

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE
PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE
CALANA – TACNA 2025”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA

TACNA – PERÚ

2025

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE
PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE
CALANA – TACNA 2025”**

Tesis sustentada y aprobada el 31 de diciembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO : Mtra. ROSALÍ CRISTINA ALANIA COTRADO

VOCAL : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRÍAS

ASESOR : Mtra. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCÍA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera, egresado, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 47252863, así como Glenda Milagros Linaja García con DNI 72635669; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: *Diagnóstico y propuesta de reparación de patología de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna 2025* la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 31 de 12 de 2025

Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera
DNI: 47252863

Glenda Milagros Linaja García
DNI: 72635669

DEDICATORIA

A mi madre Aurora Cabrera Pacohuanaco, cuyo amor, fortaleza y sacrificio han sido el pilar fundamental de cada uno de mis pasos. Gracias por enseñarme a perseverar aun en los momentos más difíciles y por creer en mí incluso cuando dudé de mis propias fuerzas. Este logro es tan tuyo como mío.

A mis hermanos y hermanas, por su apoyo incondicional, por acompañarme en cada etapa de este camino y por brindarme siempre el aliento necesario para continuar. Su confianza, paciencia y cariño fueron la motivación que me permitió llegar hasta aquí.

A mi padre Isaías Cotrado Monroy, quien emprendió su viaje eterno, pero cuya fe en mi futuro y en mis capacidades continúa guiándome. Él siempre creyó que llegaría lejos y que sería capaz de lograr grandes cosas en la vida. Este logro también es un homenaje a su amor y a la visión que siempre tuvo de mí.

A mi hermana Maritza, quien partió demasiado pronto, pero cuyo espíritu sigue iluminando mi vida. Ella me enseñó el valor de la perseverancia, la bondad y la humildad. Su forma de ver la vida, siempre con generosidad, paciencia, empatía y una sonrisa incluso en los momentos difíciles, dejó en mí lecciones que llevaré por siempre. Gracias por enseñarme a ser fuerte sin perder la sensibilidad, a luchar con fe, y a ser una mejor persona cada día. Este logro también honra tu memoria y el profundo amor que nos une.

Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa importante de mi vida. Su guía y protección han sido mi sostén en cada desafío enfrentado durante este proceso.

A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de esfuerzo y dedicación. A mis hermanos y hermanas por sus palabras de aliento y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A la ingeniera Glenda Milagros Linaja García, mi asesora de tesis, por su valiosa orientación, paciencia y dedicación durante el desarrollo de este trabajo. Su acompañamiento profesional ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

Al ingeniero Jorge Luis Montenegro Toledo, por haberme incentivado desde un inicio a emprender este proyecto de tesis. Sus palabras motivadoras, su claridad y su confianza en mis capacidades fueron determinantes para que me decidiera a comenzar esta tesis.

Al ingeniero Genaro López Santiago, por los conocimientos brindados y por su disposición constante para ayudar y orientar. Sus aportes fueron esenciales para ampliar mi comprensión y mejorar la calidad de este proyecto.

A mi enamorado Yeri, por su apoyo, comprensión y ánimo constante durante esta etapa. Su compañía, motivación y confianza en mis capacidades fueron un impulso importante para avanzar y culminar este trabajo.

Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación e importancia	5
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivo específicos	7
1.5 Hipótesis	7
1.5.1 Hipótesis general	7
1.5.2 Hipótesis específica	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2 Antecedentes Nacionales	10
2.1.3 Antecedentes Locales	11
2.2 Bases teóricas	13
2.2.1 Diagnóstico de patologías de concreto.....	13

2.2.2	El concreto.	13
2.2.2.1	Propiedades mecánicas del concreto endurecido.....	14
2.2.2.2	Propiedades de durabilidad concreto endurecido.....	15
2.2.2.3	Propiedades químicas del concreto endurecido.....	15
2.2.3	Agentes químicos en diferentes etapas del proceso de potabilización de agua a los que está expuesto el concreto.	17
2.2.4	Patología de concreto.....	19
2.2.4.1	Tipos de patología.....	20
2.2.5	Nivel de severidad.....	23
2.2.5.1	Nivel de severidad Leve (o Ligero).....	23
2.2.5.2	Nivel de severidad Moderado.....	23
2.2.5.3	Nivel de severidad Severo (o Grave).....	24
2.2.6	Materiales de reparación.....	25
2.2.7	Reparación de patologías.....	33
2.3	Definición de términos.....	47
2.3.1	Agentes químicos.....	47
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		50
3.1	Diseño de la investigación.....	50
3.2	Acciones y actividades.....	50
3.2.1	Inspección preliminar.....	50
3.2.1.1	Recolección de información.....	52
3.2.1.2	Parámetros normativos.....	52
3.2.2	Inspección detallada.....	52
3.2.2.1	Ensayos de laboratorio.....	52
3.2.3	Evaluación.....	54
3.2.3.1	Levantamiento de patologías.....	54
3.2.3.2	Nivel de severidad.....	54
3.2.4	Propuesta de reparación.....	54
3.2.5	Validación de expertos.....	54
3.3	Materiales y/o instrumentos.....	54
3.4	Población y/o muestra de estudio.....	55
3.4.1	Población.....	55
3.4.2	Muestra.....	56
3.5	Operacionalización de variables.....	56
3.6	Procesamiento y análisis de datos.....	58
3.6.1	Procesamiento y análisis de Inspección preliminar.....	58

3.6.2	Procesamiento y análisis de Inspección detallada	59
3.6.2.1	Procesamiento de ensayo de laboratorio.....	60
3.6.3	Procesamiento y análisis de evaluación de patologías	69
3.6.4	Procesamiento para la Clasificación del Nivel de Severidad.....	70
3.6.5	Procesamiento y análisis de la validación de expertos	74
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		75
4.1.	Resultados de la inspección preliminar	75
4.1.1.	Información general.....	75
4.1.2.	Información de los elementos de concreto.....	76
4.1.3.	Antecedentes de la estructura	76
4.1.4.	Agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua	78
4.2.	Resultados de la inspección detallada	79
4.2.1.	Ensayos de laboratorio de concreto.....	80
4.2.1.1.	Resistencia a la compresión mediante testigos de concreto	80
4.2.1.2.	Resistencia a la compresión mediante esclerómetro	80
4.2.1.3.	Absorción del concreto	81
4.2.1.4.	Profundidad de carbonatación del concreto.....	81
4.2.1.5.	Determinación de PH del concreto	82
4.2.1.6.	Determinación de cloruros.....	82
4.2.1.7.	Determinación de sulfatos	83
4.3.	Resultados de la evaluación de patologías de concreto.....	83
4.3.1.	Selección de elementos con patologías.....	83
4.3.1.1.	Sedimentador 1	83
4.3.1.2.	Sedimentador 2	84
4.3.1.3.	Sedimentador 3	85
4.3.1.4.	Sedimentador 4	86
4.3.2.	Identificación de patologías	87
4.3.3.	Nivel de severidad de elementos de concreto con patologías.....	90
4.3.3.1.	Sedimentador 1	90
4.3.3.2.	Sedimentador 2	91
4.3.3.3.	Sedimentador 3	93
4.3.3.4.	Sedimentador 4	94
4.4.	Resultados de validación de expertos.....	95
4.5.	Propuesta de reparación.....	97
4.5.1.	Reparación de fisuras y grietas verticales en muros de contención de agua	

4.5.2.	Reparación de fisuras y grietas horizontales	100
4.5.3.	Reparación de juntas frías verticales y horizontales	101
4.5.4.	Reparación de cangrejeras en juntas frías horizontales.....	102
4.5.5.	Reparación de alambre expuesto	103
4.5.6.	Reparación de eflorescencia y/o humedad en muros	104
4.5.7.	Reparación de obturadores de estanqueidad	104
4.5.8.	Reparación y sellado de contorno de tubería de succión de lodos	106
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		107
5.1	Discusión de la inspeccion preliminar y detallada	107
5.1.1	Discusión de la inspección preliminar	107
5.1.2	Discusión de la inspección detallada	109
5.2	Discusion de la evaluacion de patologias.....	114
5.2.1	Discusion de selección de elementos con patologia	114
5.2.2	Discusion de nivel de severidad de los elementos con patologias	115
5.3	Diagnostico general	120
5.4	Discusion de validacion de expertos	122
CONCLUSIONES		124
RECOMENDACIONES		129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		131
ANEXOS		134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Apertura de fisuras en nivel se severidad leve.....	23
Tabla 2. Apertura de fisuras en nivel se severidad Moderada	24
Tabla 3. Apertura de fisuras en nivel se severidad severa.....	24
Tabla 4. Datos técnico de sello impermeable de juntas Zed Seal.....	26
Tabla 5. Datos técnicos de Montero de reparación Aquacret Mortar – RV	27
Tabla 6. Datos técnicos de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (Aquacret 2k)	29
Tabla 7. Datos técnicos de carbostop U plus.....	33
Tabla 8. Datos de reacción de carbostop U plus	33
Tabla 9. Resultado de información general del proyecto	75
Tabla 10. Resultados de información de elementos de concreto.....	76
Tabla 11. Resultados de antecedentes de la estructura	77
Tabla 12. Agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua.....	79
Tabla 13. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de testigos de concreto	80
Tabla 14. Resultados del ensayo de resistencia a compresión mediante esclerómetro	80
Tabla 15. Resultado del ensayo de absorción.....	81
Tabla 16. Resultados del ensayo de profundidad de carbonatación.....	82
Tabla 17. Resultados del ensayo de determinación de pH en el concreto.....	82
Tabla 18. Resultados del ensayo de determinación de cloruros en el concreto.....	82
Tabla 19. Resultados del ensayo de determinación de sulfatos en el concreto	83
Tabla 20 Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1A	83
Tabla 21. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1B	84
Tabla 22. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2A	84
Tabla 23. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2B	85
Tabla 24. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3A	85
Tabla 25. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3B	86

Tabla 26. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4A	86
Tabla 27. Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4B	87
Tabla 28. Resultados de Identificación de patologías.....	87
Tabla 29. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1A	90
Tabla 30. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1B	91
Tabla 31. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2A	92
Tabla 32. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2B	92
Tabla 33. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3A	93
Tabla 34. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3B	94
Tabla 35. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4A	94
Tabla 36. Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4B	95
Tabla 37. Resultados de validación de expertos	96
Tabla 38. Comparación de resultados de resistencia a compresión mediante testigos de concreto	109
Tabla 39. Comparación de resultados de resistencia a compresión mediante esclerómetro.	110
Tabla 40. Comparación de resultados de absorción en el concreto.....	111
Tabla 41. Comparación de resultados de determinación de pH en el concreto	112
Tabla 42. Comparación de resultados de determinación de cloruros en el concreto .	113
Tabla 43. Comparación de los resultados de determinación de sulfatos en el concreto	114
Tabla 44. Selección de elementos de concreto con patologías	115
Tabla 45. Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 1	116
Tabla 46. Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 2.	117
Tabla 47. Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 3.	119
Tabla 48. Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 4.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fisura en muro de sedimentador	34
Figura 2. Ficha técnica de evaluación de patología de concreto.....	51
Figura 3. Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana	55
Figura 4. Sedimentadores	56
Figura 5. Niveles de severidad de patologías del concreto según criterios normativos ACI y ASTM	72
Figura 6. Niveles de severidad según porcentaje de área afectada por patología (basado en normativas ACI Y ASTM).....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	135
Anexo 2. Plano de ubicación del proyecto	137
Anexo 3. Fichas de descripción y antecedentes	139
Anexo 4. Fichas de evaluación de patologías de concreto	141
Anexo 5. Planos de levantamiento de patologías	150
Anexo 6. Plano de ubicación de extracción de diamantina de concreto.....	160
Anexo 7. Planos de propuesta de reparación de patologías.....	162
Anexo 8. Validación de propuesta de reparación	164

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar y diagnosticar los elementos de concreto de los Sedimentadores de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable, en la provincia de Calana, región Tacna, así como formular una propuesta de reparación. El estudio busca determinar el origen de las patologías observadas y plantear soluciones que permitan mejorar la durabilidad y prolongar la vida útil de estas estructuras. El diagnóstico se desarrolló mediante inspecciones preliminares y detalladas. La inspección preliminar abarcó la recopilación y verificación de información, junto con visitas al entorno de servicio para identificar cualitativamente las condiciones de exposición. La inspección detallada comprendió el estudio de las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto a través de ensayos de laboratorio que permitieron caracterizar cuantitativamente el material. Los resultados fueron evaluados siguiendo criterios de normas ACI, NTP, ASTM, ASOCRETO y AASHTO. Paralelamente, se realizó el análisis de daños patológicos, la selección de elementos afectados, la determinación del nivel de severidad y el análisis general de los daños. El levantamiento consideró la elaboración de planos con la ubicación y dimensiones de las patologías, apoyado en registros fotográficos. La selección de elementos hizo posible determinar la proporción de componentes afectados y no afectados. El nivel de severidad se clasificó como leve, moderado o severo mediante fichas de registro. Finalmente, se analizaron las posibles causas de los daños a partir de fundamentos teóricos y criterios técnicos. A partir de los datos recopilados en la inspección preliminar, la inspección detallada y el análisis de patologías, se formuló una propuesta de intervención para cada tipo de daño, tomando en cuenta materiales y técnicas adecuadas que permitan optimizar el desempeño y prolongar la vida útil de los sedimentadores. El análisis de los problemas patológicos también permitió comprender el comportamiento del concreto expuesto a condiciones severas, propias del ambiente marino del distrito de Ite, y formular recomendaciones para optimizar futuras obras.

Palabras clave: Patología; concreto; diagnostico; durabilidad; reparación.

ABSTRACT

The present thesis aims to evaluate and diagnose the concrete elements of the Sedimentation Tanks at the New Potable Water Treatment Plant in the province of Calana, Tacna region, as well as to propose a repair plan. The study seeks to determine the origin of the observed pathologies and to propose solutions that improve durability and extend the service life of these structures. The diagnosis was carried out through preliminary and detailed inspections. The preliminary inspection included the collection and verification of information, along with visits to the service environment to qualitatively identify the exposure conditions. The detailed inspection involved the study of the mechanical, physical, and chemical properties of the concrete through laboratory tests that allowed for a quantitative characterization of the material. The results were evaluated following the criteria established in ACI, NTP, ASTM, ASOCRETO, and AASHTO standards. In parallel, the analysis of pathological damage was conducted, including the selection of affected elements, the determination of severity levels, and the general assessment of the damage. The survey included the development of drawings showing the location and dimensions of the pathologies, supported by photographic records. The selection of elements made it possible to determine the proportion of components with and without damage. The severity level was classified as minor, moderate, or severe using assessment forms. Finally, the possible causes of the damage were analyzed based on theoretical foundations and technical criteria. Based on the data collected from the preliminary inspection, detailed inspection, and pathology analysis, an intervention proposal was formulated for each type of damage, taking into account appropriate materials and techniques to optimize performance and extend the service life of the sedimentation tanks. The analysis of the pathological issues also helped to understand the behavior of concrete exposed to severe conditions typical of the marine environment in the district of Ite, and to formulate recommendations to improve future projects.

Keywords: Pathology; Concrete; diagnosis; durability; repair.

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más empleados en la construcción de infraestructura hidráulica debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. Sin embargo, cuando se expone a condiciones ambientales agresivas o a procesos constructivos inadecuados, puede desarrollar patologías que comprometen su desempeño estructural y funcional. En instalaciones como las plantas de tratamiento de agua potable, donde los elementos de concreto están sometidos a cargas, humedad constante y agentes químicos, la detección temprana y la reparación adecuada de estos deterioros resulta fundamental para garantizar su vida útil.

La Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable del distrito de Calana, en la región Tacna, constituye una infraestructura esencial para el abastecimiento de agua de la población. Dentro de este sistema, los sedimentadores representan componentes claves, ya que participan de manera directa en los procesos de clarificación y potabilización del recurso hídrico. Por esta razón, el correcto funcionamiento y conservación de sus elementos de concreto es un aspecto crítico para asegurar la eficiencia operativa de la planta.

Durante la inspección de los sedimentadores se evidenciaron diversas patologías en los elementos de concreto, lo que motivó la necesidad de realizar un diagnóstico detallado que permita identificar el origen, la severidad y el alcance de los daños. El análisis de estas patologías es imprescindible, pues no solo permite determinar el estado actual de la estructura, sino también orientar las decisiones para su adecuada intervención. La falta de atención oportuna podría generar fallas mayores, incrementar los costos de mantenimiento y reducir significativamente la vida útil de la infraestructura.

La presente investigación tiene como finalidad desarrollar un diagnóstico integral de las patologías encontradas y formular una propuesta de reparación acorde con los lineamientos técnicos establecidos por normas nacionales e internacionales, como ACI, NTP, ASTM, ASOCRETO y AASHTO. Para ello, se realizaron inspecciones preliminares y detalladas, complementadas con ensayos de laboratorio, análisis de severidad y registro sistemático de los daños. Este enfoque metodológico permite obtener información precisa sobre las propiedades del concreto, su comportamiento frente a las condiciones de exposición y las posibles causas que originaron los deterioros.

Finalmente, el estudio no solo busca corregir las patologías identificadas, sino también aportar recomendaciones que contribuyan a mejorar los procesos constructivos y de mantenimiento en futuras obras similares. La comprensión del comportamiento del concreto en ambientes exigentes, como los presentes en Calana y su área de influencia, proporciona una base técnica valiosa para optimizar el diseño, ejecución y conservación de infraestructuras hidráulicas. En este sentido, esta tesis representa un aporte significativo para el fortalecimiento de la durabilidad y eficiencia de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el distrito de Calana.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) a nivel mundial son infraestructuras críticas y estratégicas para garantizar la salud pública y el desarrollo socioeconómico de una población. Su función es vital, ya que transforman el agua cruda en agua apta para el consumo humano, eliminando impurezas y agentes patógenos. Sin embargo, la durabilidad y la funcionalidad de estas instalaciones se ven constantemente amenazadas por las patologías del concreto, que afectan a la principal estructura de las PTAP son un problema grave y extendido. Segundo párrafo. Este texto muestra sobre cómo usar la sangría al iniciar el párrafo

Según la Organización Superior de Dirección Empresarial Agua y Saneamiento (OSDE Agua y Saneamiento) de Cuba, indica que el 80 % del agua que se suministra es de origen subterráneo, pero 12 cabeceras provinciales del país se abastecen de agua de origen superficial. Para el tratamiento de estas aguas hay 84 plantas de purificación en el país, sólo 13 están en buenas condiciones técnicas, 40 en condiciones técnicas regulares y 30 en malas condiciones.

