 Esclerómetro ..... 21
Ilustración 5 Ferroscan Bosh ..... 23
Ilustración 6 ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE PAUNA ..... 24
Ilustración 7 LOCALIZACIÓN DE LA PTAR CON RESPECTO AL CASCO URBANO ..... 25
Ilustración 8 ESTRUCTURAS IDENTIFICADAS EN LA PTAR ..... 26
Ilustración 9 DESCRIPCIÓN COMPONENTES CAMARA DE QUIEBRE ..... 27
Ilustración 10 COMPORTAMIENTO DEL FLUJO EN LA CAMARA DE QUIEBRE ..... 28
Ilustración 11 COMPONENTES DEL DESARENADOR ..... 29
Ilustración 12 ELEMENTOS OBSOLETOS DEL DESARENADOR ..... 30
Ilustración 13 FISURAS IDENTIFICADAS EN EL DESARENADOR ..... 31
Ilustración 14 ESTRUCTURA DE LA CAJA DE LAVADO DEL DESARENADOR ..... 31
Ilustración 15 UBICACIÓN DE LA TRAMPA DE GRASAS ..... 33
Ilustración 16 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA TRAMPA DE GRASAS ..... 33
Ilustración 17 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS ..... 34
Ilustración 18 INICIO DE LA ETAPA DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE ..... 36
Ilustración 19 CAJAS ADOSADAS AL TANQUE FAFA ..... 37
Ilustración 20 CAJAS ADOSADAS AL TANQUE FAFA ..... 38
Ilustración 21 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS EN LAS CAJAS ..... 39
Ilustración 22 ESQUEMA DEL TANQUE FAFA ..... 40
Ilustración 23 ESTRUCTURAS ADJUNTAS AL TANQUE FAFA ..... 41
Ilustración 24 FISURAS IDENTIFICADAS EN EL TANQUE FAFA ..... 42
Ilustración 25 FISURAS EN UNION DE MUROS DEL TANQUE FAFA ..... 43
Ilustración 26 MUROS CO MAYOR NUMERO DE FISURAS ..... 43
Ilustración 27VERIFICACION DE ANCHOS DE FISURAS EN TANQUE FAFA ..... 45
Ilustración 28 VERIFICACIÓN DE EXISTENCIA DE ACEROS DE REFUERZO EN ELEMENTOS DE CONCRETO ..... 68
Ilustración 29 DISTANCIAMIENTO DE ACEROS DE REFUERZO EN MURO DE ESTUDIO ..... 69
Ilustración 30 DISTANCIAMIENTO DE ACEROS DE REFUERZO EN MURO DE ESTUDIO ..... 70




Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD**

**Tunja, 19 de mayo del 2025**

Señores
**SECRETARIA DE PLANEACIÓN**
Pauna, Boyacá

Yo, CRISTIAN JOHAN ROBERTO MARTINEZ, Ingeniero Civil con matricula profesional No. 15202-376147 BYC, presento el análisis y estudios referidos en el presente documento de acuerdo a la normatividad vigente a la fecha, para el DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL DE LAS OBRAS EXISTENTES, construidas en la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES del municipio de PAUNA, departamento de BOYACÁ. Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos pudieran deducirse, exonerando a la oficina de planeación del municipio de Pauna de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la secretaria de planeación no constituye una aprobación del estudio, sino una verificación del cumplimiento de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE

Atentamente,

(FIRMADO EN ORIGINAL) .
CRISTIAN JOHAN ROBERTO MARTINEZ
ING. ESTRUCTURAL
M.P. 15202376147BYC



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**MATRICULA PROFESIONAL**

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
15202-376147 BYC
Fecha de Expedición: 14/12/2017

Nombre:
CRISTIAN JOHAN
ROBERTO MARTINEZ

Identificación:
C.C. 1049636599

Profesión:
INGENIERO CIVIL

Institución:
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

DIRECTOR GENERAL

PRESIDENTE DEL CONSEJO

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2025-3656211

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA**
**COPNIA**

**EL DIRECTOR GENERAL**

**CERTIFICA:**

1. Que CRISTIAN JOHAN ROBERTO MARTINEZ, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1049636599, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-376147 desde el 14 de Diciembre de 2017, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1835.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los tres (03) días del mes de Junio del año dos mil veinticinco (2025).

**Rubén Darío Ochoa Arbeláez**

Firma del titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos contables de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificadoDigitalDownload/CertificadoDigitalDownloadStart indicando el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 Teléfono: 322 0101 Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

# 1. INTRODUCCIÓN

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación compleja diseñada para recibir, procesar y depurar el agua que ha sido utilizada por actividades humanas (domésticas, industriales, comerciales o agrícolas), conocida como agua residual, con el propósito de eliminar o reducir los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en ella, antes de su descarga al medio ambiente o su reutilización.

Estas plantas desempeñan un papel fundamental en la gestión del ciclo del agua, ya que previenen la contaminación de cuerpos de agua naturales (como ríos, lagos o mares), protegen la salud pública y los ecosistemas, y permiten el reaprovechamiento del recurso hídrico en diversas actividades como el riego, procesos industriales, limpieza urbana e incluso, en algunos casos, recarga de acuíferos o potabilización posterior.

La elección de los sistemas de tratamiento a implementarse se basa en las características fisicoquímicas, microbiologías y bacteriológicas de las aguas servidas, así como del volumen de agua a procesar, la fuente productora de las mismas, entre otros factores determinantes.

Así mismo, se hace necesario considerar otra serie de elecciones y estudios de referencia como lo son características del suelo donde se pretende realizar el proyecto, sistema de resistencia estructural y sísmica a utilizarse, materiales, equipos, metodología de construcción y demás relevantes para la materialización del proyecto.

A diferencia de las edificaciones tradicionales, las plantas de tratamiento de agua residual pueden clasificarse como EDIFICACIONES INSDISPENSABLES, conforme las cataloga el literal A.2.5.1.1. del reglamento colombiano de construcción sismo resistente el cual señala… *Son aquellas edificaciones que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno*… Lo anterior, a criterio del diseñador, considerando que ante un evento sísmico, el grado de impacto ambiental que se puede presentar por el colapso de las estructuras puede ser significativo.

Así mismo, el reglamento colombiano de construcción sismo resistente en su titulo C.23 – TANQUES Y ESTRUCTURAS DE INGENIERIA AMBIENTAL DE CONCRETO, refiere una serie de requisitos y consideraciones mínimas que se deben considerar para el análisis, diseño y construcción de obras de esta índole. Para estructuras construidas antes de la vigencia de la NSR-10, es necesario contemplar la normatividad de diseño, así como los requisitos y medidas de durabilidad contempladas para su ejecución.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

En la evaluación de las estructuras existentes, se pueden considerar la aplicación de análisis que no afecten la integridad de la estructura, como los son los "END" o ensayos no destructivos. Dichos estudios pueden llegar a establecer las condiciones reales de funcionamiento, así como el grado o nivel de afectación de la infraestructura existente.

El presente estudio pretende establecer el grado de integridad estructural, así como el posible nivel de afectación de las estructuras existentes en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Pauna-Boyacá a través de ensayos no destructivos, así como la necesidad o no de intervención de las mismas.

Para ello se implementaron metodologías como análisis de esclerometría, a través de la cual se busca establecer la dureza de los elementos que componen la PTAR, verificación de existencia de refuerzo en los elementos de concreto a través de uso de ferroscan o wallscaner, medición y ubicación de las fisuras y/o grietas identificadas en las estructuras clasificándolas en función de su ancho, profundidad y ubicación.

Posteriormente se estableció el grado de afectación de las estructuras y finalmente se definen la funcionalidad de las mismas, así como su necesidad o no de intervención.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

# 2. OBJETIVOS

## 2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el grado de afectación, así como la necesidad de intervención de las estructuras existentes localizadas en la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Pauna, departamento de Boyacá, a través de la aplicación de END (Ensayos no destructivos)

## 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar visita e inspección visual preliminar a la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio a fin de realizar una evaluación cualitativa de la infraestructura.
- Verificar las dimensiones y materiales predominantes en cada uno de los elementos que componen las diferentes estructuras de la PTAR
- Establecer a través del estudio de esclerometría la posible dureza de las diferentes estructuras en concreto.
- Verificar la existencia o ausencia de acero de refuerzo en cada uno de los elementos de concreto que componen la PTAR
- Clasificar el grado de afectación de las diferentes estructuras en función de las fisuras y/o grietas existentes en las mismas.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

# 3. MARCO NORMATIVO

## 3.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LA NORMA SISMO RESISTENTE COLOMBIANA (NSR)

Colombia, por su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es un país altamente sísmico. Ante este riesgo, la normativa sismo resistente ha evolucionado con el objetivo de garantizar la seguridad estructural de las edificaciones. Este documento presenta una revisión técnica y cronológica de la evolución de la norma sismo resistente colombiana desde sus inicios en 1984 hasta la actualidad.

### 3.1.1 . NSR-84: Primera versión oficial (1984)

La primera Norma Sismo Resistente de Colombia, conocida como NSR-84, fue emitida como parte del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes mediante el Decreto 1400 de 1984. Esta norma fue desarrollada a partir de códigos internacionales, principalmente el Uniform Building Code (UBC)[1], e introdujo por primera vez en el país requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificaciones. Su adopción fue motivada por la necesidad de reducir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones existentes.

### 3.1.2 Actualización tras el sismo de Popayán (1987)

El terremoto de Popayán, ocurrido el 31 de marzo de 1983, con una magnitud de 5.5 MW, dejó al descubierto múltiples fallas estructurales y deficiencias en la aplicación de la NSR-84. Esto condujo a una revisión técnica que culminó en ajustes a la norma en 1987, fortaleciendo los criterios de diseño estructural y mejorando la zonificación sísmica preliminar.[2]

[1] Uniform Building Code (UBC). (1982). Seismic Provisions. International Conference of Building Officials (ICBO), California, USA.

[2] Ordóñez, R. & Reyes, C. (2003). Lecciones del terremoto de Popayán de 1983. Revista Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

### 3.1.3. NSR-98: Consolidación normativa (1998)

La NSR-98, establecida mediante el Decreto 33 de 1998, constituyó una reforma profunda al incorporar un enfoque más científico y detallado. Introdujo un sistema de zonificación sísmica nacional con base en estudios de amenaza sísmica probabilística, definió categorías de uso para edificaciones, e integró lineamientos específicos para diferentes materiales estructurales (concreto, acero, mampostería, etc.). Además, se fortaleció el enfoque de diseño por capacidad y se introdujeron nuevos requisitos de ductilidad.[3]

### 3.1.4. NSR-10: Modernización y estructuración por títulos (2010)

La versión vigente hasta hoy, la NSR-10, fue oficializada mediante el Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Esta norma se organizó por títulos técnicos, abarcando desde criterios generales de diseño (Título A) hasta aspectos específicos como geotecnia (Título H), instalaciones (Título J) y requisitos para revisión independiente (Título K). La NSR-10 adoptó un enfoque de diseño basado en desempeño, mejoró la definición de niveles de amenaza sísmica, e incorporó mapas de zonificación sísmica detallados con base en estudios del Servicio Geológico Colombiano.[4]

### 3.1.5. Revisión y actualización continua

Desde su promulgación, la NSR-10 ha sido objeto de modificaciones parciales, mediante decretos complementarios y circulares aclaratorias emitidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.[5]

---

[3] Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2019). Amenaza sísmica de Colombia: Zonificación actualizada

[4] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10. Bogotá, Colombia.

[5] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Decreto 926 del 19 de marzo de 2010. Diario Oficial No. 47.648.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 4. MARCO METODOLOGICO

Es preciso indicar que la recopilación de la información necesaria para hacer el diagnostico estructural de la PTAR, ubicada en el municipio de Pauna, departamento de Boyacá, se obtuvo mediante la práctica de los ensayos, señalados a continuación:

### 4.1. FISUROMETRÍA:

El objetivo de este ensayo es determinar datos relevantes por medio del análisis de fisuras en el concreto, mediante el uso del fisurometro, definido como: "instrumento utilizado en el monitoreo estructural para medir y controlar las grietas y los movimientos de las juntas en edificios, túneles, puentes, presas y otras estructuras. Estos instrumentos proporcionan información sobre el comportamiento y la estabilidad de la estructura monitoreada a lo largo del tiempo. Los fisurómetros desempeñan un papel importante en la auscultación y evaluación de la salud estructural (SHM). Mediante el control de las grietas y los movimientos de las juntas, pueden detectarse a tiempo posibles problemas estructurales, lo que permite realizar el mantenimiento o las reparaciones oportunas para garantizar la seguridad y la integridad de la estructura controlada"[6].

Una vez identificado el instrumento a utilizar, se continua con el procedimiento que consiste en situar el medidor encima de la grieta e identificar la línea que presenta una anchura similar a la grieta, posteriormente se realiza la lectura del valor de la anchura.

Además, es relevante señalar que el método aplicado se encuentra reglamentado bajo El **ACI 224R-01**, ***Control de Fisuras en Estructuras de Concreto***, la cual reemplaza a la ACI 224R-90, y cuya entrada en vigencia es el 16 de mayo de 2001, esta guía del American Concrete Institute (ACI) proporciona información sobre las causas, evaluación y control de fisuras en estructuras de concreto. Para el caso en particular, se da aplicación a lo contenido en la tabla 4.1, que indica los anchos de fisura razonables para una estructura de concreto reforzado bajo cargas de servicio para diferentes tipos de exposición, representada a continuación:

[6] Fuente: https://sisgeo.com/es/productos/fisurometros-y-medidores-de-juntas/



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

*Ilustración 1 TABLA 4.1 ACI224R-01*

| CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN | ANCHO DE FISURA | |
|---|---|---|
| | pulg | mm |
| Aire seco o membrana protectora | 0,016. | 0,41 |
| Humedad, aire húmedo, suelo | 0,012 | 0,30 |
| Químicos para deshielo | 0,007 | 0,18 |
| Agua de mar, zona de salpique, ciclo húmedo y seco | 0,006 | 0,15 |
| Estructuras de retención de agua* | 0,004 | 0,10 |

***Fuente:*** ACI 224R-01, *Control de Fisuras en Estructuras de Concreto*.

Asimismo, el ACI 224R-01 afirma que debe esperarse que unas porciones de las fisuras en la estructura excedan estos valores con el tiempo.

**4.2. ESCLEROMETRIA:**

La ACI 318, en su numeral 26.12.6, relaciona una serie de ensayos no destructivos que se pueden utilizar para evaluar el material y estimar bajo qué condición se encuentra. Una alternativa adicional esta descrita en el documento ACI 228.1R, el cual presenta detalladamente métodos de análisis a partir de ensayos no destructivos.

Los ensayos no destructivos son metodologías que deben ser validadas en construcciones de concreto y en la medida que dicha obra vaya avanzando en su proceso constructivo para obtener los datos más cercanos a la realidad acerca del desempeño del material usado en obra.

La esclerometría, es una alternativa para evaluar estructuras, con el fin de determinar deficiencias en la infraestructura de concreto. hace parte los ensayos no destructivos los cuales permiten obtener información clave sobre el desempeño del material, sin comprometer físicamente la estructura.

El esclerómetro es un instrumento que emplea para la medición de la resistencia a compresión del hormigón. Para ello se prueba su capacidad de carga y dureza según el principio de medición de Schmidt. En este principio de medición el



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

comprobador de hormigón golpea el hormigón. Según la dureza del hormigón, el cuerpo rebota más o menos. El dispositivo mide el rebote y se convierte en una resistencia de compresión[7]

En relación con normativa para la construcción de estructuras en concreto, a nivel internacional se cuenta con el documento del American Concrete Institute ACI 318 y a nivel local con lo establecido en el Reglamento Colombiano de la Construcción Sismo Resistente, NSR-10, para el cual la normativa ACI 318 es un documento base fundamental.[8]

La esclerometria, consiste en un ensayo definido en la Norma Técnica Colombiana NTC 3692 y la ASTM C805, donde a partir del uso de un esclerómetro, se aplica un impacto por energía cinética sobre un área del elemento de 0,0225 m², permitiendo obtener un valor adimensional que se interpreta como resistencia del concreto.

En este ensayo hay varias condiciones del elemento y del proceso constructivo que pueden afectar el resultado, entre ellas, que el impacto sea realizado en el área circundante de una barra de acero, sobre un agregado grueso, la humedad, la porosidad, el tipo de acabado y la formaleta utilizada, en algunos casos esa pérdida de pH del concreto puede también causar alteraciones en el impacto del rebote. En la actualidad la industria cuenta con tecnología de equipos especializados que de forma autónoma corrigen la orientación (grados) utilizada en el equipo al momento de realizar el ensayo.

El martillo de rebote es una buena opción en la evaluación de un material, siempre y cuando se interprete el resultado obtenido, verificando con pruebas preliminares en cilindros a los cuales antes de la compresión, se les aplique impactos para tener ese valor y posteriormente con estos datos se pueda construir una curva "impacto-compresión" que permita su interpretación en el proyecto específico. El numeral 5.1 y 5.5. de la NTC 3692 hace referencia a la estimación de la resistencia en el concreto.

La aplicación de esta alternativa puede ser sobre núcleos o cilindros, a los cuales antes del ensayo de compresión se les realice una serie de impactos con el equipo para de esa forma complementar la información. Otra forma de aplicar el método puede ser aplicar impactos antes de extraer los núcleos, en este caso

[7] Fuente: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/comprobador-de-hormig_n-escler_metro-kat_162776.htm
[8] Fuente: https://360enconcreto.com/blog/detalle/ensayos-no-destructivos-en-el-concreto-endurecido-un-aporte-a-la-evaluacion-diagnostico-y-solucion-1/



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

sobre la zona a perforar. Entre más pruebas se realicen con el esclerómetro en un mismo elemento, su desviación estándar será menor.

**4.3. FERROSCAN:**

Este método hace parte de los ensayos no destructivos que permitirán un correcto diagnostico al momento de realizar el análisis estructural, es definido como un sistema de detección que ofrece un medio no destructivo de localizar barras de refuerzo con su respectivo diámetro, y mide la profundidad del recubrimiento de hormigón. Este sistema de detección inalámbrico, está compuesto por un escáner, un monitor y un software para PC, Los datos se graban y pueden transferirse a un PC para mayor análisis de los mismos. Este ensayo se hace cumpliendo los requerimientos de la norma ASTMA615[9], a nivel de norma colombiana cumpliendo lo contemplado en la NTC 248, la cual e especifica los requisitos para las barras de acero al carbono, también lisas y corrugadas, para refuerzo de concreto y la NTC 2289 que establece los requisitos para las barras de acero de baja aleación corrugadas y lisas,

Asimismo, es preciso señalar que, para el ensayo aplicado en la PTAR, ubicada en el municipio de Pauna- Boyacá, se utilizó el Detector y Escáner de materiales Bosch D-TECT 200 C, el cual fue diseñado para detectar e indicar la profundidad de metales, cables con corriente y tuberías en los principales tipos de paredes. Detecta metales ferrosos en hasta 20 cm de profundidad, detecta metales no ferrosos hasta 20 cm de profundidad, cables con corriente hasta 20 cm de profundidad.[10]

A modo general, el proceso consiste en mover el escáner directamente sobre la superficie a evaluar, posteriormente se recopilan los datos en el monitos, seguidamente se transmiten al PC, para finalmente proceder con el análisis.

[9] Fuente: https://www.diceinsas.com/pdf/Brochure%20Ensayos%20no%20destructivos.pdf
[10] Fuente: https://www.bosch-professional.com/es/es/products/wallscanner-d-tect-200-c-0601081600



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

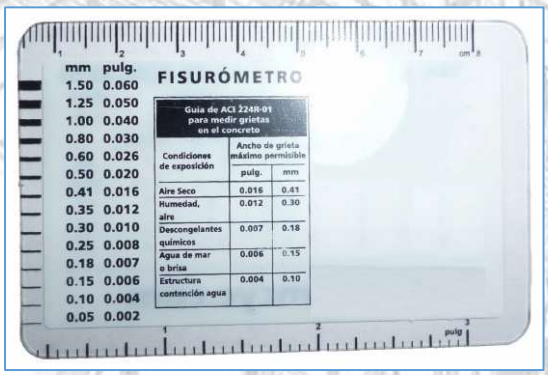
### 5.1 FISUROMETRO:

***Tabla 1****Ficha técnica Fisurómetro*

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN GENERAL |
|---|---|
| **Tipo de Fisurómetro** | Regla.<br>Esta regla de ancho de grietas está marcada con una gama de líneas graduadas. Cada línea tiene un ancho especificado. |
| **Rango de Medición** | 0.05 mm a 1.50 mm<br>0.002 Pulgadas a 0.060 pulgadas |
| **Medición** | Ancho de la grieta |
| **Material de Construcción** | PVC transparente<br>laminado |
| **Medición de la Abertura de la Grieta** | Usando una regla graduada. |
| **Principio de Medición** | Comparación Visual |
| **Salida de Datos** | Visual |
| **Precisión de la Medición** | milímetro |
| **Aplicaciones** | Monitoreo de grietas en estructura de concreto,<br>Identificación de grietas<br>medir el ancho de grietas del hormigón reforzado o Rocas |