Los tipos de patologías más recurrentes observados en las plantas de tratamiento de Colombia fueron en respectivo orden: variación del color con el 100 % de las estructuras visitadas, pérdida superficial del mortero con el 75 % y aparición de sustancias orgánicas con el 59 %. Estas tres patologías están estrechamente relacionadas debido a que la remoción de la capa superficial del mortero es la cuna para la generación de sustancias orgánicas sobre la superficie; estas patologías son la base para el origen de la lesión por variación del color (Murillo, 2014)

Un informe del Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) evaluó 36 plantas de tratamiento de agua potable y encontró que el 100 % de estas presentaba deficiencias de diseño, operación y mantenimiento. Si bien este dato no se limita solo a patologías de concreto, resalta el mal estado general de la infraestructura.

En el Perú las estructuras de concreto en plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) están expuestas a condiciones ambientales y operacionales severas que propician el desarrollo de patologías y el deterioro prematuro. A diferencia de otras estructuras civiles, el concreto en PTAP enfrenta una combinación de factores agresivos, así como la exposición permanente a la humedad, ciclos de humedecimiento

y secado, y, en ocasiones, al contacto con sustancias químicas presentes en el agua o el entorno.

De acuerdo con la tesis desarrollada en la región Lambayeque, toda patología estructural tiene un origen asociado, ya sea por la utilización de materiales inapropiados, la intervención de personal no especializado, las condiciones ambientales a las que se expone la obra o la falta de control en la calidad constructiva. (Peralta, 2019)

En Tacna la situación en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana, Tacna, presenta una preocupación particular. Informes de la Contraloría General de la República (Hito de Control n.º028-2025-OCI/5978-SCC) indican que, durante la visita de inspección se evidenciaron deficiencias constructivas, tales como presencias de fisuras y/o rajaduras en cámaras de inspección, fisuras en sardineles y veredas, entre otros, las mismas que no fueron advertidas durante la Recepción de Obra.

Por otro lado, cabe resaltar que la ejecución de la Nueva PTAP Calana fue ejecutada por dos contratistas. Según el expediente de saldo de obra: "Construcción y equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, Distrito de Calana, provincia de Tacna, región Tacna" debido a que la obra después de más de un año y medio de ejecución del proyecto de inversión tenía solo un avance de 32 % al mes de agosto 2019 versus un avance programado de 56,6 %, el 11/09/2019 se procedió con la Resolución del Contrato de Obra, por demora injustificada en la ejecución de la obra, emitiéndose la Carta Notarial N° 055-2019-VIVIENDA/VMCS/PNSU/3.3 DE Fecha 11/09/2019. Con la finalidad que la obra, se culmine para el beneficio de la población de Tacna, el PNSU convocó el 29.01.2020 la elaboración del expediente del saldo de obra de Calana.

En una visita a la PTAP Calana se pudo visualizar filtraciones de agua en muros de concreto de estructuras ejecutados por el primer contratista a una etapa intermedia y culminadas por el segundo contratista.

Ante este panorama, resulta imperativo realizar un diagnóstico exhaustivo de las patologías del concreto presentes en las estructuras de la Nueva PTAP de Calana. Este diagnóstico debe ir más allá de la identificación visual y posteriormente basándose en este diagnóstico desarrollar una propuesta de reparación detallada y técnicamente viable, para garantizar la vida útil, seguridad y sostenibilidad de la Nueva PTAP de Calana.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Por qué la Nueva planta de tratamiento de agua potable del distritito de Calana -Tacna presenta patologías del concreto en las estructuras de concreto y cuál es la propuesta de reparación de las patologías de concreto?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál será los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana- Tacna?
- b. ¿Cuáles serán las causas asociadas a las patologías de concreto evitando métodos destructivos en los elementos estructurales de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana-Tacna?
- c. ¿Cuál es la propuesta de reparación adecuada para cada tipo de patologías de concreto en los elementos estructurales de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana-Tacna?

1.3 Justificación e importancia

La Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Calana, Tacna, no solo es una infraestructura; es el pilar fundamental de la salud pública y el motor del desarrollo socioeconómico regional. Representa una inversión pública de gran envergadura y de vital importancia estratégica, diseñada para transformar un recurso vital en agua segura y accesible para la población. Sin embargo, la detección de patologías en su concreto, el material estructural que conforma el corazón de esta planta, introduce una problemática crítica y preocupante, máxime al tratarse de una infraestructura "nueva". Esta situación exige imperativamente un riguroso diagnóstico y una propuesta de reparación para garantizar la sostenibilidad y funcionalidad del servicio. En tal sentido se justifica de la siguiente manera:

Como justificación académica, este estudio posee una relevancia académica significativa al investigar la durabilidad del concreto en entornos agresivos, tomando como caso de estudio la nueva planta de tratamiento de agua potable (PTAP) de Calana. La investigación se centrará en un análisis de las patologías del concreto en un ambiente singular caracterizado por la exposición continua a la humedad, ciclos de

humedecimiento-secado y posibles agentes químicos. Este enfoque permitirá un entendimiento profundo de los mecanismos de deterioro del material en estas condiciones específicas, identificando las causas subyacentes de las fallas estructurales. El desarrollo de una metodología de diagnóstico y una propuesta de reparación no solo proporcionará soluciones prácticas, sino que también generará datos y evidencia valiosa. Estos hallazgos serán una contribución importante a la ingeniería civil, enriqueciendo el conocimiento en el campo de la patología y la rehabilitación de estructuras hidráulicas en entornos comparables, lo que servirá de referencia para futuros proyectos en la región de Tacna y más allá.

Como justificación social, proteger la salud y el bienestar de la población, al asegurar la integridad de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Calana, se garantiza que el agua que llega a los hogares esté libre de contaminantes, previniendo brotes de enfermedades y reduciendo la carga sobre los sistemas de salud locales, mejorando la calidad de vida y restaurando la confianza pública.

Desde el punto de vista económico, un diagnóstico preciso y una reparación de patología de concreto efectiva prolongan la vida útil de la PTAP Calana, asegurando que los fondos públicos invertidos generen el retorno esperado en términos de servicio y durabilidad y no se conviertan en un gasto ineficiente, así mismo el suministro de agua confiable es esencial para el desarrollo de actividades comerciales, industriales y agrícolas. Al asegurar la operatividad de la PTAP Calana se contribuye a la estabilidad económica y al fomento de la inversión en la región de Tacna.

Desde el punto de vista ambiental, el diagnóstico y la reparación de las patologías del concreto en la PTAP de Calana son esenciales para prevenir la contaminación del entorno y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. Las grietas y defectos presentes en las estructuras de concreto podrían generar fugas de agua tratada, lo que representa una pérdida innecesaria de un recurso valioso en una región con estrés hídrico como Tacna, además de un posible impacto en el microambiente circundante por anegamiento. el escape de agua con algún tratamiento incompleto al ecosistema, afectando suelos y cuerpos de agua adyacentes. Por lo tanto, asegurar la estanqueidad y la durabilidad de la infraestructura de concreto contribuye directamente a la protección ambiental, minimizando el derroche de agua y controlando cualquier interacción negativa entre la planta y su entorno natural.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diagnosticar las patologías del concreto en La Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana – Tacna y proponer soluciones de reparación adecuadas.

1.4.2 Objetivo específicos

- a. Determinar los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana- Tacna
- b. Analizar las causas asociados a las patologías de concreto mediante la aplicación de métodos de evaluación destructivos y no destructivos en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana- Tacna
- c. Elaborar una propuesta de reparación adecuada para cada tipo de patología de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana – Tacna.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La aparición de patologías de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana – Tacna, se debe a la baja calidad o incorrecta dosificación de los materiales constituyentes del concreto, a las deficiencias en el proceso constructivo y a la exposición a agentes químicos agresivos presentes en el agua tratada. Los cuales presentas las siguientes hipótesis específicas

1.5.2 Hipótesis específica

- a. Los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto determinan la condición estructural, las técnicas y materiales adecuados para su reparación de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana- Tacna
- b. Los resultado de análisis de las causas asociados a los problemas patológicos del concreto influyen en la durabilidad de los elementos estructurales en la

Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana – Tacna

- c. La propuesta de reparación de concreto corregirá significativamente las patologías existentes y restaurará las propiedades de resistencia, durabilidad y estanqueidad del concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distritito de Calana – Tacna

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

A nivel internacional, la durabilidad del concreto en ambientes agresivos, como los presentes en las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), ha sido objeto de extensas investigaciones. Los estudios se centran en la identificación de las causas del deterioro y en la formulación de estrategias de reparación.

Según Bonilla et al. (2022), en su tesis: *“Diagnóstico y recomendaciones de mitigación de patologías en las estructuras hidráulicas de los acueductos en Norte de Santander”*, identifica las patologías presentes en las estructuras hidráulicas de los sistemas de acueducto en Norte de Santander a partir de una inspección visual. Los resultados evidenciaron múltiples tipos de daños en diversas Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP): 22 en la PTAP de Ocaña, 29 en la PTAP El Pórtico de Cúcuta, 31 en la PTAP Carmen de Tonchalá de Cúcuta, 37 en la PTAP de Durania y 58 en la PTAP de Chinácota. Las patologías más comunes incluyeron filtraciones, fisuras, humedad, presencia de materia orgánica, corrosión del refuerzo, nidos de abeja, cambios de color, disgregación y desprendimiento de recubrimientos. El estudio destacó que los sedimentadores y floculadores fueron las estructuras con mayor vulnerabilidad, registrando 39 y 35 casos respectivamente, lo que refleja una concentración significativa de daños en estos elementos. A partir de estos resultados, se elaboró una propuesta basada en procedimientos constructivos orientados a mitigar y corregir las patologías identificadas en las estructuras hidráulicas.

Según Vega (2020), en su tesis: *“Mitigación de riesgos de patologías en elementos de concreto premezclado en Puentes”*, este estudio tiene como objetivo mitigar los riesgos desde la etapa de construcción. Buscando identificar los factores que causan patologías en puentes, incluyendo la calidad del material, la relación agua/cemento, y el medio ambiente. Finalmente, con la información obtenida a partir de esta investigación se pretende que el documento sirva como apoyo para el personal que interviene desde la concepción del proyecto; estructurista, Calculista, DRO. Hasta el personal técnico encargado de la supervisión, proveedores y personal en campo que, para conformar una buena especificación, basada en los códigos locales de construcción y los documentos contractuales que ayude en mejorar la toma de decisiones durante el proceso de colado de estructuras de concreto en puentes.

Según Asis (2025), en su revista: "*Los procesos patológicos en hormigón armado, agravados por el ambiente marino. Diagnóstico y reparación. Caso Mar del Plata. Arquitecto, (24), 1-9.*" El objetivo es entender cómo la proximidad al mar afecta estas estructuras, investigando el proceso patológico, la evolución de las lesiones y sus causas. Se emplearon diversas técnicas de relevamiento, con instrumentos y ensayos para recoger datos precisos sobre los daños, facilitando un diagnóstico acertado y la formulación de criterios de intervención, recomendaciones de reparación y refuerzo. Finalmente este estudio aspira a mejorar el entendimiento de los procesos patológicos en construcciones marítimas, fortaleciendo así las estrategias de mantenimiento.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el Perú, la problemática de las patologías en el concreto de la infraestructura de saneamiento es un tema de creciente interés, debido al envejecimiento de las estructuras y la necesidad de garantizar un servicio de calidad.

Chávez y Flores (2022), en su tesis: "*Evaluación de las patologías del concreto en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Chulucanas, Piura*", cuyo objetivo principal fue evaluar las patologías del concreto en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Chulucanas, Piura, durante el año 2022. La metodología aplicada correspondió a un enfoque no experimental y descriptivo, considerando como muestra los elementos de concreto del sistema analizado. Se empleó la técnica de observación y como instrumento las fichas de registro para la recolección de información, lo que permitió obtener los resultados del primer y tercer objetivo específico. Para el segundo objetivo, se recurrió al análisis documental mediante fichas de revisión. En cuanto a resultados y conclusiones, se evaluaron 139,99 m², abarcando las 5 unidades de análisis. De dicha área, un 76,61 m², es decir, un 54,73 % presentaron patologías. Se lograron identificar 9 tipos de patologías, ocupando un mayor porcentaje de área afectada el ataque por sulfatos con un 10,22 %, desprendimiento con 8,11 %, fisuras con 7,49 %, grietas con un 6,29 %, variación de color con 6,16 %, eflorescencia con un 5,98 %, erosión con 5,94 %, humedad por filtración con 4,22 % y, por último, corrosión de acero con un 0,32 %; en cuanto al grado de afectación se obtuvo que 46,68 m² que en porcentaje equivale a un 60,39 % tuvo presencia de patologías en grado LEVE, un área de 25,52 m² que abarca el 33,31 % del área afectada, las patologías se encontraron en un grado MODERADO y finalmente, una mínima área de 4,41 m², lo que corresponde a un 5,76 %, tuvo un grado de

afectación ALTO. Se propuso alternativas de solución, en base a las patologías con mayor presencia y área.

Becerra (2023), en su tesis: "*Patologías del concreto armado del reservorio en el sector Melendrez, Áncash 2022*". El presente estudio tuvo como finalidad evaluar las patologías existentes en la estructura de concreto armado del reservorio ubicado en el sector Melendrez, Áncash, durante el año 2022. Se recolectaron cuatro muestras de distintas zonas de la estructura y, mediante fichas de registro y técnicas de recolección de datos, se identificaron los tipos de patologías, su nivel de afectación y su grado de severidad. Los ensayos evidenciaron daños de origen mecánico, físico, químico y biológico, siendo más frecuentes las patologías mecánicas como grietas y descamación, así como las químicas tales como eflorescencia y corrosión. La mayor concentración de daños se encontró en el muro izquierdo, con un 33,5 % del área comprometida. Respecto al grado de afectación, se observaron niveles leves y moderados principalmente en patologías mecánicas y químicas. En consecuencia, se concluye que la estructura del reservorio Melendrez presenta patologías mecánicas, químicas y físicas que requieren intervención para evitar el incremento de la severidad y un posible colapso que pueda afectar el suministro de agua a la población.

Pérez et al. (2020), en su tesis: "*Diagnóstico y propuestas de reparación de patologías en el concreto en vivienda multifamiliar en el distrito de Independencia*", el presente proyecto de investigación incorporó la aplicación de Ensayos Destructivos (ED) y Ensayos No Destructivos (END) para analizar el desempeño estructural del concreto en la vivienda multifamiliar. Métodos empleados en la investigación, entre ellos: fichas técnicas, registros fotográficos, encuestas, planos arquitectónicos y de las estructuras a intervenir, además del presupuesto y el cronograma correspondientes a la propuesta de reparación.

2.1.3 Antecedentes Locales

Según Fuentes y Marca (2023), en su tesis: "*Evaluación y propuesta de reparación de una cisterna de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna 2022*", El propósito principal de esta investigación es evaluar y plantear la reparación de una cisterna perteneciente a la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa. Para analizar y proponer la rehabilitación de las patologías presentes en los elementos de concreto, se llevaron a cabo inspecciones preliminares y detalladas. La inspección preliminar se enfocó en la recopilación de información y en visitas a la obra con el fin de identificar las

patologías existentes en los elementos de concreto armado de la cisterna de la PTAR. La inspección detallada incluyó el estudio específico de cada patología encontrada en cada componente estructural, tomando mediciones de los daños y solicitando información de ensayos realizados antes, durante y después de la construcción de la planta. Se identificaron fisuras de 0,3 mm a 0,5 mm en la losa de cimentación, cangrejeras severas de aproximadamente 10 cm, fisuras de 5 mm en uno de los muros de concreto armado, aberturas de 0,05 mm a 0,3 mm en las vigas y grietas entre 1 mm y 10 mm en la losa maciza del tanque de almacenamiento de la PTAR. Con estos datos, se estableció el nivel de severidad de las patologías mencionadas.

Finalmente, se elaboraron propuestas de intervención para cada una de las patologías identificadas, empleando aditivos de bajo costo de diversas marcas disponibles en el mercado local, junto con métodos de aplicación adecuados que permitan prolongar la vida útil y mejorar la durabilidad de los elementos de concreto armado de la cisterna de almacenamiento.

Según Alvarado y Sucso (2019), en su tesis: "*Evaluación de las Patologías en las Infraestructuras de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Tacna*", tiene como objetivo general: Determinar y evaluar las patologías del concreto armado presentes en la infraestructura de almacenamiento de agua potable de la EPS TACNA S.A. La muestra del estudio estuvo constituida por 15 reservorios de agua potable operados por dicha entidad. Para la recolección de información se aplicó la técnica de observación directa, que permitió reconocer las patologías existentes en las estructuras de almacenamiento evaluadas. Como instrumento se utilizó una ficha técnica de evaluación. Los resultados mostraron que la patología de mayor incidencia en las unidades analizadas fue la suciedad. Tras la revisión y el análisis, se determinó que la mayoría de los reservorios presentaron un nivel de severidad catalogado como severo.