**Fuente**: *Elaboración Propia.* *https://www.elcometer.com/es/regla-de-anchura-de-grietas-elcometer-143.html*

*Ilustración 2 FISUROMETRO*




**Fuente**: *Edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

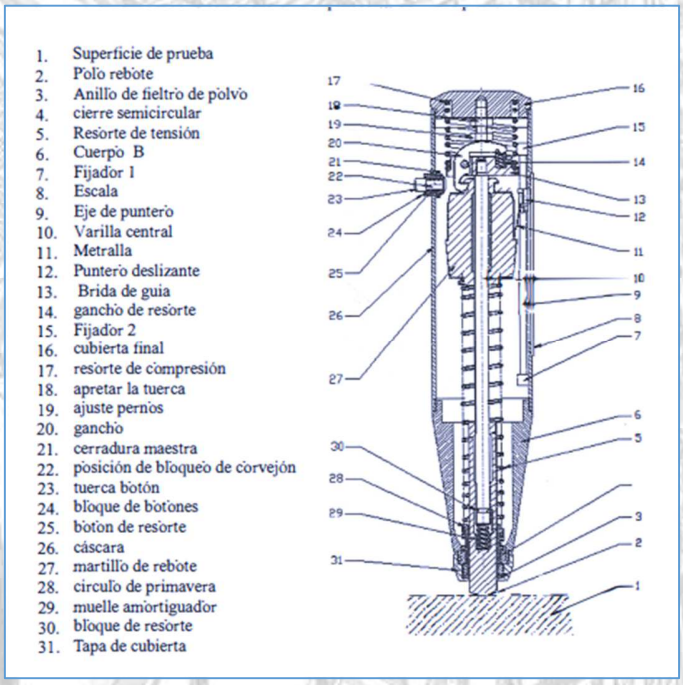
**5.2 ESCLEROMETRO:**

***Tabla 2*** *Ficha técnica Esclerómetro*

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN GENERAL |
|---|---|
| **Tipo** | **ESCLEROMETRO ZC3-A TEST HAMMER** |
| **Rango de Medición** | Se utiliza para detectar la resistencia a la compresión de hormigón dentro de la gama de 10-60Mpa y tiene la energía estándar de sistema de 2.207J |
| **Material** | Acero Inoxidable |
| **Color** | Gris |
| **Peso Aproximado** | 2 Kg |
| **Dimensiones** | dia. 54 × 278mm |
| **Energia de Impacto Normal** | 2.207 J (0.225Kgf.m) |

**Fuente:** *Elaboración Propia. https://bmprenta.cl/producto/esclerometro-zc3-a-test-hammer/*

*Ilustración 3 Estructura de Martillo de Prueba*




***Fuente****: Manual del usuario para el martillo de prueba de concreto.*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

*Ilustración 4 Esclerómetro*



**Fuente**: *Edición Autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

### 5.3 WALL SCANNER

***Tabla 3*** *Ficha Técnica Ferroscan*

| CARACTERISTICA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **Tensión de la batería12,0 V** | 12,0 V |
| **Tecnología radar de Bosch** | sí |
| **Objetos detectables** | metales magnéticos (p. ej., hierro), metales no magnéticos (p. ej., cobre), cables conductores de corriente, cables no conductores, Tubos de plástico vacíos, tubos de plástico llenos de agua, subestructuras de madera |
| **Profundidad máx. de detección** | 200 mm |
| **Profundidad de detección, hormigón seco, máx.** | 200 mm |
| **Profundidad de detección, hormigón reciente, máx.** | 60 mm |
| **Profundidad de detección, otros tipos de pared, máx.** | 80 mm |
| **Profundidad de detección, subestructuras de madera, máx.** | 38 mm |
| **Precisión*** | ± 5 mm* (*con variaciones en función de las condiciones de uso) |
| **Leído** | Vista de objetos, Vista de puntos, Vista de señales 2D, Vista de señal |
| **Tipos de pared** | Ladrillo/universal, Hormigón, Construcción en seco, Suelo radiante, Hormigón reciente, Ladrillo con perforación horizontal, Ladrillo con perforación vertical |
| **Protección contra polvo y salpicaduras de agua** | IP 5X |
| **Documentación a través de** | USB-C, Tarjeta SD |
| **Actualizable** | sí |
| **Identificación de materiales** | Cable bajo tensión, Metal magnético, Metal no magnético, Material no metálico |
| **Alimentación de tensión** | Batería de litio de 12 V, 4 x 1,5-V-LR6 (AA), 4 de 1,2 V HR06 (AA) |



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

| | |
|---|---|
| **Peso, aprox.**** | 0,7 kg |
| **Función adicional** | Detección de fugas, medición de distancias |

***Fuente***: *https://www.bosch-professional.com/es/es/products/wallscanner-d-tect-200-c-0601081600*

*Ilustración 5 Ferroscan Bosh*




***Fuente***: *Edición Autor*



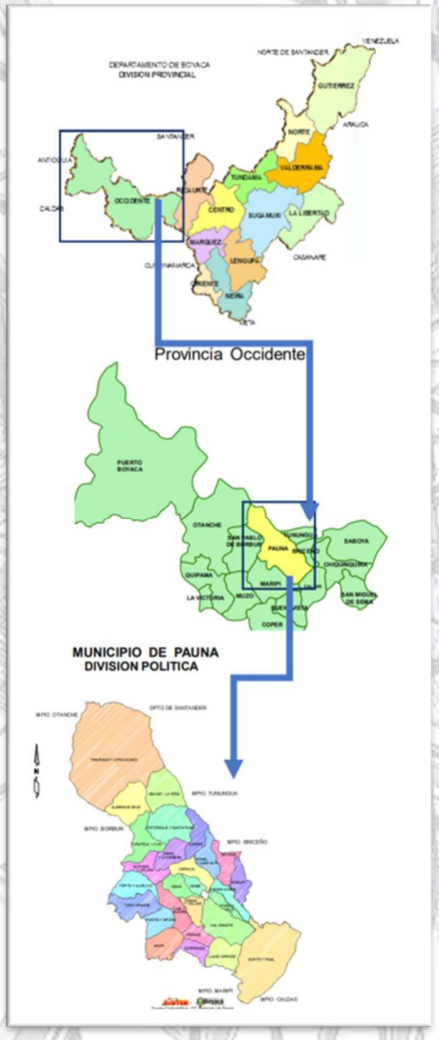
Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 6. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Pauna es un municipio colombiano ubicado en el occidente del departamento de Boyacá, en la provincia de occidente, a 149 km de la Tunja, capital del departamento y a 44 km de Chiquinquirá, capital de la provincia de occidente.

Este municipio limita con los siguientes territorios; Norte: Departamento de Santander; Este: Municipios de Briceño y Tununguá; Sur: Municipios de Caldas y Maripí; Oeste: Municipios de San Pablo de Borbur y Otanche

Ilustración 6 ESQUEMA DE LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE PAUNA



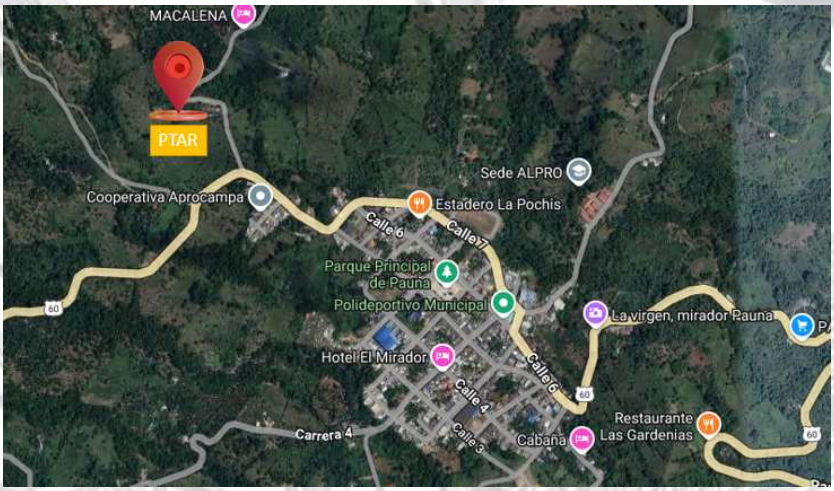

***fuente***:*https://planeacion.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2015/06/PAUNA-VEREDAL.pdf*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

La planta de tratamiento de agua residual se encuentra localizada a nor-oeste del casco urbano del municipio.

*Ilustración 7 LOCALIZACIÓN DE LA PTAR CON RESPECTO AL CASCO URBANO*




***Fuente:*** *Google maps – edición autor*

## 7. ESTRUCTURAS EXISTENTES IDENTIFCADAS

Tras indagar sobre la antigüedad de las estructuras, se estableció que estas se construyeron en el año 1998 (27 años al año de elaboración del presente informe), razón por la cual se presume, la normatividad vigente para concebida para su diseño y construcción era la NSR-98. A partir de la visita de campo realizada, fue posible establecer los elementos que componen la PTAR, así como las diferentes etapas del proceso de tratamiento. Cabe destacar que, a la fecha de la inspección, se identificó que algunas de las etapas que comprenden el tratamiento de la PTAR, no se encuentran en funcionamiento. A continuación, se relacionan las etapas reconocidas:



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

*Ilustración 8 ESTRUCTURAS IDENTIFICADAS EN LA PTAR*




***Fuente:*** *edición autor*

Las diferentes etapas, así como las estructuras identificadas en el proceso de tratamiento son:

0. POZO DE ACCESO
1. CAMARA DE QUIEBRE DE VELOCIDAD
2. DESARENADOR
3. TRAMPA DE GRASAS
4. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE Y CAMARA DE SEPARACIÓN DE FLUJOS

a continuación, se presenta una breve descripción de los componentes visibles de cada estructura:

### 7.1 CAMARA DE QUIEBRE DE VELOCIDAD

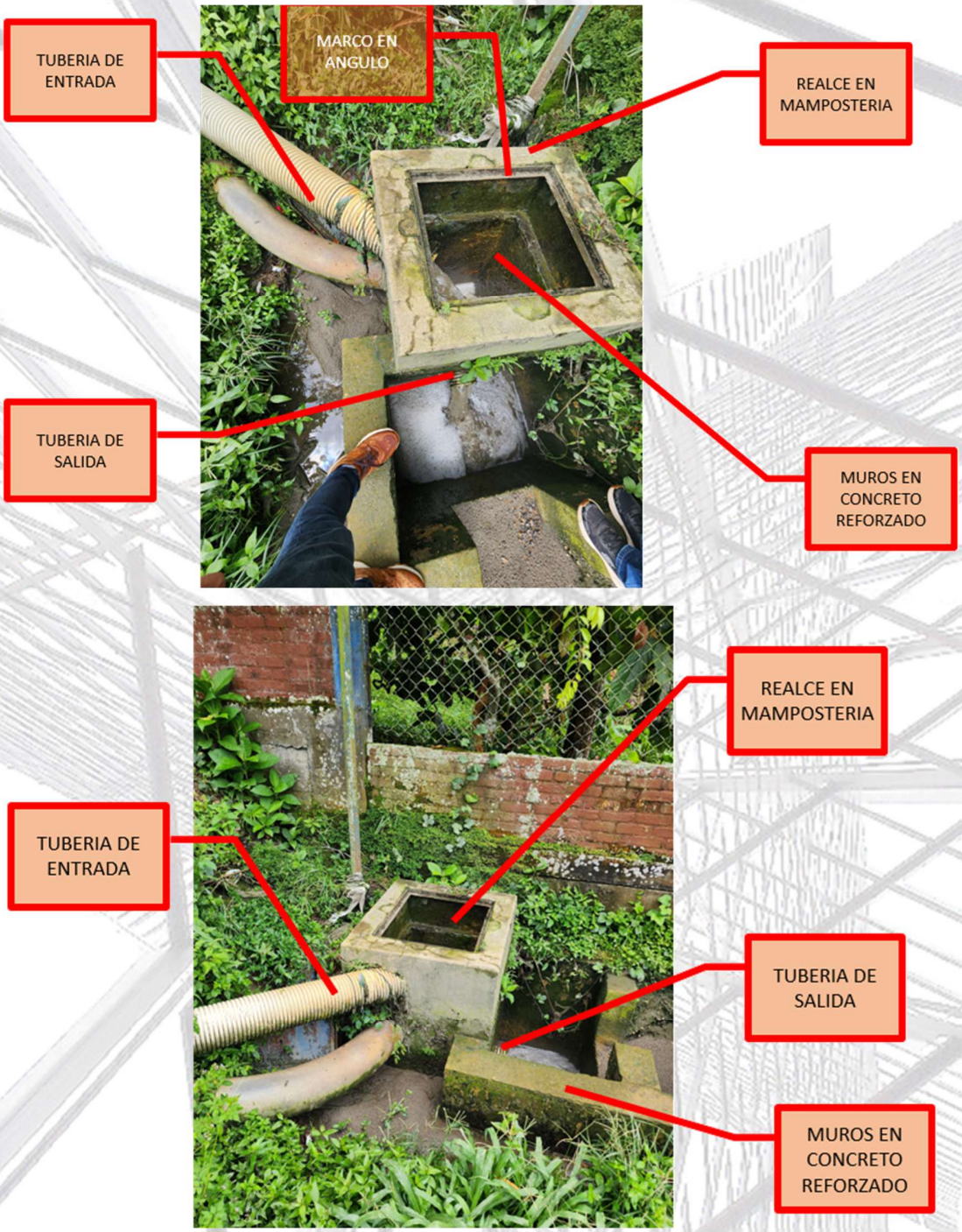
La **cámara de quiebre de velocidad** es una estructura tipo cajón de dimensiones 0.86m x 0.91m y altura 1.55m compuesta por elementos como concreto reforzado, un realce en mampostería maciza con acabado en pañete liso, marco en perfil metálico sin tapa, acceso y salida de flujo en tubería Novafort. La estructura parece apoyarse sobre una placa en concreto reforzado, en la misma



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

se identificó una cañuela que redirige el agua hacia la siguiente etapa de tratamiento denominada Desarenador.

*Ilustración 9 DESCRIPCIÓN COMPONENTES CAMARA DE QUIEBRE*




***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Esta cámara difiere en dos niveles, en función de su entrada y su salida. Se identifica que el caudal de entrada a la caja es tan alto que se genera una afectación a la estructura puesto que la misma presenta socavación en uno de sus muros como se presenta en la siguiente fotografía:

*Ilustración 10 COMPORTAMIENTO DEL FLUJO EN LA CAMARA DE QUIEBRE*




***Fuente:*** *edición autor*

**Patologías reconocidas**: Sobre la estructura predomina una capa vegetal tipo lama y/o musgo característica de la región debido las condiciones climáticas y de humedad, así como a la ausencia evidente de mantenimientos preventivos y correctivos a las instalaciones de la PTAR. La estructura en algún momento contaba con una tapa de acceso la cual no fue identificada en sitio, mas sin embargo se verifica la existencia de un marco en ángulo metálico de 1 ½" x 1 ½" la cual presenta oxidación en su integridad. Una de las afectaciones mas importantes es la socavación debida al salto de flujo libre sobre el muro localizado en dirección a la salida de la caja.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 7.2 DESARENADOR

Es una estructura contigua y/o posterior a la cámara de quiebre de velocidad de dimensiones 5.80m de largo x 1.00 de ancho y una altura variable de 1.10m. Es un sistema de muros con contracciones y ensanchamientos a lo largo de su geometría. Así mismo, difiere en su estructura muros centrales. El mismo se construyo a dos niveles y en dos longitudes diferentes. A la salida o final de las contracciones se identificaron unos rieles donde en su momento se encontraban instaladas compuertas, una de ellas aun presente en la estructura, pero con un porcentaje de deterioro por oxidación del 85%. Anexa a esta estructura se encuentra una caja de lavado la cual cuenta con una tapa en concreto reforzado. Al desarenador se adosa una caja que funciona como lavado de esta etapa, la misma tiene unas dimensiones de 1.30m X 0.57cm y una altura aproximada de 1.35m

Ilustración 11 COMPONENTES DEL DESARENADOR

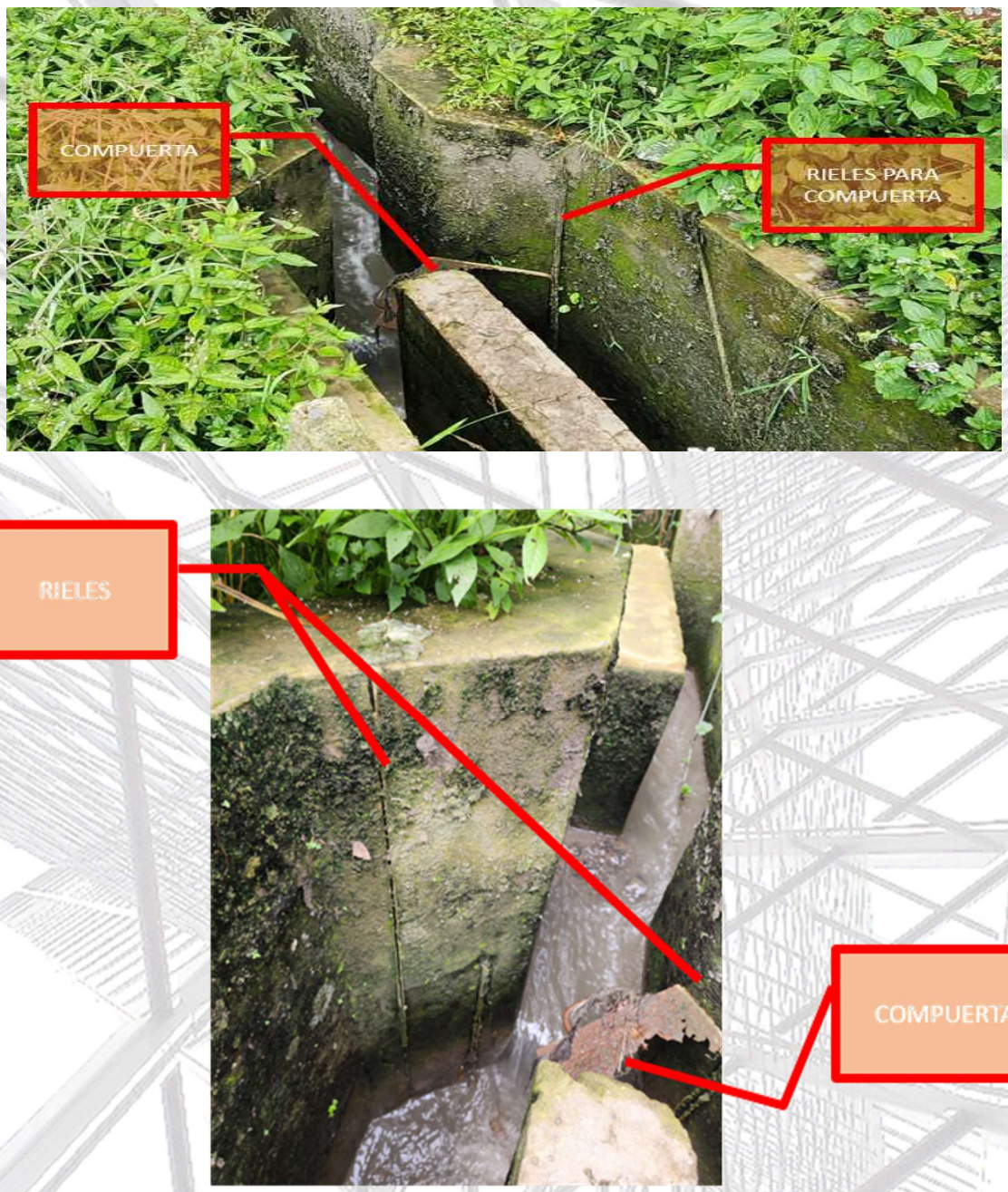



***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 12 ELEMENTOS OBSOLETOS DEL DESARENADOR




***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 13 FISURAS IDENTIFICADAS EN EL DESARENADOR




***Fuente:*** *edición autor*

Ilustración 14 ESTRUCTURA DE LA CAJA DE LAVADO DEL DESARENADOR




***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**Patologías reconocidas:** Sobre la estructura se identificaron algunas fisuras presuntamente motivadas por las condiciones de intemperie y falencia en el proceso de curado de las estructuras de concreto. Esta patología se encontró en la cara superior de los muros medianeros del desarenador. Sin embargo, la integridad de la estructura presenta una buena apariencia en comparación a otras estructuras que componen el sistema de tratamiento. La naturaleza de su entorno y uso, han generado la aparición de una película lamosa adherida sobre las diferentes caras que componen la estructura. No se evidencia exposición de aceros o un desgaste importante por los efectos de transporte de aguas residuales. La caja de lavado presenta una buena apariencia, viéndose únicamente afectada por la invasión de material vegetal originado en las áreas contiguas a la localización de la estructura.

### 7.3 TRAMPA DE GRASAS.

Es una estructura tipo cajón, de dimensiones 1.55, de ancho x 2.50m de largo y una altura de 1.80m, construida en mampostería con acabado en pañete liso, apoyada presuntamente sobre una placa de concreto. Dicha caja posee una placa superior en concreto sobre la cual se identifican dos aberturas sobre las cuales se apoyan dos tapas en lamina de alfajor. Tras realizar la apertura de la caja se identifica que la estructura de sus muros perimetrales se encuentra comprometida debido a las grietas presentes en ellos. A continuación, se relaciona el hallazgo en mención.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 15 UBICACIÓN DE LA TRAMPA DE GRASAS




***Fuente:*** *edición autor*

Ilustración 16 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA TRAMPA DE GRASAS




***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 17 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS







***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**Patologías reconocidas:** A nivel general, en la estructura se identifica que uno de sus muros (donde se encuentra la tubería de entrada a la trampa de grasas), presenta un compromiso importante a nivel de su integridad ya que se identificaron GRIETAS con espesores de cerca de 1cm además de una deflexión a lo largo de su eje de desarrollo. Dichas grietas tienen apertura del interior al exterior del tanque. En la cara exterior se identifica descascaramiento del acabado en pañete, el cual permite corroborar que la caja se encuentra construida en mampostería. Al momento de la visita se identifico que presentaba flujo de agua retenido en su interior.