La ausencia de un estudio técnico detallado sobre las patologías de la nueva PTAP de Calana constituye una brecha significativa en la literatura local. La realización de un diagnóstico y propuesta de reparación en esta infraestructura es de vital importancia, ya que el reciente inicio de operaciones y las condiciones ambientales específicas de Tacna requieren un monitoreo y una evaluación exhaustivos para garantizar la durabilidad de la obra y el suministro ininterrumpido de agua potable para la población

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Diagnóstico de patologías de concreto

Un diagnóstico exhaustivo permite identificar la causa raíz y el alcance del daño, lo cual es indispensable para diseñar una solución adecuada. La reparación de los síntomas sin eliminar la causa llevará a una falla recurrente. El cual sigue la siguiente metodología:

a. Inspección Visual

Identificación y mapeo de patologías como fisuras, grietas, cangrejeras, eflorescencias, manchas de humedad o de óxido.

b. Ensayos No Destructivos (END)

- *Esclerometría (Martillo de Schmidt)*: Estima la resistencia superficial del concreto.
- *Ultrasonidos*: Evalúa la homogeneidad y la presencia de fisuras internas.
- *Medición del Potencial de Corrosión*: Determina la probabilidad de corrosión activa en el acero de refuerzo.

c. Ensayos Destructivos y Semi-Destructivos

Extracción de Testigos (Core Drilling): Obtención de muestras para ensayos de laboratorio, como la resistencia a la compresión y la determinación de la profundidad de carbonatación (uso de fenolftaleína) y el contenido de cloruro

2.2.2 El concreto

El concreto, como material de construcción fundamental en la ingeniería civil, está expuesto a una serie de factores internos y externos que, con el tiempo, pueden comprometer su integridad estructural y durabilidad. El diagnóstico de patologías del concreto es un proceso sistemático y multidisciplinario cuyo objetivo es identificar, clasificar y evaluar las causas y el grado de deterioro de las estructuras, sentando las bases para una intervención correctiva efectiva (Gómez, 2018). Este proceso es crucial

para garantizar la vida útil de la infraestructura y salvaguardar la seguridad de sus usuarios.

Para comprender las patologías, es esencial conocer la naturaleza del concreto. Se define como un material compuesto por una mezcla de cemento, agregados finos (arena), agregados gruesos (grava), agua y, en ocasiones, aditivos. Su resistencia y durabilidad son resultado de la hidratación del cemento, que produce una pasta aglomerante que une los agregados (Neville, 2011). No obstante, esta compleja microestructura es susceptible a una variedad de mecanismos de deterioro.

2.2.2.1 Propiedades mecánicas del concreto endurecido y su resistencia a la compresión

La resistencia del concreto se entiende como la máxima carga que este material puede soportar antes de fallar. Puede evaluarse en cuatro tipos de esfuerzos: compresión, tracción, flexión y corte. En este contexto, el concreto se diseña principalmente para resistir esfuerzos de compresión y, en menor medida, esfuerzos de tracción; por ello, la resistencia a la compresión se emplea comúnmente como un indicador de su calidad.

El factor de mayor incidencia en la resistencia de un concreto es la relación agua/cemento (a/c). No obstante, para obtener una mezcla manejable bajo condiciones habituales de mezclado y curado, también intervienen factores como el tipo de cemento y su proporción en la mezcla.

Relación agua-cemento (a/c). Una mezcla de concreto puede tener una resistencia relativamente buena o mala, dependiendo de la cantidad de agua que se agregue. Una relación a/c baja, reduce la porosidad de la pasta de cemento y mejora la resistencia; por el contrario, una relación alta, aumenta la porosidad de la matriz y de la zona de transición entre la pasta de cemento y los agregados, reduciendo la resistencia.

Tipo de cemento. El desarrollo de la resistencia a compresión depende del contenido de cemento en el concreto, mientras se aumenta se consiguen mayores 36 resistencias. Además, la variación de la marca de cemento, así se trate del mismo tipo, puede producir efectos negativos sobre la resistencia.

Humedad y temperatura durante el curado. Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente, por ello las condiciones de humedad durante el curado afecta la resistencia.

2.2.2.2 Propiedades de durabilidad concreto endurecido

a. Permeabilidad

La permeabilidad se refiere a la facilidad con la que los líquidos y gases pueden pasar a través del concreto. Un concreto con baja permeabilidad es esencial para proteger el acero de refuerzo de la corrosión causada por la infiltración de agua y agentes agresivos (Ultracem, 2023). La permeabilidad del concreto está estrechamente relacionada con la durabilidad.

b. Resistencia a la abrasión

Se refiere a la capacidad del concreto de resistir el desgaste superficial causado por la fricción o el rozamiento.

c. Resistencia a los ataques químicos

Es la capacidad del concreto de resistir el deterioro provocado por sustancias químicas agresivas, como sulfatos o cloruros, que pueden causar agrietamientos y descascaramiento (Construyendo Seguro, s.f.).

d. Resistencia a ciclos de congelación y deshielo

En climas fríos, la capacidad del concreto de soportar la expansión y contracción del agua que se congela dentro de sus poros es fundamental para prevenir daños.

2.2.2.3 Propiedades químicas del concreto endurecido

a. Hidratación continua del cemento

La principal propiedad química del concreto endurecido proviene de las reacciones de hidratación del cemento, en las cuales los silicatos y aluminatos reaccionan con el agua para formar productos como el gel C-S-H (responsable de la resistencia) y la portlandita $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Este proceso continúa durante meses y define gran parte de la microestructura y durabilidad del material (Mindess et al., 2003; Neville, 2011).

b. Alcalinidad elevada de la pasta cementante

La pasta cementante del concreto presenta de manera natural una alta alcalinidad, producto de la liberación de hidróxidos alcalinos y del hidróxido de calcio generado durante la hidratación del cemento. Este ambiente alcalino, con valores de pH entre 12,5 y 13,5, permite la formación de una capa pasiva sobre el acero de refuerzo, lo cual es esencial para la protección frente a la corrosión (Neville, 2012; ACI Committee 201, 2013).

La alcalinidad elevada puede estar asociada a diversos factores, como el uso de cementos con mayor contenido de óxidos de sodio y potasio, la presencia de adiciones con álcalis disponibles o el empleo de mezclas con una baja relación agua/cemento que incrementan la concentración de hidróxidos en la solución porosa (Mehta & Monteiro, 2014). Asimismo, ciertas adiciones minerales de origen industrial pueden aportar cantidades adicionales de álcalis que mantienen o elevan el pH del sistema cementante.

Uno de los problemas más relevantes asociados a la alcalinidad alta es la reacción álcali-sílice (RAS). Este proceso ocurre cuando los álcalis del cemento reaccionan con sílices reactivas presentes en los agregados, formando un gel expansivo que absorbe agua y genera tensiones internas, provocando fisuración y deterioro progresivo del material (ACI Committee 221, 2016). Este mecanismo puede comprometer la integridad estructural si no se controla adecuadamente.

Por otro lado, una pasta con alcalinidad elevada también puede favorecer la aparición de eflorescencias y modificar la microestructura del concreto, afectando indirectamente su durabilidad frente a agentes externos como el CO₂, la humedad o los sulfatos (Mehta & Monteiro, 2014). Sin embargo, mientras el pH se mantenga por encima de 11,5, el acero continúa pasivado y protegido frente a la corrosión, lo cual constituye un beneficio fundamental del ambiente alcalino (Neville, 2012).

Para controlar los efectos no deseados de la alta alcalinidad, se recomienda utilizar cementos de bajo contenido de álcalis, emplear adiciones puzolánicas que consuman hidróxido de calcio y reducir la disponibilidad de álcalis, así como seleccionar agregados no reactivos frente a la RAS. Estas medidas permiten minimizar el riesgo de expansión, fisuración y pérdida de durabilidad (ACI Committee 201, 2013; ACI Committee 221, 2016).

c. Vulnerabilidad a procesos de deterioro químico

- **Carbonatación**

La carbonatación es una reacción entre el CO₂ atmosférico y la portlandita del concreto, lo que genera carbonato de calcio y reduce el pH de la matriz, aumentando el riesgo de corrosión del acero de refuerzo. Este proceso es progresivo y depende de la permeabilidad, humedad y porosidad del concreto (Dhir et al., 2008; Papadakis, 1999).

- **Reacción álcali-sílice (RAS / ASR)**

La ASR es una reacción química interna entre los álcalis del cemento y la sílice reactiva de ciertos agregados, produciendo un gel expansivo que genera fisuración progresiva. Esta es una de las formas más conocidas de deterioro químico interno del concreto (Stanton, 1940; Thomas & Fournier, 1999).

- **Ataque de sulfatos**

Los sulfatos presentes en el suelo o en el agua pueden reaccionar con las fases hidratadas del cemento, en especial la alúmina, produciendo minerales expansivos como la etringita secundaria. Este fenómeno genera agrietamiento, expansión y pérdida de cohesión en el concreto endurecido (Taylor, 1997; Mehta & Monteiro, 2014).

- **Penetración de cloruros y corrosión del acero**

Los iones cloruro no destruyen químicamente la matriz del concreto, pero sí penetran hasta el acero y desestabilizan la capa pasiva protectora, promoviendo la corrosión. Este proceso depende de la permeabilidad, relación agua/cemento y tipo de exposición (Bertolini et al., 2013; Tang & Nilsson, 1993).

2.2.3 Agentes químicos en diferentes etapas del proceso de potabilización de agua a los que está expuesto el concreto.

El uso continuo de productos químicos en las plantas de tratamiento de agua potable puede generar condiciones agresivas para las estructuras de concreto, especialmente cuando existe contacto permanente con el agua tratada o con residuos de dichos compuestos. Entre los principales agentes utilizados se encuentran el sulfato de aluminio, la cal hidratada, los polímeros coagulantes y el cloruro férrico, los cuales

pueden influir en la durabilidad del concreto dependiendo de su concentración, pH y tiempo de exposición.

Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$). Es ampliamente utilizado como coagulante en los procesos de potabilización. Su presencia puede contribuir al incremento del contenido de sulfatos en el medio, lo que favorece reacciones químicas con los productos de hidratación del cemento, principalmente con el aluminato tricálcico (C_3A). Estas reacciones generan productos expansivos como la etringita secundaria, provocando fisuración, pérdida de cohesión y reducción de la resistencia mecánica del concreto, especialmente en ambientes húmedos y de exposición prolongada (Neville, 2011; Mehta y Monteiro, 2014).

La cal hidratada ($Ca(OH)_2$). Se emplea para la corrección del pH del agua tratada. En general, su presencia contribuye a mantener un medio alcalino, lo cual puede ser favorable para la protección del acero de refuerzo. Sin embargo, un uso excesivo o una mala dosificación puede incrementar la lixiviación del hidróxido de calcio presente en la pasta de cemento, aumentando la porosidad del concreto y facilitando el ingreso de agentes agresivos, lo que a largo plazo puede afectar su durabilidad (Neville, 2011).

Los polímeros catiónicos. Utilizados como auxiliares de coagulación y floculación, no generan ataques químicos directos al concreto; sin embargo, pueden favorecer la retención de humedad y la acumulación de residuos orgánicos sobre la superficie del concreto. Esta condición puede acelerar procesos de deterioro superficial, favorecer la penetración de agentes agresivos y contribuir a la degradación del material cuando se combina con otros factores como sulfatos o cloruros presentes en el agua (ACI Committee 201, 2016).

Polímeros aniónicos, empleados como floculantes, no reaccionan químicamente con los componentes del cemento, pero su acumulación en superficies de concreto puede generar películas que retienen agua y contaminantes. Esta situación incrementa el tiempo de exposición del concreto a ambientes húmedos, favoreciendo procesos de lixiviación y deterioro superficial, especialmente en estructuras hidráulicas sometidas a operación continua (Mehta y Monteiro, 2014).

El cloruro férrico ($FeCl_3$) es otro coagulante comúnmente utilizado en la potabilización del agua. Su principal efecto negativo sobre el concreto está asociado al aporte de cloruros, los cuales pueden penetrar el recubrimiento y despasivar la capa protectora del acero de refuerzo. Este proceso inicia la corrosión del acero, generando productos expansivos que provocan fisuración, desprendimiento del recubrimiento y

reducción de la vida útil de la estructura, especialmente en condiciones de humedad permanente (ACI Committee 222, 2014).

En conjunto, la exposición continua del concreto a estos productos químicos, especialmente en estructuras como sedimentadores, incrementa el riesgo de deterioro prematuro si no se cuenta con un diseño adecuado de la mezcla, control de calidad en los materiales y medidas de protección superficial, lo que resalta la importancia de considerar la agresividad química del ambiente en el análisis de durabilidad del concreto.

2.2.4 Patología de concreto

La patología del concreto se define como el estudio de las manifestaciones de deterioro que afectan a los elementos de concreto, incluyendo su origen, evolución, características y efectos sobre el desempeño estructural. Este campo analiza las fallas visibles y ocultas que se generan por causas físicas, químicas, mecánicas o ambientales, permitiendo comprender cómo y por qué se degrada el material (Neville, 2012).

Desde un enfoque más amplio, la patología del concreto comprende la identificación de los mecanismos que originan daños como fisuración, pérdida de resistencia, corrosión de armaduras, disgregación, expansiones, deformaciones anómalas o cambios en las propiedades del material. El objetivo principal es explicar el fenómeno patológico mediante la relación entre los síntomas observados y sus causas subyacentes (Mehta y Monteiro, 2014).

Por otra parte, la patología del concreto también incluye la evaluación sistemática de las condiciones del material y la determinación de su estado de conservación, con el fin de establecer el nivel de afectación y su impacto en la funcionalidad y la durabilidad de la estructura. Este proceso implica el uso de métodos de inspección, ensayos y criterios técnicos recomendados por instituciones especializadas en durabilidad del concreto (ACI Committee 201, 2013).

Finalmente, el estudio de patología del concreto constituye la base técnica para la selección adecuada de métodos de intervención y reparación, ya que permite diagnosticar correctamente el problema y proponer soluciones que garanticen la prolongación de la vida útil de la estructura. En este sentido, la patología es considerada una disciplina esencial en el mantenimiento, gestión y rehabilitación de infraestructuras de concreto (Neville, 2012; ACI Committee 364, 2013).

2.2.4.1 Tipos de patología

Las patologías del concreto se pueden clasificar en diversas categorías, según el origen del daño y el agente causal. Su correcta identificación es el primer paso en un diagnóstico. Las principales tipologías incluyen:

a. Fisuración y Agrietamiento

Son las manifestaciones más comunes de deterioro. Las fisuras pueden ser causadas por retracción plástica (pérdida de agua en estado fresco), retracción por secado (pérdida de humedad a largo plazo), cambios volumétricos por temperatura, asentamientos diferenciales o sobrecargas (Mehta & Monteiro, 2014).

b. La eflorescencia

La eflorescencia es un fenómeno químico y físico que se produce cuando las sales solubles dentro del concreto son transportadas a la superficie por el agua y, al evaporarse esta, se cristalizan y depositan. La principal fuente de eflorescencia en el concreto es el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), un subproducto de la reacción de hidratación del cemento. Como explican Sanjayan y Wang (2012), "el hidróxido de calcio es el componente más soluble y, por lo tanto, la principal fuente de los depósitos blancos de eflorescencia".

El proceso se puede resumir en la siguiente secuencia de eventos, según Mehta y Monteiro (2014):

- i. El hidróxido de calcio soluble se disuelve en el agua presente en los poros del concreto.
- ii. El agua, con las sales disueltas, se mueve por acción capilar hacia la superficie.
- iii. El agua se evapora, dejando las sales en la superficie.
- iv. Las sales reaccionan con el dióxido de carbono (CO_2) del aire para formar carbonato de calcio (CaCO_3), un compuesto insoluble que se manifiesta como los depósitos blancos visibles.

La aparición de la eflorescencia depende de tres factores clave interrelacionados (Kosmatka et al., 2011):

- i. *Presencia de sales solubles:* Generalmente el hidróxido de calcio del cemento, aunque también pueden provenir de los agregados o del agua de mezcla.
- ii. *Presencia de humedad:* El agua es el vehículo que transporta las sales. Su fuente puede ser la lluvia, el agua del suelo o la humedad residual de la mezcla inicial.
- iii. *Red de poros y acción capilar:* La porosidad del concreto permite el movimiento del agua y de las sales hacia la superficie. Una alta relación agua/cemento aumenta la porosidad y, por lo tanto, la probabilidad de eflorescencia.

La eflorescencia se clasifica en dos tipos principales (Kosmatka et al., 2011):

- iv. *Eflorescencia primaria:* Ocurre poco después de la colocación del concreto, durante el curado, cuando el agua de mezcla se evapora. Suele ser un fenómeno temporal y menos severo.
- v. *Eflorescencia secundaria:* Se produce más adelante, a lo largo de la vida útil del concreto, cuando una fuente de humedad externa penetra en el material. Este tipo es más persistente y puede ocurrir repetidamente, especialmente en climas húmedos.

Aunque la eflorescencia se considera principalmente un problema estético, su presencia puede indicar una gestión deficiente de la humedad. La comprensión de sus bases teóricas es fundamental para implementar estrategias preventivas y correctivas. Como señalan Sanjayan y Wang (2012), una de las mejores formas de mitigar la eflorescencia es "controlar la cantidad de agua disponible en la superficie del concreto, ya sea sellando la superficie o utilizando aditivos impermeabilizantes en la mezcla".

c. Junta fría

Una junta fría es una discontinuidad que se forma en el concreto cuando se vierte concreto fresco sobre una capa de concreto que ya ha comenzado a fraguar. Esta falta de continuidad monolítica se debe a que la primera capa ha desarrollado suficiente rigidez para que las vibraciones del segundo colado no logren una unión perfecta. Esta situación es común en estructuras masivas como los muros de contención de los tanques de una PTAP, donde el vaciado de todo el volumen de concreto en una sola jornada es inviable (Kosmatka et al., 2011).