Los accesos en lamina de alfajor evidencian que en algún les fueron aplicados un acabado en pintura blanca. Sin embargo, los mismos presentan una oxidación evidente, lo cual sugiere una disminución en su espesor aumentando el riesgo de doblamiento o falla en las mismas durante su operación. Posterior a esta etapa, se identifica el **FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE y CAMARA DE SEPARACIÓN DE FLUJOS.**

### 7.4 FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE y CAMARA DE SEPARACIÓN DE FLUJOS.

A la salida de a trampa de grasas, se identifica una tubería la cual conduce a una estructura tipo caja aparentemente en concreto en la cual inicia la etapa de procesamiento denominada como FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE y CAMARA DE SEPARACIÓN DE FLUJOS. Esta caja tiene unas dimensiones aproximadas de 99cm x 96 cm y altura 82cm. La base de esta placa es en concreto reforzado y esta a su vez se apoya sobre unos muros los cuales transmiten sus cargas directamente al suelo. A continuación, se relaciona registro fotográfico de la estructura en mención.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 18 INICIO DE LA ETAPA DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE




***Fuente:*** *edición autor*

El acceso a esta caja es a través de una tapa en lamina de alfajor. De la misma se derivan dos salidas a otras dos cajas a través de dos tuberías de salida las cuales se encuentran encamisadas por una viga en concreto reforzado de dimensiones 23cmx30cm.

Dichas cajas se encuentran apoyadas sobre unas columnas en concreto reforzado las cuales se presume a su vez se apoyan sobre unas zapatas en concreto. El acceso a estas cajas es a través de tapas en lamina de alfajor.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 19 CAJAS ADOSADAS AL TANQUE FAFA




***Fuente:*** *edición autor*

Estas cajas de dimensiones 1.00m x 1.00m x 1.00m se encuentran adosadas a la estructura mayor denominada FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA).



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 20 CAJAS ADOSADAS AL TANQUE FAFA





***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**Patologías reconocidas:** En la caja donde inicia la etapa de tratamiento se identifico una dilatación importante entre la estructura principal de la misma y los muros sobre los cuales se apoya. Sin embargo, esta patología no es representativa ya que permite el normal funcionamiento de la caja en el tratamiento. Sin embargo, se debe considerar un mantenimiento preventivo y correctivo de esta estructura. La tapa de acceso no presenta una presencia importante de corrosión, por lo cual con una intervención con lijado y aplicación de anticorrosivo es suficiente para extender su vida útil. Por otro lado, las cajas adosadas a la estructura del FAFA, si presentan un deterioro importante en sus tapas de acceso por lo cual se debe considerar reemplazar las mismas. En su integridad estructural, se identifico que la zona donde se conectan estas tapas al muro del fafa, presentan unas dilataciones importantes.

Ilustración 21 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS EN LAS CAJAS




***Fuente:*** *edición autor*

Esta situación se puede presentar por diferencias en los asentamientos de ambas estructuras, ya que la estructura del FAFA es un sistema de muros en concreto reforzado (estructura rígida) mientras que las cajas a la entrada son una caja apoyada sobre una columna (efecto péndulo inverso/estructura rígida sobre

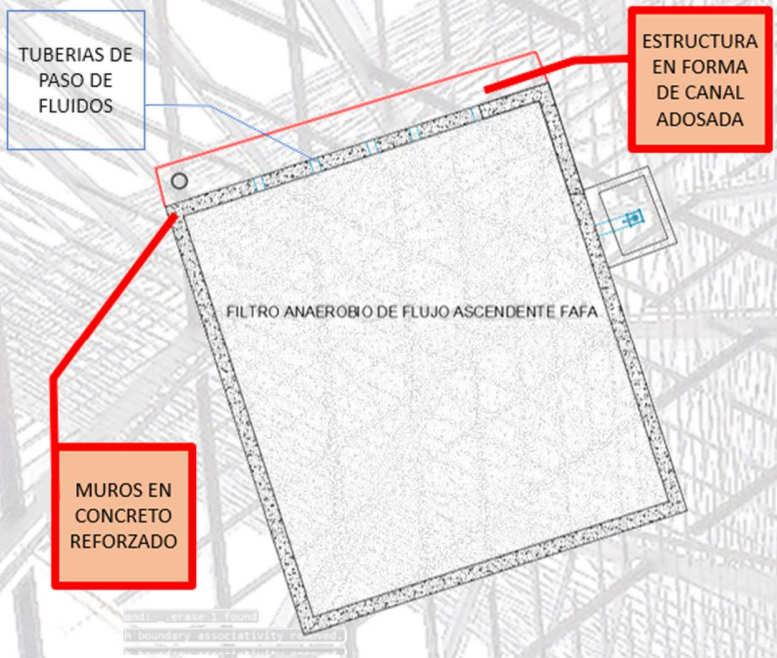


Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

estructura flexible). Por la diferencia en la rigidez de ambas estructuras, puede que ante un evento sísmico (por mínimo que sea) se genere un comportamiento o reacción diferente en respuesta a dicha motivación.

El FAFA (FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE), es una estructura de dimensiones 8.60m de largo x 8.60m de ancho x 3.28m de alto compuesta por una placa base en concreto sobre la cual se apoyan un conjunto de muros perimetrales en concreto reforzado de espesor e=30cm. En uno de sus costados, en la parte superior se deriva una estructura colindante en forma de canal la cual permite el paso de agua de la caja a su estructura a fin de transportar únicamente los fluidos producto de esta etapa de tratamiento, mediante un sistema de conexión de tuberías que transportan los líquidos resultantes a la canal.

Ilustración 22 ESQUEMA DEL TANQUE FAFA




***Fuente:*** *edición autor*

Sobre el FAFA, se apoya una cubierta construida en guadua la cual sirve como soporte a una cubierta en teja trapezoidal.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

A continuación, se detalla mediante registro fotográfico la estructura en mención.

Ilustración 23 ESTRUCTURAS ADJUNTAS AL TANQUE FAFA









Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá




***Fuente:*** *edición autor*

Adicionalmente Se observo que, sobre los muros en concreto reforzado, se apoyan columnas en mampostería. Se desconoce si las mismas poseen algún tipo de refuerzo. Además, se protege que ningún animal o residuos vegetales entren al tanque mediante la instalación de un angeo protector.

**Patologías reconocidas:**

## 8. ANALISIS DE FISURAS Y GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS.

Ilustración 24 FISURAS IDENTIFICADAS EN EL TANQUE FAFA



***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Una de las patologías de mayor importancia reconocida en la estructura del tanque, es la presencia de fisuras en algunos muros perimetrales. Se pueden definir como fisuras en función del ancho de su apertura. La presencia de las mismas ha permitido el paso mínimo de fluidos del interior al exterior del tanque. Cabe destacar que, durante la visita, el tanque se encontraba con una ocupación del 80% de fluido en su interior.

Ilustración 25 FISURAS EN UNION DE MUROS DEL TANQUE FAFA



***Fuente:*** *edición autor*

Esta patología se encontró mayormente en los muros relacionados a continuación:

Ilustración 26 MUROS CO MAYOR NUMERO DE FISURAS




***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

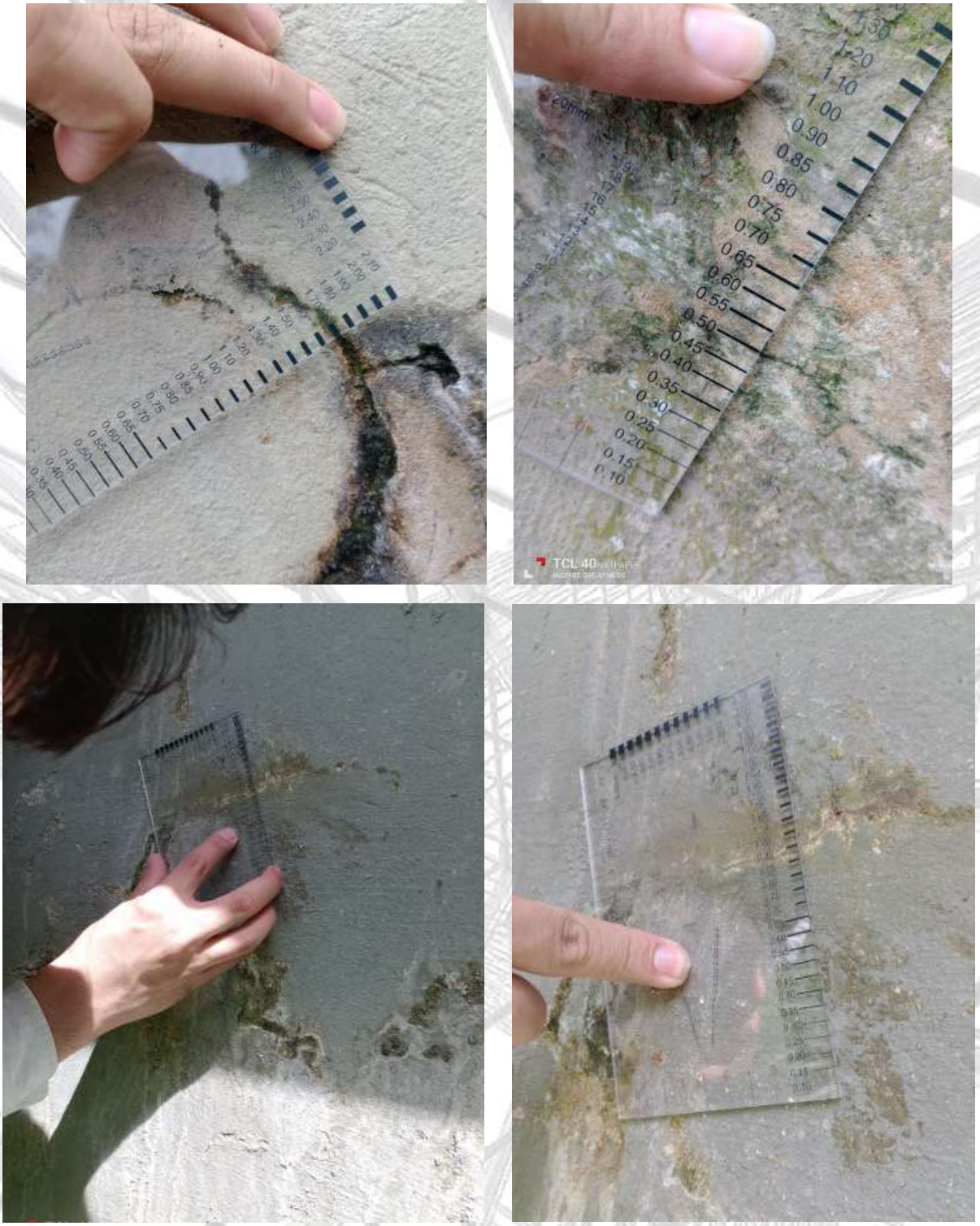
Entre los espesores de fisuras identificados, estos oscilaban entre el 0.35mm y 1.7mm. Se debe considerar que, en función de las condiciones de exposición del concreto, la ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) en su documento 224R-01, estima un valor máximo admisible de fisuras de entre 0.1 a 0.41mm. Sin embargo, además de analizarse los anchos de fisuras, se debe analizar la dirección y el trazado de estas para poder establecer si surgen a raíz de las cargas a la que es sometida, a la localización del acero de refuerzo, o a otra situación particular.