La función principal de las estructuras de concreto en una PTAP es la contención segura del agua. En este contexto, la impermeabilidad de los muros y losas es

fundamental. Las juntas frías son intrínsecamente más permeables que el concreto circundante, lo que las convierte en una ruta preferencial para la filtración de agua. Este fenómeno tiene varias consecuencias negativas (Kosmatka et al., 2011):

- i. *Pérdida de agua y eficiencia:* Las filtraciones pueden resultar en la pérdida de volúmenes significativos de agua, lo que reduce la eficiencia del proceso de tratamiento.
- ii. *Corrosión del refuerzo:* El agua que penetra a través de las juntas frías puede llegar hasta las barras de acero de refuerzo. Esto desencadena el proceso de corrosión, que no solo debilita el refuerzo, sino que también genera tensiones internas que pueden causar agrietamiento y desprendimiento del concreto, comprometiendo la durabilidad y la seguridad estructural (Mehta y Monteiro, 2014).
- iii. *Riesgo de contaminación:* En los tanques de agua potable, una junta fría con filtraciones podría permitir la entrada de agua subterránea o de otros contaminantes, poniendo en riesgo la calidad del agua tratada y los estándares de salud pública.

d. Cangrejera

La cangrejera de concreto es una patología que se manifiesta como zonas con huecos, vacíos o nidos de grava debido a una deficiente consolidación o a procesos de segregación durante el vertido del concreto. Este defecto indica una falta de cohesión entre la pasta cementante y los agregados, lo cual altera la continuidad del material (ACI Committee 116, 2000).

Este tipo de falla se produce principalmente por vibrado insuficiente, congestión de armaduras, mezcla demasiado seca o caída libre excesiva del concreto, que favorecen la separación del mortero y los agregados gruesos. Estos mecanismos son típicos en zonas difícilmente accesibles para la consolidación, como columnas, muros altos o secciones con encofrados complejos (Mehta & Monteiro, 2014).

La presencia de cangrejeras compromete la resistencia mecánica, disminuye la durabilidad e incrementa la permeabilidad del elemento, facilitando el ingreso de agua, cloruros, sulfatos y oxígeno. Esto acelera la corrosión del acero, genera pérdidas de sección y puede afectar el desempeño estructural del elemento a largo plazo (Neville, 2012).

2.2.5 Nivel de severidad

La severidad de una patología del concreto se refiere al grado de afectación que el daño produce en la integridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura. Las guías de evaluación estructural utilizan típicamente tres niveles de severidad: leve, moderada y severa, basados en criterios de extensión del daño, profundidad, riesgo estructural y progresión en el tiempo (ACI Committee 364, 2013)

2.2.5.1 Nivel de severidad Leve (o Ligero)

La patología se considera leve cuando los daños se limitan a aspectos superficiales y no comprometen la resistencia ni la estabilidad del elemento estructural. En esta categoría se incluyen microfisuras, eflorescencias, cambios de coloración o deterioros menores que no afectan la durabilidad a corto plazo. Generalmente, estos daños solo requieren mantenimiento preventivo o intervenciones mínimas (Neville, 2012).

Son fisuras que no comprometen la capacidad estructural ni la durabilidad inmediata.

Tabla 1

Apertura de fisuras en nivel de severidad leve

Descripción	Apertura típica
Microfisuras, generalmente superficiales	< 0,10 mm
Leve, no activa, sin riesgo inmediato	0,10 – 0,20 mm

Nota. Criterios basados en ACI Committee 224 (2001) y Neville (2012).

Estas fisuras usualmente se asocian a retracción plástica, retracción por secado o ligeras tensiones térmicas, y pueden requerir solo monitoreo o sellado superficial (ACI Committee 224, 2001; Neville, 2012).

2.2.5.2 Nivel de severidad Moderado

La severidad moderada se presenta cuando el deterioro comienza a afectar la integridad del concreto, generando pérdida parcial de sección, desprendimiento superficial, fisuras abiertas, humedad persistente o evidencia inicial de corrosión del acero de refuerzo. En esta etapa, la patología puede progresar si no se atiende, comprometiendo la durabilidad futura y requiriendo técnicas de reparación específicas (Mehta & Monteiro, 2014). Ver tabla 2.

Indican una perturbación más significativa en el elemento y pueden permitir el ingreso de agentes agresivos.

Tabla 2

Apertura de fisuras en nivel de severidad Moderada

Descripción	Apertura típica
Severidad moderada	0,20 – 0,40 mm

Nota. Criterios basados en Mehta y Monteiro (2014) y ACI Committee 224 (2001).

Este rango representa fisuras que ya afectan la durabilidad por permitir la penetración de agua, cloruros y CO₂. En elementos con acero, estas fisuras pueden acelerar la corrosión y deben ser reparadas (Mehta y Monteiro, 2014; ACI Committee 224, 2001).

2.2.5.3 Nivel de severidad Severo (o Grave)

Un daño se clasifica como severo cuando compromete la resistencia, funcionalidad o seguridad del elemento estructural. Esto incluye fisuras profundas o activas, corrosión avanzada con pérdida significativa de sección de acero, delaminaciones extensas, desprendimiento masivo de recubrimiento, reacciones expansivas (como RAS) o deterioro generalizado del concreto. Los daños severos exigen intervenciones correctivas inmediatas y, en muchos casos, reparación estructural o reforzamiento (ACI Committee 364, 2013). Ver tabla 3.

Tabla 3

Apertura de fisuras en nivel de severidad severa

Descripción	Apertura típica
Severidad severa	> 0,40 mm
Daño crítico, alta probabilidad de ingreso de agentes agresivos	> 0,50 mm
Fisura estructural o progresiva, requiere intervención inmediata	> 1,00 mm

Nota. Criterios basados en ACI Committee 364 (2013) y ACI Committee 546 (2014).

Fisuras en este nivel representan riesgo importante de pérdida de sección de concreto, afectación de acero o fallas locales, y demandan diagnóstico y reparación urgente (ACI Committee 364, 2013; ACI Committee 546, 2014).

2.2.6 Materiales de reparación

2.2.6.1 Sello impermeable de juntas Zed Seal

El sello ZED SEAL es una espuma de celda cerrada preformada de polietileno de baja densidad, reticulada y expandida por nitrógeno, diseñada para dar una excelente elasticidad y alta resistencia a la tensión y desgarro.

El sello esta unido al sustrato mediante pegamento de alta resistencia de dos componentes. ZED SEAL es resistente a la abrasión, oxidación, aceites, gasolinas, sales y otros materiales con los que pueda entrar en contacto en su superficie.

Especificaciones técnicas:

- Maneja 30 % de tensión y 60 % de compresión Maneja 100 % de deslizamientos horizontales o verticales.
- Resistente a UV y clima – tiene incorporado inhibidor de UV
- Fácil y rápida instalación de campo
- Intersecciones y empalmesson soldados en el terreno
- Es un sistema impermeable monolítico
- Resistente a solventes y químicos
- No se afecta por fríos extremos
- Resiste presiones hidrostáticas de 21 m de columna de agua
- Se adhiere a la mayoría de los sustratos
- Cuenta con ranuras laterales para mejorar la adhesión

En la tabla 4 se muestra los datos técnicos del material de reparación Sello impermeable Zed Seal.

Tabla 4*Datos técnico de sello impermeable de juntas Zed Seal*

Propiedad	Valor	Clasificación ASTM D3575
Densidad (nominal)	2,0 pcf \pm 0.3	Sufijo W
Compresión	11,5 psi @ 25%; 22 psi @ 50%	Sufijo D
Elongación	200% \pm 10%	Sufijo G
Resistencia a la tracción	125 psi \pm 12 psi	Sufijo T
Resistencia al desgarro	17,5 pli \pm 3 pli	Sufijo T
Set de compresión	9% @ 24 hr rcvy; 22 hr @ 50% (13% @ 2 hr rcvy)	Sufijo B
Absorción de agua	< 0.03 lb/ft ² ; 3% vol/vol máx	Sufijo L
Desgaste (AASHTO T42)	No se deteriora en 10 años	—

Nota. Obtenido de ficha técnica sello impermeable de juntas Zed Seal

Usos:

ZED SEAL es un sistema de sellado de juntas de expansión o dilatación para ser empleado en puentes, estructuras para estacionamiento de vehículos, estadios, plantas de tratamiento de agua y de desagües y muchas otras estructuras comerciales.

2.2.6.2 Mortero de reparación de hormigón vertical y elevado que no se descuelga (Aquacret Mortar – RV)

AQUACRET MORTAR -RV es un mortero de reparación de concreto de un solo componente, liviano, reforzado con fibra, modificado con polímeros, de alta resistencia vertical y aérea. Se puede colocar en elevadores de hasta 2" sin formar. Su fórmula está diseñada para una excelente trabajabilidad y permite el afeitado después de alcanzar el fraguado inicial para un acabado superior.

Especificaciones técnicas:

- Mortero monocomponente, ligero, reforzado con fibra y modificado con polímeros, de alta resistencia, formulado para reparaciones verticales y en voladizo sin requerir encofrado (hasta 2").

- Incorpora un inhibidor de corrosión migratorio para proteger el acero de refuerzo localizado y adyacente.
- Alta trabajabilidad: excelente adherencia, baja retracción, muy bajo (ideal para verticales/techo) aplicaciones y permite recorte/finitions detalladas tras el fraguado inicial.

En la tabla 5 se muestra los datos técnicos del mortero de reparación de hormigón vertical y elevado que no se descuelga (Aquacret Mortar – RV)

Tabla 5

Datos técnicos de Montero de reparación Aquacret Mortar – RV

Propiedad	Valor
Estado físico	Polvo
Color	Gris
Inflamabilidad	Propagación de la llama: 0; Contribución de combustible: 0; Desarrollo de humo: 0
Proporción de mezcla (agua: polvo)	1,2 – 1,25 galones de agua : 50 lb de polvo (4,5 – 4,7 L de agua : 22,7 kg de polvo)
Temperatura de aplicación	40 °F a 90 °F (4 °C a 32 °C)
Tiempo de trabajo	~ 20 – 30 minutos
Propiedades físicas	Valores aplicables a 23 °C y 50% HR. Temperaturas altas reducen el tiempo de procesamiento; temperaturas bajas lo prolongan.
Fuerza compresiva	~1000 psi (3 h); ~2500 psi (24 h); ~3000 psi (7 días); ~4500 psi (28 días)
Fuerza flexible	~1000 psi
Contracción (22 días)	0.6%
Almacenamiento / Vida útil	Mantener en lugar fresco y seco; 12 meses en envase original sellado
Presentación	Sacos de 50 lb (22,7 kg)
Rendimiento aproximado	~0,45 pie ³ por bolsa de 50 lb

Nota. Obtenido de ficha técnica de Montero de reparación Aquacret Mortar – RV.

Usos:

- Reparación de sustratos verticales y aéreos, interiores y exteriores, de hormigón, mampostería y ladrillo.
- Desportilladuras o agujeros en el hormigón

- Bordes deteriorados: Reparación de picaduras, agujeros, fisuras superficiales, nidos de grava o bordes quebrados. Útil en estructuras sometidas a desgaste por agua, salinidad o ciclos de congelamiento.
- Puentes
- Túneles
- Estructuras marinas o costeras
- Estacionamientos y estructuras elevadas
- Protección y pasivación del acero de refuerzo: Gracias a su inhibidor de corrosión migratorio, ayuda a detener o ralentizar la corrosión del acero dentro del concreto.

2.2.6.3 Revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (Aquacret 2k)

Aquacret 2K es un producto bicomponente, en base agua, a base de cemento y mejorado con materias primas sintéticas, suministrado en envases predosificados. Aquacret 2K es de color gris. Es un material de construcción compuesto que, al mezclarse, forman una capa protectora que impide el paso del agua y, además, es flexible para adaptarse a movimientos y fisuras de la superficie.

Es capaz de acomodar fisuras de hasta 0,8 mm de ancho después del curado del revestimiento, siempre que se haya aplicado un espesor de 2 mm.

Se trata de un mortero cementicio de dos componentes, altamente flexible, aplicable con brocha o rodillo, destinado a impermeabilizar superficies de concreto o mortero. Es adecuado para proteger contra la humedad, el agua de filtración o las aguas subterráneas, y puede emplearse tanto en ambientes interiores como exteriores.

Aquacret 2K certificado bajo la norma ISO 9001, que avala un sistema de gestión de calidad orientado a la satisfacción del cliente y a la mejora continua en procesos de producción y servicio técnico.

Especificaciones técnicas:

Excelente adherencia al hormigón y mampostería.

El tono gris homogéneo posibilita usar el producto como capa final, a diferencia de los recubrimientos bituminosos, que son flexibles y de color negro.

Impermeabilidad: Impide el paso del agua, previniendo filtraciones y daños por humedad.

Elasticidad: Permite que la capa impermeabilizante se estire y se contraiga con los movimientos de la estructura, evitando la formación de fisuras.

Adherencia: Se adhiere fuertemente al soporte, ya sea hormigón, mortero, ladrillo, etc., asegurando una protección duradera.

Resistencia a agentes atmosféricos: Soporta la exposición a la lluvia, sol, cambios de temperatura y otros factores ambientales sin deteriorarse.

Resistencia a la presión hidrostática: Puede soportar la presión del agua, tanto positiva (desde el exterior) como negativa (desde el interior).

Facilidad de aplicación: Se aplica con llana, rodillo o brocha, y algunos tipos no requieren imprimación, lo que facilita su instalación.

Durabilidad: Ofrece una protección duradera contra la humedad, reduciendo la necesidad de mantenimiento.

En la tabla 6 se muestra los datos técnicos del revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (Aquacret 2k).

Tabla 6

Datos técnicos de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (Aquacret 2k)

Propiedad	Valor
Resistencia a la abrasión	Pérdida de peso < 3000 mg
Absorción capilar y permeabilidad	< 0,1 kg/m ² ·h ^{0.5}
Resistencia al impacto	Clase III ≥ 20 Nm
Fuerza de tensión	2,4 MPa
Reacción al fuego	Clase A2 s1 d0
Viscosidad (25 °C)	1000 – 3000
Granulometría	0 – 0.3 mm
Trabajabilidad	1 hora
Espesor de capa	0,7 mm
Flexibilidad a baja temperatura (10 mm varilla)	-10 °C sin grieta
Alargamiento de rotura	150%
Puesta de servicio	1 día
Rendimiento	2,5 kg/m ² (en 2 capas)

Nota. Obtenido de ficha técnica de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente Aquacret 2k.

Usos:

- Rehabilitación de edificios
- Sótanos, parkings
- Depósitos
- Fosos de ascensor
- Pozos
- Juntas constructivas
- Piscinas
- Depuradoras
- Canales

2.2.6.4 Impermeabilizante por cristalización (Aquacret C1)

Es un impermeabilizante por cristalización de origen alemán, no tóxico, diseñado para proteger el concreto. Su formulación permite el auto sellado de grietas de hasta 0,4 mm y mejora la resistencia a la compresión. Al aplicarse como un revestimiento sobre concreto previamente hidratado, genera una cristalización rápida e insoluble que penetra en la estructura a través de poros y capilares, sellándola de forma permanente contra el ingreso de agua y líquidos en cualquier dirección. No requiere curado prolongado con agua y se integra de manera irreversible al concreto. Su acción se basa en una reacción química con la humedad y subproductos del concreto, formando una red cristalina que bloquea el paso del agua sin afectar la transpiración del material. El proceso se reactiva en presencia de humedad asegurando una protección continua.

Especificaciones técnicas:

Compuesto por aditivos químicos activos especialmente desarrollados que al contacto con el agua, producen una reacción catalítica que genera la formación muy rápida de cristales no solubles que migran al interior de la estructura por los poros y conductos capilares del hormigón.

- Autocurado/autosellado de grietas estáticas de hasta 0,4 mm
- Resistente a medios agresivos con un pH de 3-12 y contra agua blanda con bajo contenido de iones, agua salada, aguas servidas, aguas industriales, etc.
- Penetra en el sustrato y crea una sustancia química única integral en el hormigón.

- No contiene ingredientes que promuevan la corrosión sin VOC, sin emisiones de ingredientes nocivos para el medio ambiente.
- Puede sellar las grietas de la línea de afloramiento causadas por la contracción y asentamientos de la superficie (autocuración).
- Durara el tiempo que dure la estructura.
- Resistencia contra la carbonatación, sulfatos, interperismo.
- Resistencia a la presión de agua (EN 123908): Impermeabilización del lado positivo y negativo contra presurizados.
 - Lado positivo : 13 Bar (190 psi)
 - Lado negativo: 13 Bar (190 psi)
- Baja absorción capilar de agua: $0.4 \text{ kg/m}^2 \times \text{h}^{0.5}$
- Brinda protección frente a la acción de los cloruros y resguarda el acero de refuerzo contra la corrosión.

2.2.6.5 Banda hidroexpansiva impermeable altamente hinchable (Velosit WS 801)

VELOSIT WS 801 es una banda polimérica HidroExpansible altamente hinchable utilizada para sellar e impermeabilizar juntas de construcción y otras.

Especificaciones técnicas:

VELOSIT WS 801 es un Waterstop que se hincha en contacto con el agua, incluso con agua salada.

VELOSIT WS 801 Se instala sobre el hormigón vertido y seco.

VELOSIT WS 801 se fija al sustrato con adhesivo de poliuretano y de ser necesario con clavos para concreto.

- 1.000% de hinchazón bajo el agua, totalmente reversible en ciclos ilimitados.
- Dimensionalmente estable, sin lavado como con las cintas de hinchamiento de Bentonita.
- La hinchazón es programada, el aumento de volumen solo comienza varias horas después del contacto con el agua.
- No genera estrés en el hormigón fresco.

- Presión de hinchamiento de > 5 bar (73 psi), resistencia extremadamente fuerte a la presión hidrostática. Resiste 50m (160 pies) columna de agua acc. a EN 12390-8.

Usos:

- Sellado impermeable de juntas de construcción cuando se interrumpe el hormigonado.
- Sellado de grietas en el Hormigón.
- Sellado de penetración de tuberías o pasadas de ductos.
- Sellado de la junta de losa con losa, losa con muro y muro con muro.

2.2.6.6 Carbostop U plus

CarboStop U Plus es una resina monocomponente hidroreactiva con catalizador integrado. Está libre de CFC y plastificantes ftalatos. CarboStop U Plus está compuesto por poliisocianatos modificados con aditivos.

CarboStop U-Plus cura por reacción con agua ambiente produciendo una espuma de poliuretano/poliurea. La tasa de expansión de la espuma depende principalmente de la contrapresión provocada por la propagación de la resina en la estructura a sellar, es decir, las grietas anchas/grava dan un alto factor de expansión, y las grietas estrechas/arena generan una tasa de expansión baja y alta resistencia.

Usos:

- Detención de filtraciones de agua (también agua salada)
- Detención de la infiltración de agua, también agua de mar, en grietas.
- Consolidación de arena granulada
- Sellado de agujeros de perforación
- Sellados en construcción de túneles
- Usado como pre-sellado para el sellado de estructuras de concreto en combinación con CarboCrackSeal H Plus (aprobación según las regulaciones alemanas ZTV-RISS)

En la tabla 7 se presentan las datos técnicas del material CarboStop U Plus, mientras que en la tabla 8 se muestran sus características de reacción.

Tabla 7*Datos técnicos de carbostop U plus*

Parámetro	Valor	Unidad	Norma
Densidad a 25 °C	1100 – 1140	kg/m ³	DIN 12791-1
Color	Marrón	—	—
Punto de inflamación	> 100	°C	DIN 53213
Viscosidad a 5 °C	750 – 5000	mPa·s	ISO 3219
Viscosidad a 10 °C	500 – 2500	mPa·s	ISO 3219
Viscosidad a 15 °C	300 – 1200	mPa·s	ISO 3219
Viscosidad a 20 °C	200 – 800	mPa·s	ISO 3219
Viscosidad a 25 °C	140 – 500	mPa·s	ISO 3219

Nota. Obtenido de ficha técnica carbostop U plus**Tabla 8***Datos de reacción de carbostop U plus*

Parámetro	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
Inicio de espumado (± 10 s)	30 s	30 s	25 s	23 s	20 s
Fin de espumado (± 30 s)	2 min	2 min	2 min	2 min	2 min
	50 s	45 s	40 s	20 s	00 s
Factor de espuma (expansión libre) (± 15 s)	45	45	45	45	45

Nota. Obtenido de ficha técnica carbostop U plus

2.2.7 Reparación de patologías

Según, el ACI 546R-14: Guía para la Reparación de Estructuras de Concreto:

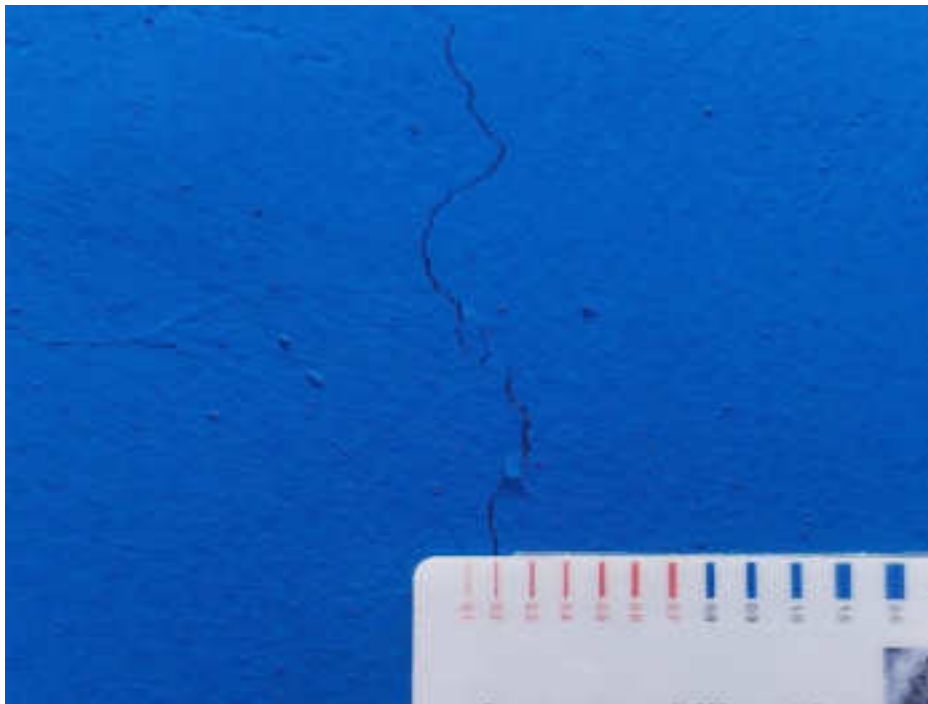
2.2.7.1 Reparación de fisuras y grietas

La reparación de grietas y fisuras en estructuras de concreto es una disciplina de la ingeniería civil que busca restaurar la integridad estructural, la durabilidad y la funcionalidad del elemento. La base teórica de este proceso se centra en el diagnóstico preciso de la causa de la fisuración y la selección del método más adecuado para mitigar el problema y prevenir su reaparición. Un enfoque exitoso no solo sella la grieta, sino

que también aborda la raíz del daño. En la figura 6 se muestra una fisura con apertura de 0,2mm.

Figura 1

Fisura en muro de sedimentador



Nota: La imagen representa una fisura de 0.2mm en el muro del sedimentador 1A de la PTAP Calana.

a. Diagnóstico de reparación de fisuras y grietas

El diagnóstico es el paso inicial y más crítico. No se puede reparar una fisura de manera efectiva sin comprender por qué ocurrió. Las causas comunes incluyen:

- *Contracción*: Debido a la pérdida de agua durante el fraguado (contracción plástica) o a largo plazo por secado.
- *Sobrecarga*: Cargas de servicio que exceden la capacidad de diseño de la estructura.
- *Asentamientos*: Movimientos diferenciales en la cimentación del suelo.
- *Expansión térmica*: Ciclos de calentamiento y enfriamiento.
- *Corrosión de armaduras*: La expansión del óxido en el acero de refuerzo genera tensiones internas que fisuran el concreto.

b. Segundo principio es la selección de materiales compatibles

La reparación de fisuras y grietas en componentes estructurales de concreto es un proceso esencial para restituir la durabilidad, el desempeño mecánico y la impermeabilidad del elemento. Las fisuras pueden originarse por contracción plástica, asentamiento inicial, sobrecargas, corrosión de armaduras, retracción por secado o problemas de diseño y construcción. Su adecuada evaluación y reparación debe seguir las recomendaciones establecidas por organismos internacionales como el American Concrete Institute (ACI 224R, 2008; ACI 562, 2016).

Identificación del tipo y origen de la fisura

Se deben diferenciar las fisuras según su origen (ACI 224R, 2008):

- Fisuras por retracción plástica: superficiales, irregulares y formadas en las primeras horas.
- Fisuras por asentamiento plástico: localizadas sobre armaduras.
- Fisuras por retracción por secado: de patrón aleatorio o longitudinal.
- Fisuras estructurales: asociadas a flexión, cortante o compresión.
- Fisuras por corrosión del refuerzo: acompañadas de manchas de óxido.
- Fisuras por esfuerzos térmicos: suelen ser rectilíneas y amplias.

Medición de abertura y profundidad

La cuantificación del ancho y desplazamiento de las fisuras se realiza de acuerdo con ASTM C828 (evaluación de fisuras) y ASTM E647 (crecimiento por fatiga, cuando corresponde).

El ACI recomienda límites de servicio típicos (ACI 224R, 2008):

- $\leq 0,3$ mm para exposición normal.
- $\leq 0,2$ mm en ambientes agresivos o presencia de cloruros.

Evaluación mediante métodos no destructivos

Para fisuras activas o profundas pueden emplearse:

- Ensayo de ultrasonido (ASTM C597).
- Impact-echo (ASTM C1383).
- Esclerometría (ASTM C805).

Determinación de si la fisura está activa o pasiva

El uso de testigos, sellos epóxicos o medidores de deformación permite evaluar si la fisura sigue abriendo (ACI 224R).

c. Métodos de Reparación según el Tipo de Fisura

Los métodos de reparación deben seleccionarse en función de la causa, el ancho, la profundidad y la importancia estructural de la fisura. Las recomendaciones provienen de ACI 224.1R, ACI 364.1R, y ACI 546R.

- *Inyección con resina epóxica (fisuras estructurales)*

Usada para restaurar capacidad resistente en fisuras secas, finas y estables.

Cumple con ASTM C881 para adhesivos epóxicos.

Aplicación recomendada (ACI 224.1R):

- Sellado superficial de la fisura.
- Instalación de puertos de inyección.
- Inyección a baja presión.
- Limpieza del área y verificación del llenado.

- *Sellado superficial (fisuras superficiales no estructurales)*

Adecuado para controlar entrada de agua o agentes agresivos.

Materiales: resinas acrílicas, epóxicos, poliuretanos o cementicios modificados.

Normas: ACI 224.1R, ACI 546R.

- *Inyección de poliuretano (fisuras con presencia de agua)*

Empleada cuando la fisura presenta filtraciones activas.

Las espumas hidrorreactivas se expanden y sellan, pero no restauran capacidad estructural (ACI 546R).

Requiere:

- Limpieza.
- Perforación e instalación de inyectoros.
- Inyección a presión.
- Sellado final.

- *Relleno con mortero o microconcreto (fisuras amplias o pérdidas de sección)*

Adecuado cuando la fisura acompaña un desprendimiento o pérdida parcial de concreto. Materiales conforme a ASTM C928 (morteros de reparación) o ASTM C1107 (grout).

- *Tratamiento de fisuras activas (movimiento continuo)*

Si la fisura sigue moviéndose por efectos térmicos, sobrecargas o retracción:

- Se utiliza sellador flexible, conforme a ASTM C920.
- Se evita la inyección rígida (epóxica).
- Puede requerir juntas inducidas o alivio de esfuerzos (ACI 224R).

- *Reparación por causa de corrosión*

Si la fisura se debe a incremento de volumen por óxido del acero:

- Apertura y limpieza del acero (ACI 562).
- Remoción de óxido (mecánico o químico).
- Aplicación de inhibidor o recubrimiento (ACI 222R).
- Relleno con mortero estructural.

2.2.7.2 Reparación de junta fría

Una junta fría es una discontinuidad en el concreto que se forma cuando una nueva capa o sección de concreto se coloca contra una que ya ha fraguado o endurecido lo suficiente como para no unirse monolíticamente con la nueva. Esto crea un plano de debilidad y una ruta potencial para la filtración de agua. El objetivo de la reparación es restaurar la estanqueidad y, en algunos casos, la integridad estructural.

El siguiente procedimiento se basa en las mejores prácticas de reparación y se debe adaptar a las especificaciones de los productos que se utilicen, como se detalla en sus respectivas fichas técnicas.

a. Diagnóstico y Preparación de la Junta Fría

Evaluación de la condición: Inspecciona la junta fría para determinar su estado. Busca signos de filtración de agua, desportillamiento, grietas o cualquier otro tipo de deterioro. Evalúa si la junta requiere solo un sellado o si también necesita una reparación estructural.

Delimitación del área de trabajo: Marca el área a reparar. Generalmente, se requiere una remoción del concreto superficial a lo largo de la junta fría.

Remoción del concreto dañado:

- *Picado*: Utiliza medios mecánicos ligeros (martillo neumático, cinceladora) o manuales para picar el concreto a lo largo de la junta fría. El objetivo es remover el concreto deteriorado o débil hasta encontrar un sustrato sano y uniforme.
- *Creación de una "caja" o "canal"*: Es fundamental dar a la reparación una geometría que favorezca la adherencia. Se recomienda crear una canal con una forma de "U" o trapezoidal. La profundidad de este corte debe ser mayor que su ancho (por ejemplo, 40 mm de profundidad por 30 mm de ancho) para asegurar que el material de reparación se ancle firmemente en la sección.

Limpieza del sustrato: Una vez picada la junta, es crucial limpiar a fondo la superficie del concreto expuesto.

Elimina cualquier partícula suelta, polvo, aceite, grasa, óxido y otros contaminantes. Esto se puede hacer con cepillos de alambre, chorro de aire a presión, o incluso chorro de agua a presión, dependiendo de la severidad de la contaminación.

Asegúrate de que la superficie quede rugosa y con el agregado expuesto, lo que mejorará la adherencia del material de reparación.

b. Método de reparación de la Junta Fría

La elección del material dependerá de si la junta está seca o si tiene "agua activa" (filtración constante).

- *Para Juntas Frías Secas*

Imprimación (Primer): Aplica un imprimador epóxico, si lo requiere el producto de reparación, sobre la superficie limpia y preparada de la junta. Esto mejorará la adherencia del material de relleno.

- *Relleno de la junta*:

Mortero de reparación: Utiliza un mortero de reparación de alta resistencia, no retráctil y con buena adherencia. Rellena la canal que se creó en el Paso 1, compactando bien el mortero para eliminar vacíos.

Resina epóxica (para juntas más finas): Si la junta fría es muy delgada, se puede inyectar una resina epóxica de baja viscosidad a presión para sellarla y restaurar la integridad del concreto.

- *Para Juntas Frías con Presencia de Agua Activa:*

Control de la filtración: Antes de aplicar cualquier material, es indispensable detener el flujo de agua. Esto se logra con productos de fraguado ultrarrápido, como los morteros hidrorreactivos o cementos de fraguado instantáneo. Estos productos se aplican directamente en el punto de filtración para taponar el flujo.

Relleno de la junta: Una vez que el flujo de agua ha sido detenido, se puede proceder a rellenar la junta con un mortero de reparación especializado para ambientes húmedos o un mortero de reparación de alta calidad, siguiendo las instrucciones del fabricante.

2.2.7.3 Reparación de cangrejas

Las cangrejas, son defectos en el concreto endurecido caracterizados por la presencia de vacíos irregulares, agregados expuestos y falta de pasta cementante. Este tipo de falla afecta la apariencia, la durabilidad y, en casos severos, la capacidad portante del elemento estructural. Su correcta reparación es necesaria para restituir la integridad del concreto y garantizar su desempeño según los criterios establecidos en normas como ACI 301, ACI 309R y ACI 562.

a. Diagnóstico de reparación de cangrejas

El diagnóstico de cangrejas se realiza mediante inspecciones visuales, pruebas complementarias y verificación estructural, siguiendo lineamientos de ACI 201.1R y ACI 562. El proceso incluye:

Inspección visual: Se identifica la extensión del daño, su ubicación y si la cangrejera es superficial, moderada o profunda.

Se evalúa la presencia de:

- Agregados completamente expuestos.
- Oquedades visibles.
- Pérdida de recubrimiento.
- Posible exposición o corrosión de acero.

Delimitación del área afectada: Mediante herramientas manuales (martillo, punzón) se retira el material suelto para determinar la profundidad real del defecto.

Esto se realiza conforme a la evaluación de superficies descrita en ASTM C823.

Clasificación del nivel de severidad:

Leve: Cavidades < 3 cm, sin exposición de acero.

Moderado: Cavidades entre 3 y 7 cm.

Severo: Cavidades > 7 cm o presencia de armadura expuesta.

b. Método de reparación de cangrejas

El método de reparación depende del nivel de severidad y se ejecuta conforme a ACI 546R – Guide to Concrete Repair, ACI 364.1R, y materiales aprobados por ASTM C928 y ASTM C1107.

Reparación de cangrejas leves

Aplicable cuando la cavidad es superficial y no afecta el acero.

Procedimiento:

- i. Remover material suelto hasta encontrar concreto firme (ACI 546R).
- ii. Retirar las impurezas de la superficie utilizando aire o agua a presión.
- iii. Aplicar puente adherente (epóxico o acrílico).
- iv. Rellenar con mortero de reparación no retráctil (ASTM C928).
- v. Realizar curado según ACI 308R.

Reparación de cangrejas moderadas

Cuando las cavidades son más profundas (3–7 cm) pero no comprometen la sección estructural.

Procedimiento:

- i. Escarificar y remover material dañado hasta obtener un sustrato sano.
- ii. Limpiar completamente la zona.
- iii. Instalar un mortero estructural o microconcreto fluido según la profundidad (ASTM C1107).
- iv. Compactar adecuadamente.

- v. Curado según recomendaciones del fabricante y ACI 308.1.

Reparación de cangrejas severas

Aplicable cuando existe:

- Acero expuesto
- Pérdida de recubrimiento
- Pérdida parcial de sección estructural
- Cavidades > 7 cm

Procedimiento (según ACI 562 y ACI 546R):

- i. Demolición controlada alrededor del área afectada.
- ii. Limpieza y preparación de acero expuesto.
- iii. Si está corroído, realizar limpieza mecánica o aplicar inhibidor.
- iv. Aplicar recubrimiento protector epóxico (ACI 222R).
- v. Colocar refuerzo adicional si la sección lo requiere (ACI 318).
- vi. Instalar formaleta o molde hermético.
- vii. Inyectar o colar microconcreto estructural (ASTM C1107).
- viii. Vibrar para evitar nuevas oquedades (ACI 309R).
- ix. Realizar curado adecuado conforme a ACI 308R.

2.2.7.4 Reparación de alambre expuesto

Las reparaciones de alambre expuesto en elementos de concreto consisten en corregir la aparición accidental de alambres utilizados para amarre de cimbra, sujeción de armaduras o apoyo temporal durante el vaciado. Su presencia superficial o profunda representa un riesgo, ya que puede generar pérdida de recubrimiento y facilitar la corrosión localizada del acero embebido. La intervención debe asegurar la restitución del recubrimiento y la protección anticorrosiva según los lineamientos establecidos por el American Concrete Institute (ACI 318; ACI 546R; ACI 562).

a. Diagnóstico de reparación de alambre expuesto

El diagnóstico consiste en identificar el tipo, ubicación y grado de afectación causado por el alambre visible. Las condiciones que se evalúan incluyen:

- **Identificación del tipo de alambre**

Se determina si corresponde a:

- Alambre de amarre de refuerzo.
- Alambre de cimbra o encofrado.
- Alambre de separadores temporales.
- Elemento accidental dejado dentro del colado.