Para el caso de estudio, en el muro con mayor predominancia de fisuras (muro superior en la imagen anterior, estas no siguieren un principio de falla por flexión o cortante, ni tampoco por ausencia de acero de refuerzo. Puede que durante el proceso de colado o fundida de los elementos de concreto, estas zonas tuvieran falencias en su proceso constructivo como falta de vibración del concreto, poco tiempo de mezclado, ausencia de un correcto curado posterior a la fundición de los elementos, temperaturas ambientes elevadas que promovieran una mayor perdida de agua durante el fraguado del concreto, entre otras posibles causas. Sin embargo, este estudio siguiere que para establecer tanto el daño como la posible intervención a la estructura, es necesario desocupar y lavar el tanque ubicando en el interior la presencia de otras posibles fisuras. Sin embargo, y en evidencia del comportamiento de las fisuras, además de los años de servicio que ha prestado el tanque, un tratamiento a través del sellado de fisuras con epóxico, la implementación de una capa de refuerzo adicional al interior del taque así como la aplicación de un concreto tipo grouting o similar con un bajo contenido de aire (con la mayor impermeabilidad posible), garantizarían extender una ampliación de la vida útil de esta estructura sin representa un mayor gasto presupuestal, en comparación a la demolición y reconstrucción de un nuevo tanque. Se debe contemplar además que para tanques, para el sellado de juntas, Sika y otros fabricantes ofrecen una línea de productos como cintas y epóxidos que garantizan la impermeabilidad de estas zonas que usualmente suelen ser las más críticas. En seguida se presenta la evidencia del comparativo de las fisuras mediante fisurómetro.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Ilustración 27VERIFICACION DE ANCHOS DE FISURAS EN TANQUE FAFA



***Fuente:*** *edición autor*



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

# 9. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

## 9.1 Esclerometría En Estructura Cámara De Quiebre De Velocidad

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA: | MAYO/2025 |
| **ENSAYO DE ESCLEROMETRIA** | | | |
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** | | |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** | | |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** | | |

**1. INFORMACION GENERAL:**

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23ª C |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 10:00 a. m. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

camara de quiebre de velocidad. Construida en concreto monolítico de espesor en paredes 0.15 m; y un realce en muro de mamposteria de 10cm con acabado en pañete, se realiza el ensayo en la cara exterior del muro en concreto donde se ubica la tuberia de salida de la caja

**2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:**

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto convencional de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |
|---|---|

**3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:**

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA.

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.8 mm

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

Hr:66cm

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 25 | 32 | 23 | 27 |
| 21 | 17 | 23 | 36 |
| 20 | 27 | 33 | 16 |
| 23 | 22 | 35 | 20 |



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

DESCARTADAS POR SUPERAR 5 UNIDADES RESPECTO AL PROMEDIO

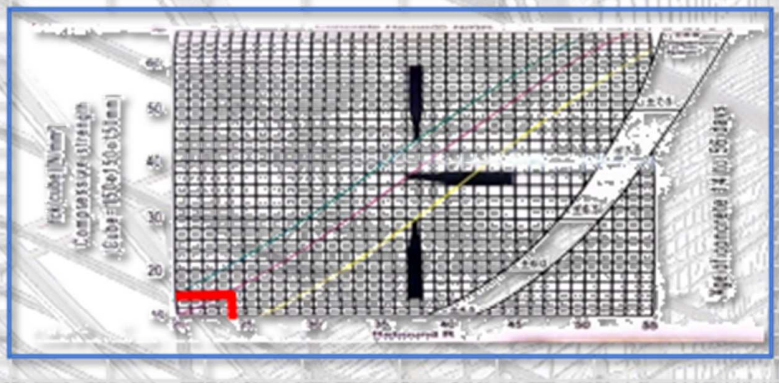
6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**25**

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

**24**

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:



| | | | |
|---|---|---|---|
| 16 | N/mm2 | 2320,608 | PSI |

REGISTRO FOTOGRAFICO ZONA DE ESTUDIO







Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 9.2 Esclerometría En Estructura Desarenador.

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA: | MAYO/2025 |

**ENSAYO DE ESCLEROMETRIA**

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

**1. INFORMACION GENERAL:**

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23°C |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 10:30 am. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Desarenador está construido con sistema paralelo en concreto convencional con espesor de paredes de 0,15cm , con dimensiones de 2,45 x 0,3 metros cada unidad.

**2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:**

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto convencional de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| | |
|---|---|
| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |

**3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:**

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.1 mm



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

H:1,50

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 25 | 30 | 31 | 31 |
| 31 | 31 | 31 | 32 |
| 30 | 30 | 29 | 29 |
| 30 | 25 | 29 | 28 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**29,5**

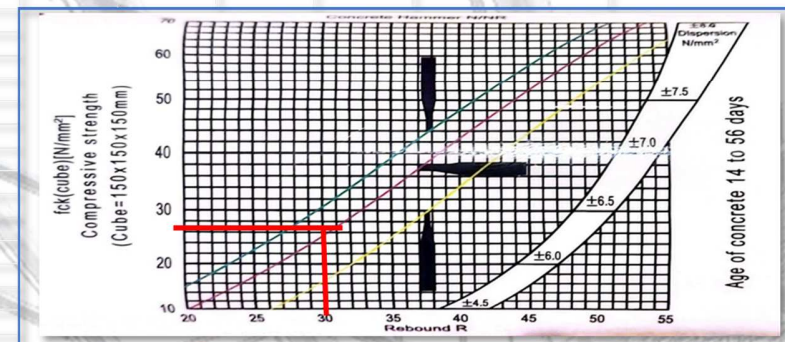


Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

**30,1**

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **25** | **N/mm 2** | **3625,95** | **PSI** |

**REGISTRO FOTOGRAFICO ZONA DE ESTUDIO**





Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 9.3 Esclerometría En Estructura Tanque FAFA

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA | MAYO/2025 |

**ENSAYO DE ESCLEROMETRIA**

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

**1. INFORMACION GENERAL:**

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23°c |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 11:00 am. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Tanque-Toma 1 Tanque en concreto reforzado de 8.5 m x 8.5 m x 2.8 m, con espesor de paredes de 30cm

**2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:**

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto reforzado de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| | |
|---|---|
| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |

**3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:**

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.1 mm

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 33 | 30 | 30 | 31 |
| 36 | 30 | 27 | 27 |
| 30 | 29 | 27 | 28 |
| 27 | 25 | 28 | 26 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

DESCARTADAS POR SUPERAR 5 UNIDADES RESPECTO AL PROMEDIO



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

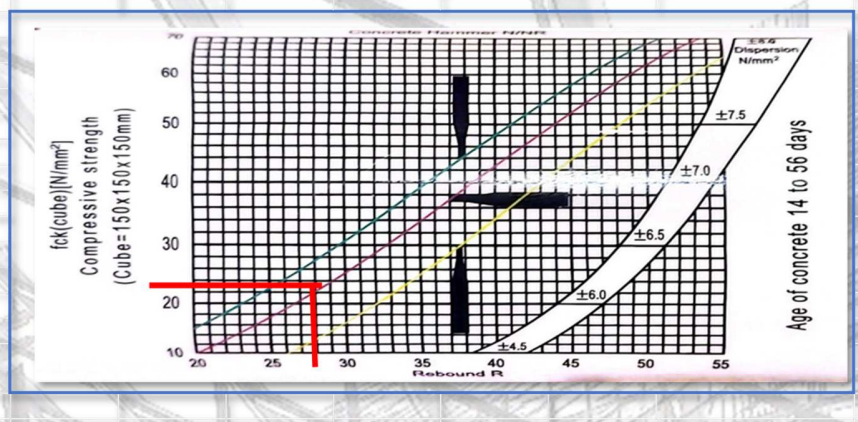
6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**29**

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

**28,5**

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **23** | **N/mm 2** | **3335,874** | **PSI** |







Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA | MAYO/2025 |

## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

### 1. INFORMACION GENERAL:

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23ºc |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 11:30 am. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Tanque-Toma 2 Tanque en concreto reforzado de 8.5 m x 8.5 m x 2.8 m, con espesor de paredes de 30cm

### 2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto convencional de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| | |
|---|---|
| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |

### 3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.1 mm

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 37 | 29 | 36 | 37 |
| 35 | 35 | 32 | 38 |
| 37 | 38 | 38 | 38 |
| 35 | 32 | 36 | 30 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

DESCARTADAS POR SUPERAR 5 UNIDADES RESPECTO AL PROMEDIO



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

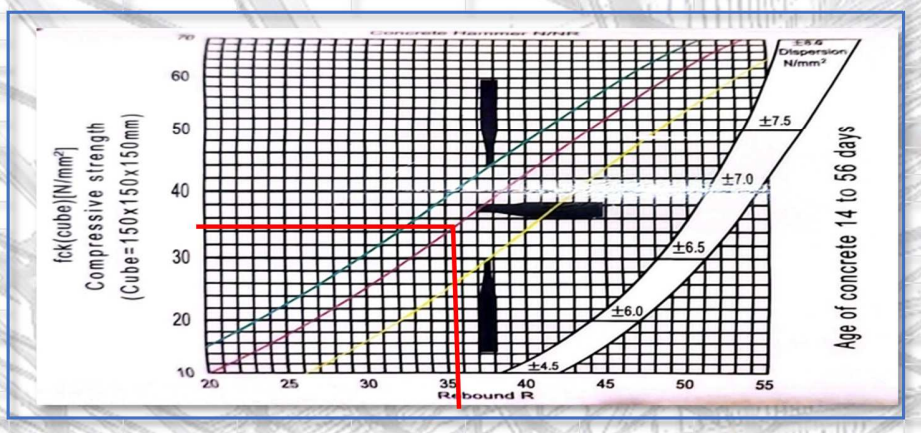
6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**35,1875**

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

**35,6**

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **34,2** | **N/mm 2** | **4960,2996** | **PSI** |