- **Profundidad y longitud expuesta**

Se mide el tramo visible:

- Menor a 10 mm (exposición superficial).
- Entre 10 y 30 mm (exposición moderada).
- Mayor a 30 mm (posible afectación de recubrimiento).

- **Evaluación del recubrimiento del concreto**

Según ACI 318-19, el recubrimiento mínimo debe proteger al acero contra corrosión y fuego.

Si el alambre está muy cercano a la superficie, se evalúa si:

- Se compromete la capa de protección.
- Existe riesgo de corrosión acelerada.

- **Estado del concreto alrededor del alambre**

Se revisa si hay:

- Fisuras alrededor.
- Desportillamiento.
- Oquedades o cangrejas asociadas.
- Manchas de óxido o corrosión incipiente.

- **Determinación de severidad**

- **Leve:** Alambre superficial, sin corrosión.
- **Moderado:** Corrosión ligera o pérdida parcial de recubrimiento.

- **Severo:** Corrosión avanzada o alambre perteneciente a refuerzo estructural.

Esta evaluación sigue los criterios de inspección recomendados en ACI 201.1R y ASTM C823.

b. Método de reparación de alambre expuesto

El método de reparación dependerá del tipo de exposición y la profundidad del alambre. Los procedimientos se realizan conforme a ACI 546R, ACI 562, ACI 364.1R, ACI 503R, y los requerimientos de recubrimiento mínimo según ACI 318.

- **Reparación de exposición leve**

En casos donde el alambre es superficial y no presenta corrosión:

- i. Corte al ras de la superficie.
- ii. Limpieza con cepillo metálico o aire comprimido.
- iii. Aplicación de puente adherente si corresponde.
- iv. Relleno con mortero superficial no retráctil conforme a ASTM C928.
- v. Curado según ACI 308R.

- **Reparación de exposición moderada**

Cuando existe ligera corrosión o pérdida parcial de recubrimiento:

Procedimiento:

- i. Retiro del alambre expuesto.
- ii. Escarificación ligera del concreto.
- iii. Limpieza y eliminación de corrosión.
- iv. Aplicación de recubrimiento inhibidor conforme a ACI 222R.
- v. Relleno con mortero estructural o grout según ASTM C1107.
- vi. Curado conforme a recomendaciones.

- **Reparación de exposición severa**

En casos donde existe corrosión avanzada o el alambre está vinculado al refuerzo:

- i. Remoción cuidadosa de concreto para exponer el alambre o barra afectada.
- ii. Limpieza del acero mediante medios mecánicos.
- iii. Aplicación de imprimante epóxico anticorrosivo (ACI 503R).
- iv. Relleno con microconcreto o grout estructural conforme a ASTM C1107.

- v. Restauración del recubrimiento en cumplimiento de ACI 318.

2.2.7.5 Reparación de eflorescencia

Para la reparación de esta patología debemos seguir los siguientes pasos:

a. Reparación Diagnóstico y Mitigación de la Fuente de Humedad

Este es el paso más crucial y a menudo pasado por alto. Si no se detiene la entrada de agua, la eflorescencia volverá a aparecer.

Identificar la fuente de humedad: Se inspecciona las áreas circundantes para detectar fugas de agua, drenajes deficientes, grietas o fisuras que permitan la entrada de agua al concreto. En muros, puede ser causada por la humedad del suelo que asciende por capilaridad.

b. Método de reparación para eflorescencia

Paso 1: Reparar la fuente:

- *Grietas y fisuras:* Sella todas las grietas y juntas con masillas de poliuretano, epóxicos o morteros de reparación impermeables.
- *Drenaje:* Mejora los sistemas de drenaje del terreno para alejar el agua de la estructura.
- *Muros enterrados:* Considera la aplicación de una barrera impermeable en la superficie exterior del muro para evitar la penetración de agua desde el suelo.

Paso 2: Limpieza y Remoción de la Eflorescencia

Una vez que la fuente de humedad ha sido controlada, se procede a la limpieza de los depósitos salinos.

- i. *Remoción mecánica:* Usa un cepillo de cerdas duras (de nylon o similar, no metálicas para evitar rayar la superficie) para fregar y remover los depósitos superficiales sueltos. Para depósitos más grandes o incrustados, se puede usar un chorro de agua a presión.
- ii. *Limpieza con ácido suave:* Prepara una solución de ácido muriático (ácido clorhídrico) diluido en agua (normalmente en una proporción de

1:10, una parte de ácido por diez de agua). Importante: Siempre agrega el ácido al agua, no al revés, para evitar una reacción violenta.

iii. *Aplicación y enjuague:*

- Humedece la superficie del concreto con agua limpia antes de aplicar la solución ácida para evitar que el ácido sea absorbido rápidamente.
- Aplica la solución ácida con un cepillo o rociador, dejando que actúe durante unos minutos. Verás que la solución burbujea al reaccionar con las sales.
- Enjuaga abundantemente con agua limpia a alta presión para eliminar por completo tanto el ácido como las sales disueltas. Repite este proceso si es necesario.

iv. *Neutralización (opcional pero recomendado):* Después de enjuagar, se puede aplicar una solución alcalina (como bicarbonato de sodio en agua) para neutralizar cualquier residuo de ácido que quede en la superficie, evitando daños a largo plazo. Enjuaga de nuevo con agua limpia.

Paso 3: Aplicación de un Sellador o Recubrimiento Protector

Una vez que el concreto esté completamente seco y limpio, la aplicación de un sellador ayudará a prevenir la reaparición de la eflorescencia.

- Selladores repelentes de agua:* Los selladores de tipo penetrante (a base de silanos o siloxanos) son ideales. Estos productos no forman una película superficial, sino que penetran en los poros del concreto, haciendo que la superficie sea hidrófuga y evitando que el agua (y las sales) puedan migrar hacia el exterior.
- Recubrimientos superficiales:* Los recubrimientos epóxicos o acrílicos pueden ser una opción si se desea un cambio estético, ya que crean una barrera física sobre la superficie del concreto. Sin embargo, es fundamental que el concreto esté completamente seco y que el recubrimiento permita cierta transpirabilidad para evitar la acumulación de humedad detrás del recubrimiento, lo que podría causar delaminación.

2.2.7.6 Reparación Sellado de obturadores de estanqueidad de pvc 3/4”

Al construir estructuras destinadas a almacenar líquidos, resulta fundamental evaluar la calidad de los materiales empleados. Uno de los factores más relevantes es la eficiencia del sellado de los obturadores, ya que la selección de los materiales de sellado influye directamente en la durabilidad de la estructura, la posible pérdida de líquidos y el riesgo de generar impactos ambientales.

a. Reparación Diagnóstico de sellado de obturadores de encofrado

El obturador de estanqueidad para tubo de PVC 3/4” se utiliza como terminal obturador de estanqueidad en la sisternas de las obras civiles o construcciones.

El obturador de estanqueidad para un tubo de PVC es un elemento diseñado para generar un cierre hermético dentro del elemento, ya sea para pruebas hidráulicas, mantenimiento, aislamiento temporal o control de fugas. Su rendimiento depende directamente del estado de sus componentes y de sellado.

El diagnóstico de reparación debe incluir los siguientes aspectos: Deformaciones por presión excesiva.

- Grietas, fisuras o fracturas.
- Desgaste por abrasión.

Compatibilidad con el tubo de PVC de 3/4”, confirmar que:

- El diámetro exterior del obturador corresponde a la tubería a sellar.
- El obturador no presenta desgaste que reduzca su capacidad expansiva.
- La superficie de contacto no esté contaminada con grasa, aceite, sólidos o incrustaciones.

Verificación de fugas, durante una prueba hidráulica o con baja presión se debe:

- Observar si hay filtraciones alrededor del obturador.
- Evaluar si la fuga aumenta al variar la presión.
- Identificar si el problema proviene del empaque, del mecanismo de expansión o del asiento del tubo.

Condiciones ambientales y químicas, analizar:

- Si el obturador estuvo expuesto a químicos que degradan el elastómero.
- Si hubo contacto prolongado con agua caliente, solventes o líquidos corrosivos.
- Si la tubería presenta rugosidad interior por incrustación o envejecimiento.

b. Método de sellado de obturadores de encofrado

El Obturador o Roseta de estanqueidad se instala en cada extremo del tubo de PVC y cumple dos funciones dentro del encofrado.

Primero, la roseta funciona como guía para que la barra roscada atraviese el tubo y alinee los encofrados. La segunda función de la roseta de estanqueidad es crear un sello en ambas caras del encofrado, evitando que se derrame el concreto fresco durante el colado y/o vibrado. Su diseño cuenta con estrias (rompe agua) las cuales garantizan que no pasará agua por la parte exterior del elemento y quede firmemente atrapado al concreto.

Con la roseta de estanqueidad, se tiene la garantía que la barra roscada no quedará atrapado en el concreto durante el desencofrado. Después, se extrae el cono fácilmente para que pueda ser resanado, ya sea utilizando el Tapón quien funciona como un sello que impide el pase de un agente externo.

El Tapón obturador se utiliza al momento de desencofrar según qué se uso al momento de encofrar. Si se utilizó conos terminales o distanciadores, se extrae el cono y se coloca el tapón al tubo de PVC para que impida el pase del agregado al momento del resane. Si se está trabajando con obturador o roseta de estanqueidad, se inserta en el orificio de esta pieza para que impida el pase de cualquier agente.

2.3 Definición de términos

2.3.1 Agentes químicos

Sustancias que, al entrar en contacto con el concreto, pueden reaccionar con sus componentes y provocar su deterioro. Estas reacciones alteran la microestructura y la composición del material, lo que reduce su resistencia, durabilidad y vida útil (American Concrete Institute ACI Committee 201, 2016).

2.3.2 Almacenamiento de agua

Es la práctica de retener agua en depósitos, tanques o embalses construidos predominantemente con concreto, ya sea armado o pre-tensado. Estas estructuras están diseñadas para ser duraderas, resistentes a la presión del agua y, sobre todo, estancas (impermeables) (American Concrete Institute ACI Committee 350, 2006).

2.3.3 Concreto armado

Es un material constructivo formado por la unión de dos componentes esenciales: el concreto u hormigón y las barras de acero de refuerzo, comúnmente llamadas armaduras (Neville, 2011).

2.3.4 Daño

Se define como cualquier tipo de deterioro o defecto que afecta las propiedades físicas, mecánicas o estéticas de una estructura de concreto. Estos daños comprometen la integridad del material, reduciendo su capacidad para cumplir con su función estructural y su vida útil (American Concrete Institute ACI Committee 201, 2016).

2.3.5 Evaluación de las patologías

Procedimiento técnico y organizado destinado a reconocer, evaluar y comprender los daños o fallas existentes en una estructura de concreto, respaldado por ensayos y pruebas de laboratorio (Helene y Pereira, 2007).

2.3.6 Grado de afectación

Modificación o deterioro en una estructura de concreto causado por una o varias patologías. La magnitud del daño define su grado de severidad, el cual puede clasificarse como leve, moderado o severo (RILEM Technical Committee 200, 2006).

2.3.7 Lesiones físicas

Daños constructivos originados por fenómenos físicos, como la presencia de partículas contaminantes congeladas, condensación, entre otros (Mehta y Monteiro, 2014).

2.3.8 Lesiones mecánicas

Las lesiones mecánicas del concreto son daños o deterioros causados por la aplicación de fuerzas o esfuerzos físicos que superan la capacidad de resistencia del material (Neville, 2011).

2.3.9 Lesiones químicas

Son daños causados por reacciones químicas entre los componentes del concreto y sustancias agresivas provenientes del ambiente (Mehta y Monteiro, 2014).

2.3.10 Patología del concreto

Es la rama de la ingeniería civil que se dedica al estudio de las "enfermedades" o defectos que afectan a las estructuras de concreto. Su objetivo principal es analizar y comprender los mecanismos de daño, desde sus causas iniciales hasta sus manifestaciones visibles, para así poder proponer soluciones de reparación efectivas y duraderas (Helene y Pereira, 2007).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es no experimental, ya que se basaría en la observación directa de las estructuras de la nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, para examinar las patologías de concreto que ya existen, obteniendo un diagnóstico completo y preciso a partir de la observación, la medición y ensayos de laboratorio, lo cual es indispensable para cualquier propuesta de solución técnica.

3.2 Acciones y actividades

Las acciones y actividades desarrolladas en el presente estudio se orientan al diagnóstico integral de las patologías del concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Estas actividades comprenden la recopilación de información, la ejecución de inspecciones preliminares y detalladas, la aplicación de ensayos de laboratorio y la posterior evaluación técnica de los resultados obtenidos. Cada fase se estructura metodológicamente para garantizar un análisis confiable del estado del concreto y fundamentar las propuestas de reparación.

3.2.1 Inspección preliminar

La inspección preliminar constituye el primer acercamiento al estado físico de las estructuras de concreto. Su objetivo principal es identificar visualmente la presencia de indicios de deterioro, tales como fisuras, desprendimientos, eflorescencias o corrosión incipiente. Esta fase permite reconocer zonas críticas y priorizar los elementos que requieren una evaluación más profunda. Para la inspección preliminar se utilizó los formatos de las Figuras 2.

3.2.1.1 Recolección de información

Esta etapa comprende la obtención de antecedentes relevantes relacionados con la construcción y funcionamiento de la planta. Incluye la revisión de planos estructurales, especificaciones técnicas, memorias de cálculo, informes de supervisión y documentos de control de calidad. Asimismo, se recopila información climatológica, operativa y de exposición ambiental, con el fin de comprender los factores que podrían haber contribuido al deterioro observado. Ver tabla 9 y 11.

3.2.1.2 Parámetros normativos

En esta sección se establecen los estándares técnicos utilizados como referencia para el diagnóstico. Se consideran normas nacionales e internacionales tales como las NTP, ASTM, ACI y directrices RILEM. Estos parámetros permiten definir criterios objetivos para la clasificación de fisuras, la evaluación de la durabilidad, la presencia de agentes agresivos y la determinación de valores mínimos aceptables para las propiedades del concreto.

3.2.2 Inspección detallada

La inspección detallada consiste en la aplicación de métodos experimentales, mediciones y ensayos especializados que permiten cuantificar las características mecánicas y físico-químicas del concreto.

3.2.2.1 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se ejecutan sobre testigos y muestras extraídas de los elementos estructurales. Su finalidad es validar las propiedades del concreto e identificar la presencia de agentes agresivos o cambios físico-químicos.

a. Ensayo a la Compresión de Núcleo Extraído de Concreto – NTP 339.034

Este ensayo determina la resistencia a compresión real del concreto mediante testigos cilíndricos extraídos. Los resultados permiten evaluar la capacidad portante y el grado de degradación estructural del material.

b. Ensayo a la Compresión mediante Esclerómetro – NTP 339.181

La esclerometría se utiliza para estimar la resistencia superficial del concreto de manera no destructiva. Permite identificar variaciones en la calidad del material y contrastar los resultados con los ensayos de compresión directa.

c. Ensayo de Absorción de Núcleo de Concreto – NTP 339.187

Este ensayo tiene como objetivo cuantificar la capacidad del concreto para absorber agua, lo cual constituye un indicador de su porosidad y permeabilidad. Valores elevados pueden asociarse a deterioro por exposición ambiental y pérdida de durabilidad.

d. Ensayo de Profundidad de Carbonatación – RILEM CPC-18

Se determina la profundidad de carbonatación mediante la aplicación de fenolftaleína. El avance de este proceso reduce el pH del concreto y puede exponer el acero a procesos de corrosión.

e. Determinación de pH – NTC 5264

Este análisis permite conocer el nivel de alcalinidad del concreto. Un pH reducido sugiere pérdida de protección pasiva del acero de refuerzo y favorece la corrosión.

f. Determinación de Cloruros – NTP 339.177

El contenido de cloruros se determina para evaluar el riesgo de corrosión en el acero de refuerzo. Valores por encima de lo permitido en normas incrementan significativamente la probabilidad de corrosión activa.

g. Determinación de Sulfatos – NTP 339.178

Este ensayo identifica la presencia de sulfatos, agentes que pueden generar expansiones internas y degradación del concreto. Su cuantificación es relevante para diagnosticar patologías asociadas a reacciones químicas.

h. Parámetros Normativos

Aquí se presentan los valores límite establecidos por las normas aplicables para resistencia, pH, profundidad de carbonatación, cloruros y sulfatos. Este marco comparativo permite valorar la conformidad o desviación de los resultados obtenidos.

3.2.3 Evaluación

La evaluación integra los resultados de las inspecciones y ensayos, permitiendo identificar las patologías presentes, su severidad y el grado de afectación en cada elemento estructural. Con ello se fundamenta la selección de las técnicas de reparación más adecuadas.

3.2.3.1 Levantamiento de Patologías

Consiste en la identificación, ubicación y descripción detallada de cada patología encontrada. Se emplean fichas técnicas, planos de levantamiento y registros fotográficos que permiten representar la distribución del deterioro.

3.2.3.2 Nivel de severidad

A cada patología identificada se le asigna un nivel de severidad (leve, moderada o severa), utilizando criterios normativos y metodológicos. La severidad permite cuantificar la urgencia de intervención y orientar la propuesta de reparación.

3.2.4 Propuesta de reparación

Con base en este diagnóstico preciso y detallado, se formulará la propuesta de reparación más adecuada

3.2.5 Validación de Expertos

La validación de expertos se realiza mediante la revisión de la propuesta de reparación por profesionales especializados en patología de concreto. Su aporte permite una propuesta de reparación con materiales y procedimientos adecuados para cada tipo de patología.

3.3 Materiales y instrumentos

Para llevar a cabo la realización del proceso de la investigación, se necesitarán algunos instrumentos y equipos:

- Equipos de protección personal: Casco, guantes y zapatos de seguridad.
- Equipo visual: Cámara fotográfica
- Herramientas de registro documental: Fichas de registro de patología
- Instrumentos de medición: Calibradores de fisuras, cinta métrica.
- Equipos de laboratorio: Martillo de rebote, broca diamantina (esclerómetro)

- Útiles de escritorio: Lápiz, borrador, tablero
- Software de procesamiento de datos: Se utilizarán programas para procesamiento de datos como hojas de cálculo, AutoCAD, procesador de texto y similares.

Los equipos e instrumentos de laboratorio corresponderán de acuerdo a las indicaciones de las normas técnicas peruanas NTP 339.181 con el fin de analizar la resistencia superficial del concreto mediante un método no destructivo y la NTP 339.059 para la obtención de núcleos de concreto, su preparación y los ensayos a los que se someten.

3.4 Población y muestra de estudio

3.4.1 Población

La población de esta presente investigación es la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el distrito de Calana, provincia de Tacna, departamento de Tacna.

Actualmente los elementos de concreto presentan patologías que afectan la durabilidad de sus componentes estructurales. En la figura 3 se muestra la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana.

Figura 3

Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana



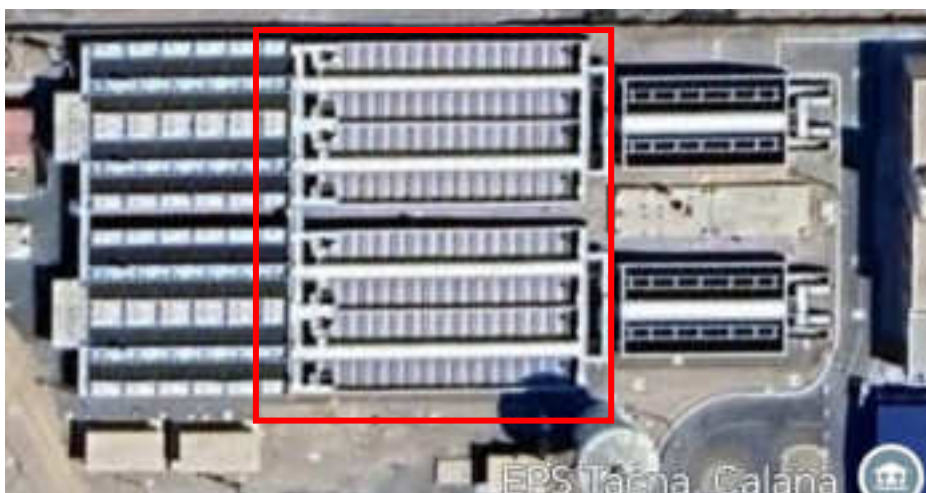
Nota. Obtenido de Google Earth.

3.4.2 Muestra

La muestra de la presente investigación está conformada por cuatro sedimentadores de concreto armado, cada uno de ellos dividido en dos sub-sedimentadores (A y B), lo que constituye un total de ocho unidades de evaluación: Sedimentador 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A y 4B que se muestran en la figura 4, que integran la infraestructura de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en Calana, Tacna.

Figura 4

Sedimentadores



Nota. Obtenido de Google Earth.

3.5 Operacionalización de variables

En la tabla 1 se presenta la Operacionalización de variables de investigación, así mismo estas variables se relacionan con los objetivos y el problema de investigación, esta información se muestra en la matriz de operacionalización de variables el cual se puede revisar en el anexo 1.

Tabla 1

Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Diagnóstico de patología de concreto	Daños que afectan al concreto y a las estructuras construidas con él.	Tipos de patologías.	- Fisuras y grietas. - Humedad - Desprendimiento - Alambre expuesto	- Fisuras y grietas: Ancho de la apertura - Humedad: Color y textura - Desprendimiento: Profundidad - Alambre expuesto: Longitud.	-Inspección visual preliminar y detallado. -Fichas de evaluación de patologías.
		Características físicas, mecánicas y químicas del concreto	- Resistencia de concreto kg/cm ² - Sulfatos: partes por millón (ppm) - Cloruros: partes por millón (ppm) - Carbonatos: porcentaje (%) - Absorción (%)	- F'c = 280 kg/cm ² - Sulfatos: no mayor 300 ppm - Cloruros: partes por millón (ppm) - Carbonatos: porcentaje (%) - Porosidad: Porosidad < 10%	Ensayos de laboratorio del concreto
		Agentes químicos en diferentes etapas del proceso de potabilización de agua a los que está expuesto el concreto.	- Coagulantes - Floculantes - Reguladores de pH	- Sulfato de aluminio (mg/L) y Cloruro Férrico - Polímero Catiónico y Aniónico - Cal hidratada	-Fichas técnicas de agentes químicos, proporcionados por la entidad.
		Diagnostico.	-Resultados de ensayos fisicoquímico del concreto. -Evaluación de las patologías.		Ensayos físicos químicos del concreto y materiales
		Nivel de severidad.	- Leve - Moderado - Severo		
Propuesta de reparación de patología de concreto	Plan técnico detallado que, basándose en el diagnóstico de los daños en una estructura de concreto, especifica las técnicas, materiales y procedimientos necesarios para corregir las fallas, restaurar la integridad y prolongar la vida útil de la estructura.	Normas	-Recomendaciones de la norma NTP E0.60concreto armado -Recomendaciones de la norma ACI 201R.		
		Parámetros de evaluación, según normativas	-E-0.60 Concreto Armado -Durabilidad y patologías en el concreto ASOCRETO. -Asociación Americana de ensayos de materiales ASTM -Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes AASTHO -Resistencia a compresión (NTP 339.034) -Contenido de Sulfatos (NTP 339.177) -Contenido de Cloruros (NTP 339.178) - Contenido de Carbonatos (Difr. de Rayos X) -Agua para el concreto (NTP 339.088) -Agregados (NTP 400.042 - NTP 400.037)		
		Información referente a reparaciones:	-Fichas técnicas de aditivos de reparación. -Métodos de reparación		Reparación

3.6 Procesamiento y análisis de datos

Para obtener un diagnóstico completo y preciso de las patologías presentes en los elementos de concreto de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, resulta fundamental emplear un conjunto de técnicas que permitan recopilar información tanto cualitativa como cuantitativa. Esto garantiza una comprensión integral del estado actual de las estructuras y del comportamiento del material frente a los distintos agentes de deterioro.

En este sentido, la presente tesis desarrolla el diagnóstico de los elementos de concreto mediante tres fases metodológicas complementarias. La Inspección Preliminar incluye actividades de recolección documental, levantamiento de información existente y visitas de reconocimiento en campo, orientadas a identificar de manera cualitativa las manifestaciones visibles de deterioro. Posteriormente, la Inspección Detallada incorpora la ejecución de ensayos de laboratorio y pruebas específicas en el concreto y sus materiales constituyentes, con el fin de obtener datos cuantitativos que permitan caracterizar el grado de afectación. Finalmente, la fase de Evaluación considera la interpretación de los resultados en función de parámetros normativos, la clasificación del nivel de severidad y el análisis integral de las patologías detectadas.

Estos procedimientos se desarrollaron siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía para la evaluación de estructuras de hormigón antes de la rehabilitación (ACI 364), lo que asegura un enfoque técnico riguroso y estandarizado.

3.6.1 Procesamiento y análisis de Inspección preliminar

El procesamiento y análisis de la información correspondiente a la Inspección Preliminar en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana se desarrolló siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía para la Evaluación de Estructuras de Hormigón antes de la Rehabilitación – ACI 364. Bajo este marco normativo, los datos recolectados fueron organizados considerando los antecedentes constructivos de la planta, las características de agentes agresivos presentes en el entorno operativo, las condiciones ambientales propias de la zona de Calana y la naturaleza de los materiales utilizados durante la ejecución de la obra.

Toda esta información fue sistematizada mediante fichas técnicas de descripción y antecedentes, lo que permitió estructurar de manera ordenada los hallazgos obtenidos durante el recorrido preliminar. Como complemento del proceso, los resultados se contrastaron con los parámetros normativos de la Norma E.060 Concreto Armado y con

las recomendaciones de la Guía ASOCRETO para la Durabilidad del Concreto, con la finalidad de analizar si las condiciones de exposición, el diseño y los materiales utilizados cumplen con los requisitos de durabilidad exigidos para infraestructuras hidráulicas como la planta de tratamiento.

El proceso de procesamiento de inspección preliminar siguió el siguiente orden:

a. Recopilación de datos (fase inicial):

- Revisión de información técnica del proyecto.
- Inspección visual in situ de los elementos de concreto.

b. Procesamiento y análisis de datos (Organización de la información)

- Procesamiento de datos en las fichas de descripción y antecedentes.

c. Obtención de resultados

- Información general.
- Naturaleza de materiales.
- Condición de los elementos de concreto.
- Antecedentes de la estructura.
- Características ambientales.
- Agentes nocivos presentes.

d. Discusión de resultados

- Comparación de los resultados obtenidos con los parámetros normativos.

e. Elaboración de conclusiones

- Formulación del diagnóstico preliminar de las patologías.

3.6.2 Procesamiento y análisis de Inspección detallada

El procesamiento y análisis de la información correspondiente a la Inspección Detallada se desarrolló siguiendo los lineamientos de la Guía para la Evaluación de Estructuras de Hormigón antes de la Rehabilitación – ACI 364. Esta metodología tiene como propósito identificar las propiedades del concreto y de los materiales mediante la aplicación de ensayos de laboratorio debidamente estandarizados. Los datos obtenidos fueron posteriormente consolidados en un informe técnico emitido por el laboratorio especializado responsable de la ejecución de los ensayos.

Los procedimientos de laboratorio se llevaron a cabo conforme al marco teórico y a las especificaciones establecidas en la Normativa Técnica Peruana (NTP), asegurando la validez técnica de los resultados obtenidos. De manera complementaria, los valores resultantes fueron contrastados con los parámetros establecidos en la Norma

E.060 Concreto Armado y en las respectivas NTP, con el fin de evaluar su nivel de cumplimiento respecto a los estándares reglamentarios vigentes.

El proceso metodológico seguido para el procesamiento y análisis de los datos se estructuró de la siguiente manera:

a. Obtención de la muestra

- Se solicitó permiso para extraer núcleos de concreto.
- Se realizó la extracción de núcleos de concreto en puntos estratégicos para el diagnóstico.

b. Procesamiento y análisis de dato

- Se realizaron lecturas in situ con el Martillo de Schmidt (Esclerómetro), para determinar la resistencia a la compresión del concreto.
- Se realizaron ensayos de laboratorio de la muestra extraída.

c. Resultados de ensayos de laboratorio

- Resistencia a compresión: kg/cm²
- Absorción: %
- Profundidad de carbonatación: mm
- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Cloruros: ppm
- Sulfatos: ppm

d. Discusión de resultados

- Comparación de resultados y parámetros normativos

e. Elaboración de conclusiones

- Diagnóstico

3.6.2.1 Procesamiento de ensayo de laboratorio

a. Resistencia a compresión de testigos de concreto – Norma ASTM C39

El ensayo fue ejecutado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna. A continuación, se describe el procedimiento empleado para su realización:

- i. Verificación de los testigos**
 - Se verifica su identificación, dimensiones, fecha de extracción y condiciones de almacenamiento.
 - Se revisa que no presenten daños, grietas o pérdidas de material que afecten la validez del ensayo.

- ii. Rectificación de los extremos**
 - Si los extremos no son paralelos o presentan irregularidades, se procede a rectificar con una máquina pulidora.
 - Se asegura que las caras sean planas y perpendiculares al eje longitudinal del testigo

- iii. Medición de dimensiones**
 - Se mide el diámetro del testigo en dos direcciones perpendiculares.
 - Se mide la altura del testigo en tres puntos equidistantes.
 - Se determina el promedio de altura y diámetro, así como la esbeltez (H/D), la cual debe ser conforme a la norma.

- iv. Colocación en la máquina de ensayo**
 - Se centra el testigo en la prensa hidráulica de compresión.
 - Se alinean los ejes del espécimen y de la máquina para evitar cargas excéntricas.
 - Se verifica que los platos estén limpios y en buen estado.

- v. Aplicación de la carga**
 - Se aplica la carga de manera continua y uniforme, sin choque ni aceleración brusca, siguiendo la tasa indicada por la norma.
 - No se debe detener ni disminuir la carga una vez iniciado el ensayo.
 - El testigo se carga hasta alcanzar la rotura.

- vi. Registro de la carga máxima**
 - Se registra la carga máxima aplicada al momento de la falla.
 - Se observa y documenta el tipo de falla (cónica, en cizallamiento, irregular, etc.).

vii. Cálculo de la resistencia a compresión

La resistencia se obtiene mediante la fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $f'c$ = resistencia a la compresión (MPa)
- P = carga máxima aplicada (N)
- A = área de la sección transversal corregida del testigo (mm²)

b. Resistencia a compresión mediante esclerómetro – Norma ASTM C805

El ensayo se llevó a cabo in situ en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana, específicamente sobre los muros de los sedimentadores. La ejecución estuvo supervisada por dos técnicos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna. A continuación, se describe el procedimiento aplicado durante el desarrollo del ensayo:

i. Selección y preparación de las zonas de ensayo

- Se identifican las áreas representativas del elemento estructural donde se realizará el ensayo.
- Las superficies deben estar limpias, lisas y libres de polvo, lechada, pintura, recubrimientos, mortero suelto o humedad excesiva.
- Si la superficie presenta rugosidad o irregularidades, se realiza un lijado o preparación ligera para uniformizarla.

ii. Verificación y calibración del esclerómetro

- Antes del inicio de los ensayos, se verifica el correcto funcionamiento del equipo.
- Se realiza una prueba de calibración utilizando el yunque metálico estándar suministrado por el fabricante.
- Se confirma que el índice obtenido se encuentre dentro del rango especificado en la NTP y en las instrucciones del fabricante.

iii. Delimitación del área de prueba

- Se traza un área de 30 cm × 30 cm aproximadamente, dependiendo del espacio disponible.

- En cada superficie se toma un mínimo de 10 lecturas, distribuidas uniformemente.
- Las lecturas demasiado cercanas a bordes, juntas o fisuras deben ser descartadas.

iv. Posicionamiento del esclerómetro

- El esclerómetro se coloca en contacto directo con la superficie, asegurando: Apoyo firme del equipo y perpendicularidad entre la dirección del impacto y la superficie del concreto.
- No deben existir vibraciones ni movimientos al momento del impacto.

v. Ejecución del ensayo

- Se presiona el émbolo hasta generar el impacto.
- El equipo muestra el valor de rebote inmediatamente después del golpe.
- Cada lectura se registra cuidadosamente.
- Se descartan valores atípicos o desviados que no cumplan la repetitividad requerida por la norma.

vi. Obtención del índice de rebote

- Se calculan los siguientes valores: Promedio del índice de rebote, desviación estándar y Coeficiente de variación.
- Si el coeficiente de variación supera el límite normativo, se repite el ensayo en una nueva área.

vii. Correlación para estimar la resistencia a compresión

- Los valores promedio del índice de rebote se correlacionan con la curva de calibración del fabricante o con las tablas indicadas en la Norma ASTM C805.
- La resistencia estimada debe considerarse como referencial, no como un valor absoluto.

c. Ensayo de absorción de agua en concreto - ASTM C642

El ensayo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada de Tacna. A continuación, se presenta de manera detallada el procedimiento seguido durante su ejecución:

i. Selección y preparación de las muestras

- Se seleccionan especímenes representativos de concreto endurecido, preferentemente con geometría regular.
- Las superficies deben estar libres de partículas sueltas, polvo o agentes extraños.
- Se registran las dimensiones y características generales de la muestra.

ii. Secado inicial de las muestras

- Las muestras se colocan en un horno a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Se secan hasta alcanzar una masa constante, lo cual se confirma cuando dos pesadas consecutivas, con un intervalo de 24 horas, no presentan variación significativa.
- La masa seca se registra como:

$$W_1 = \text{masa seca en horno}$$

iii. Enfriamiento de las muestras

- Una vez finalizado el secado, las muestras se retiran del horno y se dejan enfriar en un desecador para evitar absorción de humedad del ambiente.
- Cuando alcanzan temperatura ambiente, se registra la masa como:

$$W_2 = \text{masa seca despues del enfriamiento}$$

iv. Saturación por ebullición

- Las muestras se sumergen completamente en agua.
- El recipiente con las muestras se lleva a ebullición durante 5 horas, garantizando la expulsión del aire de los poros.
- Después de la ebullición, se deja enfriar el conjunto durante un período mínimo de 24 horas a temperatura ambiente.

v. Obtención de la masa saturada superficialmente seca (SSD)

- Una vez frías, las muestras se retiran del agua.
- Se elimina el exceso de agua de la superficie con una toalla húmeda o paño absorbente, evitando secar de más.
- Se registra la masa como:

$$W_3 = \text{masa saturada superficialmente seca (SSD)}$$

vi. Cálculos del ensayo

Los cálculos se realizan utilizando las masas registradas:

Absorción de agua (%):

$$\text{Absorción} = \frac{W_3 - W_2}{W_2} \times 100 \quad (1)$$

d. Ensayo de profundidad de carbonatación – UNE-EN 13295

El ensayo de profundidad de carbonatación se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Asfaltos de D'Umbrella Group E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Tacna. A continuación, se describe de manera detallada el procedimiento seguido durante su ejecución:

- i. Antes del ensayo, las superficies deben estar limpias y libres de recubrimientos o materiales extraños.
- ii. Se mide la condición inicial de las probetas (dimensiones, masa y estado superficial).
- iii. Cada probeta se fractura mediante rotura mecánica en una sección transversal limpia.
- iv. En la superficie recién fracturada se pulveriza una solución de fenolftaleína al 1 % en alcohol.
- v. La fenolftaleína actúa como indicador de pH:
 - Zona no carbonatada (pH > 9): se tiñe de color rosado.
 - Zona carbonatada (pH < 9): permanece incolora.
- vi. Se mide la distancia desde la superficie expuesta hasta la zona donde se observa el cambio de color.