**REGISTRO FOTOGRAFICO ZONA DE ESTUDIO**





Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA: | MAYO/2025 |

## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

### 1. INFORMACION GENERAL:

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23ºC |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 12:00 m. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Tanque-Toma 3 Tanque en concreto reforzado de 8.5 m x 8.5 m x 2.8 m, con espesor de paredes de 30cm

### 2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto reforzado de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| | |
|---|---|
| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |

### 3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.1 mm

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 34 | 34 | 37 | 35 |
| 30 | 34 | 38 | 29 |
| 32 | 32 | 31 | 32 |
| 35 | 37 | 36 | 39 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

N/A



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

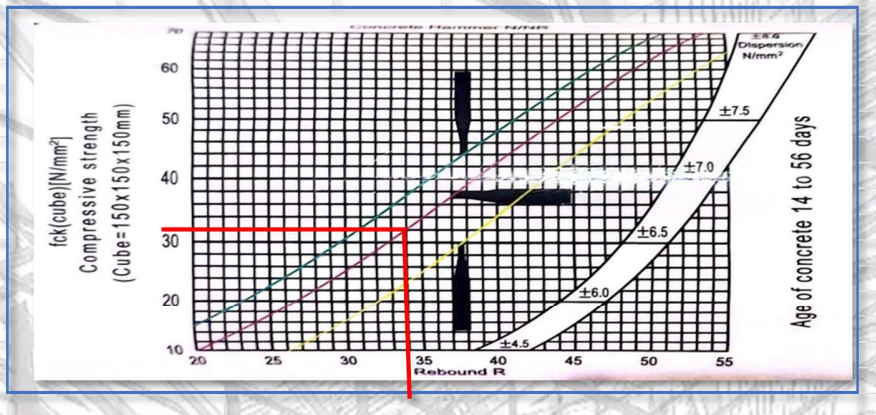
6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**34,06**

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

**34,06**

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **32** | **N/mm 2** | **4641,216** | **PSI** |

**REGISTRO FOTOGRAFICO ZONA DE ESTUDIO**





Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA | MAYO/2025 |

## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

### 1. INFORMACION GENERAL:

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23°c |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 12:30 pm. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Tanque-Toma 4 Tanque en concreto reforzado de 8.5 m x 8.5 m x 2.8 m, con espesor de paredes de 30cm

### 2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto convencional de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| | |
|---|---|
| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |

### 3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0.1 mm



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90º

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 30 | 31 | 30 | 29 |
| 30 | 31 | 29 | 32 |
| 30 | 29 | 32 | 29 |
| 30 | 29 | 30 | 29 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

N/A

6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**30**

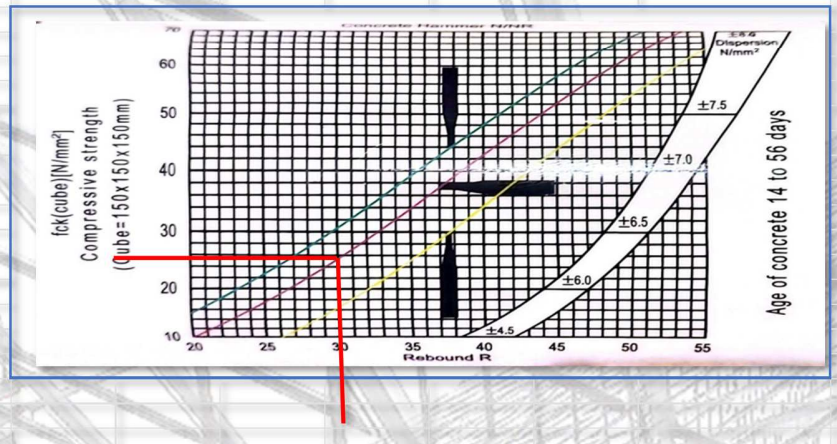


Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

30

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **26** | **N/mm 2** | **3770,988** | **PSI** |






Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

| CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES | | | |
|---|---|---|---|
| VERSION: | 1 | VIGENCIA | MAYO/2025 |

## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

| | |
|---|---|
| DEPARTAMENTO: | **BOYACÁ** |
| MUNICIPIO: | **PAUNA** |
| USO: | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** |

### 1. INFORMACION GENERAL:

| | |
|---|---|
| 1. FECHA DEL | 18 de mayo de 2025 |
| 2. TEMPERATURA AMBIENTE: | 23ºc |
| 3. HORA DEL ENSAYO: | 01:00 pm. |
| 4. EDAD DEL CONCRETO: | 27 AÑOS |

5. Identificación del lugar del ensayo en la estructura del concreto y dimensiones del miembro ensayado:

Tanque-Toma 5 Tanque en concreto reforzado de 8.5 m x 8.5 m x 2.8 m, con espesor de paredes de 30cm

### 2. INFORMACION SOBRE EL CONCRETO:

1. IDENTIFICACION DE LA MEZCLA Y TIPO DE AGREGADO GRUESO:

concreto convencional de agregado grueso tipo grava.

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO

| NSR 98: TABLA C.4-2 REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION (24 MPA o 3500 PSI) | NSR-10 TABLA C.23-C.4.3.1 - REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION (28MPa o 4000 PSI |
|---|---|

### 3. DESCIPCIÓN DEL AREA DE ENSAYO:

1. CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE (SUPERFICIE ALISADA CON LLANA EN MADERA, PULIDA, FORMALETEADA).

SUPERFICIE ALISTADA CON LLANA METALICA

2. DE SER APLICABLE, TIPO DE MATERIAL TIPO DE MATERIAL DE LA FORMALETA UTILIZADO EN EL AREA DE ENSAYO

N/A

3. SI LA SUPERFICIE FUE PULIDA Y ESPESOR PULIDO

si fue pulida para el ensayo mediante piedra abrasiva desgastando el pañete hasta una profundidad de 0,1 mm



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

3. DE SER APLICABLE, CONDICIONES DE CURADO

N/A

4. CONDICIONES DE HUMEDAD DE LA SUPERFICIE (HUMEDA O SECA)

seca

**INFORMACIÓN DEL MARTILLO**

1. IDENTIFICACION DEL MARTILLO O NUMERO DE SERIE

CTH-CJRM-2023

2. FECHA DE VERIFICACION DEL MARTILLO

abr-25

**DATOS DE NUMERO DE REBOTE**

1. NOMBRE DEL OPERADOR:

Cristian Roberto

2. ORIENTACIÓN DEL MARTILLO DURANTE EL ENSAYO

90°

3. CUANDO SE REALICE EL ENSAYO SOBRE SUPERFICIES VERTICALES (MUROS, COLUMNAS, VIGAS DE GRAN ALTURA). REPORTAR LA ELEVACION RELATIVA DE LA ZONA DE ENSAYO.

4. NUMERO DE REBOTES INDIVIDUALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| 29 | 30 | 35 | 35 |
| 34 | 30 | 37 | 32 |
| 32 | 39 | 38 | 33 |
| 33 | 35 | 38 | 37 |

5. OBSERVACIONES EN CUANTO A LAS LECTURAS DESCARTADAS.

N/A

6. NUMERO DE REBOTE PROMEDIO

**34,1875**

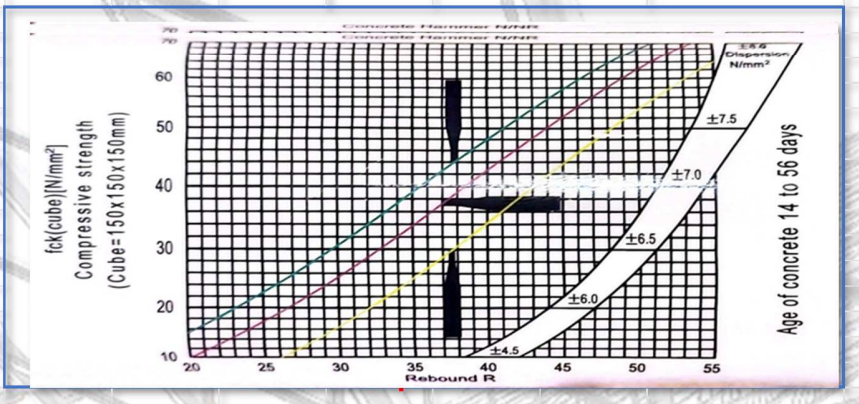


Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

7. NUMERO DE REBOTE CORREGIDO PARA ORIENTACION HORIZONTAL DEL INSTRUMENTO:

34,1875

8. DESCRPCION DE LAS CONDICIONES INUSUALES QUE PUEDAN AFECTAR LAS LECTURAS DEL ENSAYO:




| | | | |
|---|---|---|---|
| **32** | **N/mm 2** | **4641,216** | **PSI** |





Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

**Tabla 4** RESUMEN DE RESULTADOS DE ESCLEROMETRIAS REALIZADAS

| **CJRM - DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS CIVILES** | | | |
|---|---|---|---|
| **VERSION:** | 1 | VIGENCIA: | MAYO/2025 |
| **ENSAYO DE ESCLEROMETRIA** | | | |
| **DEPARTAMENTO:** | | BOYACA | |
| **MUNICIPIO:** | | PAUNA | |
| **USO:** | **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES** | | |
| | | Dureza del concreto -fck | |
| **ESTRUCTURA DEL ENSAYO** | | **(N/mm^2)** | **PSI** |
| **Cámara de Quiebre** | | 16 | 2320,608 |
| | | | |
| **Desarenador** | | 25 | 3625,95 |
| | | | |
| **Tanque** | | 23 | 3335,874 |
| | | 34,4 | 4989,3072 |
| | | 32 | 4641,216 |
| | | 26 | 3770,988 |
| | | 32 | 4641,216 |

Los resultados obtenidos luego de los ensayos de esclerometría realizados se resumen en la tabla anterior. Los menores valores de dureza en concreto fueron identificados en la cámara de quiebre mientras que el tanque FAFA y el desarenador arrojaron resultados que a pesar de estar por debajo de los admisibles normativos, son resultados favorables ya que ninguno estuvo por debajo de los 3000 psi.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 10. VERIFICACION DE LA EXISTENCIA DE ACEROS DE REFUERO

A fin de verificar la existencia de refuerzo, así como el distanciamiento entre barras de acero, se empleo un Wall scanner o también denominado ferroscan. Este ejercicio se desarrollo en el tanque FAFA, en las vigas que llegan a dicho tanque, en la cámara de quiebre de velocidad

Ilustración 28 VERIFICACIÓN DE EXISTENCIA DE ACEROS DE REFUERZO EN ELEMENTOS DE CONCRETO







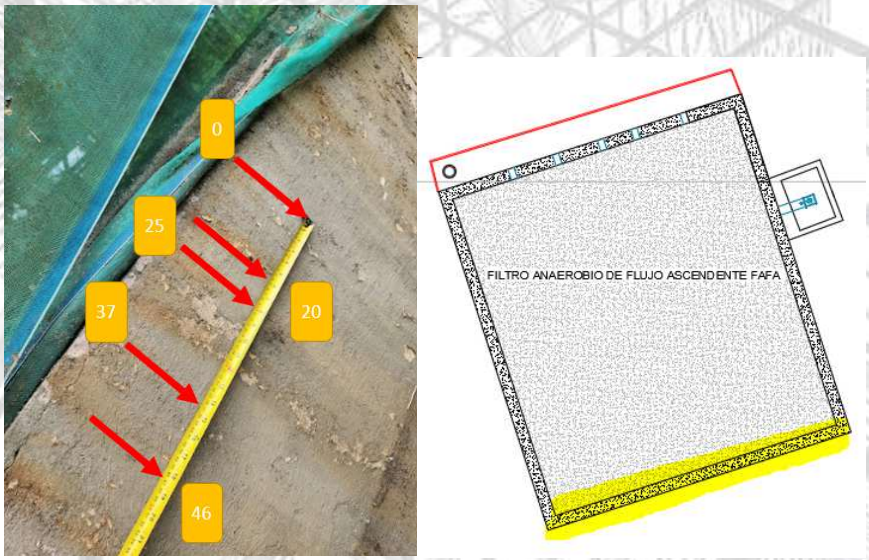
Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá




***Fuente:*** *edición autor*

Los elementos escaneados arrojaron como resultado la existencia de acero de refuerzo. Sin embargo se quizo hacer un mayor enfasis en los aceros de refuerzo del tanque FAFA.

Ilustración 29 DISTANCIAMIENTO DE ACEROS DE REFUERZO EN MURO DE ESTUDIO



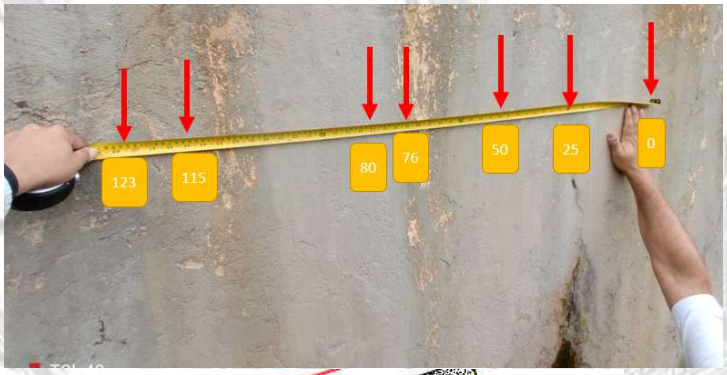

***Fuente:*** *edición autor*

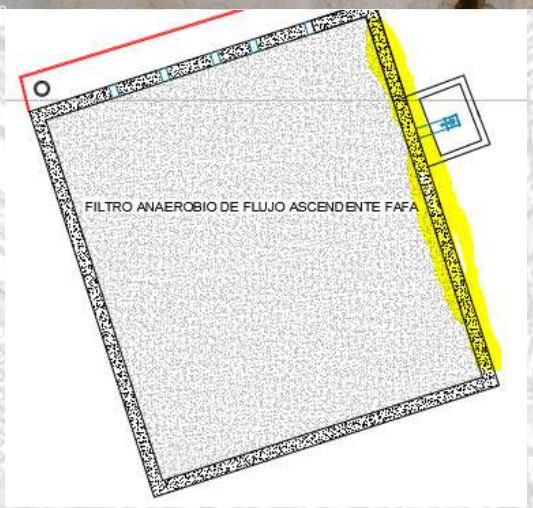


Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

Como resultado se obtuvieron separaciones de entre los 15cm a los 20cm de separación entre barras de refuerzo en el plano corto del muro señalado.

*Ilustración 30 DISTANCIAMIENTO DE ACEROS DE REFUERZO EN MURO DE ESTUDIO*




***Fuente:*** *edición autor*

En el segundo muro de estudio los resultados fueron un poco mas variables, encontrando separaciones que oscilaban en los 25cm. Estos resultados pueden variar por situaciones particulares durante el proceso constructivo tales como desplazamiento de aceros de refuerzo durante el colado de concreto, por procesos de vibración, así como por las características de la zona de estudio al momento de la toma de datos como por ejemplo la presencia de fluidos al interior del tanque, o por la presencia de una doble parrilla de armado de refuerzo en los muros que componen la estructura.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 11. CALIFICACIÓN CUALITATIVA CONFORME A.10.2.2. NSR-10

Una vez definidos los parámetros mencionados a lo largo del documento, se procede hacer una calificación cualitativa de las estructuras conforme lo define el literal A.10.2.2 — ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL de la norma sismo resistente

### A.10.2.2.1 — Calidad del diseño y la construcción de la estructura original

**CAMARA DE QUIEBRE**

| | |
|---|---|
| BUENA | |
| REGULAR | ☑ |
| MALA | |

**TRAMPA DE GRASAS**

| | |
|---|---|
| BUENA | |
| REGULAR | |
| MALA | ☑ |

**DESARENADOR**

| | |
|---|---|
| BUENA | ☑ |
| REGULAR | |
| MALA | |

**FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE**

| | |
|---|---|
| BUENA | ☑ |
| REGULAR | |
| MALA | |

### A.10.2.2.2 — Estado de la estructura

**CAMARA DE QUIEBRE**

| | |
|---|---|
| BUENA | |
| REGULAR | ☑ |
| MALA | |

**TRAMPA DE GRASAS**

| | |
|---|---|
| BUENA | |
| REGULAR | ☑ |
| MALA | |

**DESARENADOR**

| | |
|---|---|
| BUENA | ☑ |
| REGULAR | |
| MALA | |

**FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE**

| | |
|---|---|
| BUENA | |
| REGULAR | ☑ |
| MALA | |



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## 12. CONCLUSIONES

- ✓ De las estructuras existentes evaluadas en el presente estudio, se determino que en general todas requieren un mantenimiento preventivo y correctivo mínimo basado en el lavado de las estructuras asi como el reemplazo de algunos de sus componentes como tapas de acceso que presentan grados avanzados de corrosión.
- ✓ El diseño hidráulico de la cámara de quiebre de velocidad debe ser reconsiderado ya que el funcionamiento actual del mismo está generando una socavación por la energía del flujo de agua en uno de los muros de esta estructura, dejando a la vista un muro en mampostería sin refuerzo, situación que podría repercutir esta estructura en un futuro.
- ✓ El desarenador presenta un buen comportamiento a nivel estructural, exceptuando las compuertas las cuales presentan un avanzado grado de descomposición. Las fisuras presentes en esta estructura no se consideran relevantes.
- ✓ La trampa de grasas a raíz de sus fisuras se considera deficiente. Su error surge desde la concepción de su estructura ya que la misma no debería ser en mampostería sin refuerzo sino en concreto reforzado.
- ✓ El análisis realizado se hace a partir de la normatividad y consideraciones de diseño contempladas en el año de construcción de la estructura. Para tal época la normatividad era menos rígida en comparación a la vigente, partiendo de la resistencia a la compresión solicitada para estructuras de carácter ambiental (3500 psi según la nsr-98).
- ✓ Las durezas de las superficies de concreto obtenidas en las diferentes estructuras varían en el orden de los 3000psi a los 4800 psi. La normatividad anterior solicitaba una resistencia a la compresión de 3500 psi como requisito mínimo para estructuras de expuestas al agua. Sin embargo y teniendo en cuenta la tecnología de la época metodologías de construcción, disponibilidad de materiales en la zona, entre otros, asi como la edad actual de la estructura, se puede establecer que todas las obras analizadas exceptuando la cámara de quiebre arrojaron resultados aceptables.
- ✓ El análisis de fisurómetro permitió exponer condiciones desfavorables, especialmente en la trampa de grasas y en el tanque del filtro anaerobio de flujo ascendente, que presentan grietas para el caso de la primera estructura, y fisuras considerables en caso de la segunda. Dichas fisuras superaron los valores máximos admisibles en función de la condición de exposición.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

- ✓ La conexión de las cajas adosadas a la entrada del tanque FAFA, presentan algunas fisuras por dilataciones posiblemente generadas por asentamientos diferenciales entre el tanque y la cimentación que soporta dichas cajas. Se presume que estos asentamientos por el paso de el tiempo ya han alcanzado su desplazamiento máximo.
- ✓ Se verifico en las diferentes estructuras la existencia de aceros de refuerzo, exceptuando la trampa de grasas la cual esta construida mayormente en mampostería sin refuerzo, corroborándose la presencia de refuerzo en la cámara de quiebre de velocidad, la caja donde inicia la etapa del filtro anaerobio de flujo ascendente, las vigas posteriores a esta caja y el tanque FAFA.
- ✓ El tanque FAFA, presenta condiciones desfavorables en 2 de sus muros por presencia de algunas fisuras. El comportamiento de los mismo no siguiere una falla por flexión o cortante en el muro, sino posiblemente por las condiciones de exposición, así como la falta de mantenimiento a la estructura de la misma.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá

## RECOMENDACIÓNES

- El mantenimiento mínimo de las estructuras a considerar, debe ser un lavado y grateado de las mismas que permita la remoción de la capa vegetal que se ha venido formando sobre las diferentes caras de las obras que componen la PTAR.
- Se recomienda reemplazar elementos con grado de oxidación avanzado como tapas en lamina de alfajor, compuertas, válvulas y demás cuyo componente principal sea hierro o algún tipo de metal. Se recomienda, de hacer uso de elementos metálicos, aplicar una barrera que permita proteger y prolongar la vida útil de estos elementos.
- Se debe considerar emplear un modelo hidráulico de disipación de energía diferente al actual en funcionamiento en la estructura de la cámara de quiebre, se sugiere emplear una cámara de caída previa a esta estructura.
- Se recomienda reemplazar las compuertas existentes en el desarenador, por unas fabricadas en un material que considere las condiciones de exposición a aguas con grados importantes de sulfatos y cloruros, asi como de salinidad.
- Se sugiere replantear la estructura de la trampa de grasas debido a su grado de afectación, reemplazándola por una cuyo sistema estructural sean muros en concreto reforzado.
- Para el tanque FAFA, puede solventarse el tema de las fisuras existentes realizando un sellado de las mismas, así como una posterior impermeabilización. Sin embargo, se debe considerar un seguimiento a las fisuras existentes buscando establecer si las mismas son de índole activa o pasiva, es decir si se van prolongando con el paso del tiempo. En caso de no realizarse este estudio se siguiere implementar un método de reforzamiento mínimo al interior del tanque instalando una malla electrosoldada en los muros perimetrales y posteriormente aplicando un concreto tipo grouting o similar de bajo contenido de aire a fin de garantizar la impermeabilidad en el tanque. Se deben tener consideraciones especiales en las juntas, así como las zonas donde la continuidad de la pared del tanque varie tales como accesos y salidas de tuberías.



Email: ing.cristian.roberto.m@gmail.com – Cel: 3126019082 – Tunja/Boyacá