- vii. Se toman varias mediciones por probeta (al menos 5 a 10 puntos), distribuidas uniformemente.
- viii. La profundidad de carbonatación se expresa como el promedio de todas las mediciones realizadas.

e. Ensayo de determinación del pH (método normalizado)- NTC 5264

El ensayo de determinación del pH se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Asfaltos de D'Umbrella Group E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Tacna. A continuación, se describe de manera detallada el procedimiento seguido durante su ejecución:

i. Preparación de la muestra

- Se selecciona una porción representativa del concreto, libre de impurezas superficiales.
- La muestra se tritura manual o mecánicamente hasta obtener un tamaño máximo de 2 mm.
- Se homogeniza el material triturado para asegurar uniformidad en el ensayo.

ii. Preparación de la suspensión

- Se pesan 20 ± 0.1 g de la muestra triturada.
- Se colocan en un vaso de precipitación limpio de 250 mL.
- Se añade 100 mL de agua destilada o desionizada, manteniendo la relación 1:5 establecida por la norma.
- La mezcla se agita suavemente con una varilla de vidrio durante 1 minuto.
- La suspensión se deja reposar durante 30 minutos, permitiendo que los compuestos solubles se disuelvan y estabilicen en el agua.

iii. Agitación final

- Pasado el tiempo de reposo, se agita nuevamente la suspensión durante 1 minuto.
- Se evita levantar los sólidos finos en exceso para no interferir con el electrodo del pH-metro.

iv. Medición del pH

- Se introduce el electrodo del pH-metro en la fase líquida de la suspensión, evitando que toque los sólidos sedimentados.
- Se espera a que la lectura se estabilice (entre 30–60 segundos).
- Se registra el valor del pH con una precisión de ± 0.01 unidades.
- Si se requieren medidas adicionales, se repite el procedimiento y se calcula el promedio.

f. Ensayo de Determinación de Cloruros – NTP 339.177

El ensayo de determinación del pH se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Asfaltos de D'Umbrella Group E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Tacna. A continuación, se describe de manera detallada el procedimiento seguido durante su ejecución:

i. Preparación de la muestra

- Se pesaron 100 g del polvo de concreto y se colocaron en un vaso de precipitación; posteriormente se añadieron 300 mL de agua destilada y la mezcla se agitó durante 20 segundos utilizando una varilla de vidrio.
- La suspensión se dejó en reposo durante aproximadamente 1 hora. Luego se agitó nuevamente y se extrajo una alícuota de 30 mL empleando una pipeta y un matraz Erlenmeyer.
- En caso de que la muestra presentara turbidez, se procedió a filtrar la solución mediante una membrana de 0.45 μm antes de continuar con la medición.

ii. Determinación de cloruros

- Una vez obtenida la alícuota de 30 mL, se procedió a verificar el valor de pH de la solución.
- Si el pH se encontraba en el rango de 6 a 8, se continuaba con el siguiente paso; en caso de que fuera menor a 6, se añadía bicarbonato de sodio hasta ajustar la solución dentro del rango requerido.
- Dado que la muestra presentó un pH dentro del intervalo 6–8, se añadió 1 ml de la solución de cromato de potasio como indicador.

- Seguidamente, se realizó la titulación empleando una solución estándar de nitrato de plata (AgNO_3), agregándola gota a gota hasta observar el cambio de color de amarillo a rojizo.
- Se registró el volumen total de AgNO_3 utilizado hasta alcanzar el punto final de titulación, dato necesario para el cálculo del contenido de cloruros.
- Finalmente, al volumen titulado se le restó 0,2 ml correspondientes al consumo del blanco, o el volumen obtenido en la titulación del blanco del indicador, para obtener el valor corregido.

g. Determinación de sulfatos – NTP 339.178

El ensayo de determinación de sulfatos se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Asfaltos de D'Umbrella Group E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Tacna. A continuación, se describe de manera detallada el procedimiento seguido durante su ejecución:

i. Preparación de la muestra

- Se pesaron 100 g de polvo de concreto y se colocaron en un vaso de precipitación; posteriormente se añadieron 300 ml de agua destilada y la mezcla se agitó durante 20 segundos utilizando una varilla de vidrio.
- La suspensión se dejó reposar durante aproximadamente 1 hora. Luego se agitó nuevamente y se extrajo una alícuota de 50 mL con ayuda de una pipeta y un matraz Erlenmeyer. En caso de que la solución presentara turbidez, esta fue filtrada mediante una membrana de 0,45 μm antes de continuar con el proceso.

ii. Determinación de sulfatos

- Tras obtener la alícuota de 50 ml, se incorporaron 10 ml de la solución de glicerina y 5 ml de la solución de NaCl, continuando con el procedimiento establecido para la prueba.
- Se llenó una celda de 40 mm con la solución preparada y se colocó en el compartimiento correspondiente, previa calibración del fotómetro.
- Luego, la solución contenida en la celda se retornó al vaso de precipitación y se añadieron 0,3 g de cristales de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, agitando suavemente la mezcla durante 1 minuto.

- La solución se dejó reposar durante 4 minutos y posteriormente se agitó nuevamente por 15 segundos.
- Finalmente, se volvió a llenar la celda con la mezcla y se procedió a realizar la lectura inmediata en el fotómetro.

3.6.3 Procesamiento y análisis de evaluación de patologías

El procesamiento y análisis de la información correspondiente a la evaluación de patologías del concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana se fundamenta en metodologías de investigación orientadas a cuantificar el deterioro estructural mediante la clasificación del nivel de severidad y la realización de un examen general que describa las patologías identificadas, sus posibles causas y las alternativas de intervención. Esta información se sistematiza posteriormente en fichas técnicas de evaluación de severidad de patologías, lo que permite obtener una visión integral del estado actual de los elementos estructurales.

Como actividad complementaria, se analiza el grado de afectación de los componentes de concreto de la planta, con el propósito de definir criterios de reparación y rehabilitación acordes con las condiciones de exposición propias de una infraestructura de tratamiento de agua potable.

El análisis de los resultados se presenta mediante cuadros estadísticos y tablas comparativas elaboradas en Microsoft Excel, lo que facilita la interpretación cuantitativa y cualitativa del daño registrado. El proceso de procesamiento y análisis de datos se desarrolló siguiendo el orden cronológico detallado a continuación:

i. Recopilación de datos

- Solicitud y revisión de la información técnica disponible (planos estructurales, memorias descriptivas y documentación complementaria) de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana.
- Ejecución de una inspección visual detallada in situ de los elementos de concreto pertenecientes a los sedimentadores de la PTAP.
- Identificación preliminar y registro cuantitativo de las patologías presentes en los 4 sedimentadores y sub sedimentadores A y B.

ii. Procesamiento y análisis de datos

- Elaboración del levantamiento sistemático de patologías observadas en cada sedimentador de la PTAP.
- Selección y clasificación de los elementos estructurales que presentan daños o manifestaciones patológicas.
- Determinación del nivel de severidad correspondiente a cada patología mediante criterios establecidos en la metodología.
- Sistematización de la información en las fichas de evaluación del nivel de severidad.
- Desarrollo del examen general de patologías, que incluye descripción, origen, mecanismo de daño y posibles implicancias estructurales y funcionales.

iii. Obtención de resultados

- Identificación precisa de los tipos de patologías presentes en los sedimentadores de la PTAP.
- Determinación de la cantidad y del porcentaje de elementos afectados.
- Cuantificación del nivel de severidad para cada elemento de concreto evaluado, expresado en valores absolutos y porcentuales.

iv. Discusión de resultados

- Evaluación del estado actual de los componentes estructurales y su relación con las condiciones de exposición típicas de una planta de tratamiento de agua.
- Formulación de una propuesta de reparación y rehabilitación basada en la severidad del daño y en las necesidades operativas de la infraestructura.

v. Elaboración de conclusiones

- Integración del análisis realizado para la emisión del diagnóstico estructural, considerando el comportamiento del concreto, las patologías encontradas y las acciones de intervención recomendadas.

3.6.4 Procesamiento para la Clasificación del Nivel de Severidad

Para el procesamiento del nivel de severidad se siguió los siguientes pasos:

Paso N°1: Delimitación de la zona de estudio

La evaluación inicial consiste en identificar y delimitar los elementos estructurales de concreto armado pertenecientes a los sedimentadores de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Esta etapa implica una inspección detallada de muros, losas, tolvas que presenten manifestaciones patológicas. El objetivo es reconocer las áreas afectadas dentro del sistema de sedimentación, considerando sus condiciones de exposición y funcionamiento hidráulico.

Paso N°2: Dimensionamiento y registro de patologías

En esta fase se realiza el levantamiento sistemático de las patologías, empleando el método de indicadores de daño para identificar, representar y clasificar cada tipo de deterioro presente en los elementos de concreto. Para ello se utilizan convenciones gráficas estandarizadas, tales como espesores de línea y códigos de color para representar fisuras, grietas, corrosión o desprendimientos; así como diferentes texturas o patrones para identificar fenómenos como humedad, eflorescencias o pérdidas de recubrimiento.

Toda la información se registra en el formato correspondiente de levantamiento, lo que permite cuantificar el daño y establecer una base precisa para la evaluación del nivel de severidad.

Paso N°3: Conteo de la muestra

En esta etapa se cuantifica el número total de patologías identificadas en cada uno de los elementos estructurales de los sedimentadores de concreto armado. El conteo se registra en unidades (und), permitiendo organizar las patologías según su tipo y posteriormente clasificarlas en función de su nivel de severidad.

Paso N°4: Cuantificación de la muestra

Una vez identificadas y contabilizadas las patologías, se procede a determinar el área afectada por cada tipo de daño. Para ello se mide el área total de los elementos de concreto evaluados—como muros laterales, losas de fondo, tolvas en metros cuadrados (m²).

La cuantificación del área dañada permite establecer la proporción de afectación dentro de cada componente del sistema de sedimentación.

Paso N°5: Procesamiento de datos

Con el registro del número de patologías y el metrado del área afectada, se continúa con las siguientes actividades:

a. Determinación del nivel de severidad de las patologías

Se clasifica la severidad de cada patología identificada utilizando los indicadores establecidos en la metodología (Figura 05), los cuales describen los criterios para fisuras, grietas, corrosión del refuerzo, eflorescencias, humedades y desprendimientos.

En la ficha de evaluación se consideran parámetros como: Apertura máxima para fisuras y grietas, Área afectada para patologías superficiales como eflorescencia, humedad o pérdida de recubrimiento.

Figura 5

Niveles de severidad de patologías del concreto según criterios normativos ACI y ASTM

ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD	NORMA DE REFERENCIA
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)	ACI 224R-01
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm	
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero	
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30 mm y superficial	ACI 224.1R-07
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm	
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida	
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área	ACI 562-19; ASTM C823
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área	
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible	
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión	ACI 201.2R-16; ACI 562-19
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión	
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección	
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm	ACI 562-19
			MODERADO	5 - 20 mm	
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural	
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área	ACI 201.2R-16
			MODERADO	10-30% del área	
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente	
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial	ACI 201.2R-16
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos	
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales	
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm	ACI 224R-01; ACI 562-19
			MODERADO	2-5 mm	
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia	

Nota. Criterios basado en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

b. Determinación de la extensión de las patologías

En esta fase se calcula el porcentaje de área dañada en relación con el área total del elemento evaluado. Para ello se emplea la siguiente expresión:

$$\% \text{ Area de patologia} = \frac{A_p}{A_T} \times 100$$

Donde:

- A_p = área afectada por la patología
- A_t = área total del elemento de concreto evaluado

Este cálculo permite visualizar la magnitud del deterioro en cada componente estructural de los sedimentadores.

c. Sumatoria del porcentaje de patologías por unidad de muestra

Finalmente, se suman los porcentajes obtenidos para todas las patologías presentes en cada elemento, con el fin de determinar su nivel global de severidad.

Los valores obtenidos se interpretan utilizando los indicadores de clasificación establecidos (Figura 6), lo que permite concluir si el elemento se encuentra en un estado aceptable o si requiere procedimientos de reparación inmediata o preventiva.

Figura 6

Niveles de severidad según porcentaje de área afectada por patología (basado en normativas ACI Y ASTM)

PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TÉCNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 – 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 – 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 – 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos basados en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19. Las normas no proporcionan

tablas exactas por porcentaje, pero sí definen que la severidad del deterioro se determina de acuerdo con la extensión y alcance del área afectada

3.6.5 Procesamiento y análisis de la validación de expertos

El procesamiento y análisis de la validación de expertos se sustenta en la aplicación de una ficha de evaluación especializada, diseñada para revisar la propuesta de reparación de las patologías identificadas. Esta ficha incorpora los materiales, técnicas y procedimientos específicos recomendados para cada tipo de daño. La propuesta es posteriormente revisada por un especialista en reparación de patologías de concreto, quien valida la pertinencia, eficacia y coherencia técnica de las soluciones planteadas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados que emanan del trabajo de campo realizado para el presente estudio.

Tal como se indicó previamente, la población de estudio está constituida por las estructuras de concreto armado (sedimentadores) utilizadas en el proceso de sedimentación del agua.

4.1 Resultados de la inspección preliminar

La inspección preliminar incluye la preparación de una ficha que reúne la descripción y los antecedentes de los sedimentadores. Esta ficha presenta la información general correspondiente a la estructura, información específica de sus componentes y su historial. El propósito de estas fichas es proporcionar una descripción general de la estructura, las características de los componentes de concreto, la descripción de las patologías presentes y el registro de intervenciones o reparaciones realizadas previamente. En el Anexo 03 se incluyen la ficha correspondiente a la descripción y los antecedentes.

4.1.1 Información general

A partir de la inspección inicial se recopiló la información general, obteniéndose los siguientes hallazgos:

Tabla 9

Resultado de información general del proyecto

Información General	Descripción
Proyecto	“Construcción de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua potable de Calana”
Elemento evaluado	Sedimentadores
Construcción	06/02/2018 – 11/09/2019
Contratista	Consortio Calana

(continúa)

Tabla 10 (continuación)

Información General	Descripción
Proyecto	Saldo de obra: "Construcción de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua potable de Calana"
Elemento evaluado	Sedimentadores
Reparaciones anteriores	18/10/2022 - 29/02/2024
Equipamiento	23/09/2021 – 28/02/2025
Puesta en Marcha	01/03/2025 – 31/10/2025
Contratista	Consortio Ptap Calana

Nota. Criterios basados en información recopilada.

4.1.2 Información de los elementos de concreto

Según la inspección preliminar, se reunió la información relacionada con los elementos de concreto, con lo cual se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación:

Tabla 11

Resultados de información de elementos de concreto

Elemento	Resistencia de diseño
Muros	280kg/cm ²
Tolvas	280kg/cm ²

Nota. Criterios basados en información recopilada.

4.1.3 Antecedentes de la estructura

De acuerdo con la inspección inicial, se reunieron los antecedentes, obteniéndose los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 12*Resultados de antecedentes de la estructura*

Año	Descripción
18/01/2018	El Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) firmó el Contrato de Obra N° 009-2018/VIVIENDA/VMCS/PNSU, con el Consorcio Calana
06/02/2018	Inicia la obra “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana”
11/09/2019	El PNSU comunicó al Contratista la Resolución de Contrato de Obra.
23/08/2021	El PNSU suscribió el Contrato de Saldo de obra: “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana” con el Consorcio PTAP Calana.
23/09/2021	Inicia el saldo de obra: “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana”
18/10/2022 - 29/02/2024	El Consorcio PTAP Calana, en vista de que se observaron patologías de concreto en los componentes estructurales existentes, y con autorización del PNSU da inicio al adicional “Tratamiento en estructuras existentes y pruebas de estanqueidad de la Obra ejecutada” dentro de las estructuras se encontraban los Floculadores, Sedimentadores, Filtros rápidos, Cámara de contacto y Lecho de secados.
01/03/2025	Inicia la puesta en marcha
10/03/2025	Se evidencia filtraciones de agua en los muros de los Sedimentadores, a causa de patologías de concreto.
20/03/2025	Se dio inicio a la elaboración de la presente investigación, lo cual implicó comenzar con la inspección preliminar.

Nota. Criterios basados en información recopilada.

4.1.4 Agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua

Como parte del desarrollo de la presente investigación, se solicitó información técnica sobre los agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua al Consorcio PTAP Calana, entidad responsable de la puesta en marcha de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, en coordinación con la EPS Tacna. La información proporcionada permitió identificar los productos químicos utilizados durante la etapa de mezcla rápida, los cuales, como parte del proceso hidráulico, llegan posteriormente a las unidades de sedimentación, estableciendo un contacto directo y permanente con las superficies de concreto.

De acuerdo con la documentación técnica recibida, se determinó que en el proceso de potabilización se emplean cinco agentes químicos principales, los cuales son incorporados al agua cruda durante la mezcla rápida: sulfato de aluminio, cal hidratada, polímero catiónico, polímero aniónico y cloruro férrico. Estos productos cumplen funciones específicas de coagulación, corrección de pH y floculación; sin embargo, su presencia continua en el sistema constituye un factor relevante en el análisis de la agresividad química del ambiente al que se encuentra expuesto el concreto de los sedimentadores.

Los resultados evidencian que estos agentes químicos, al ser transportados por el flujo de agua tratada, permanecen en contacto directo con los muros y losas de los sedimentadores durante la operación normal de la planta. Esta condición de exposición permanente resulta especialmente significativa desde el punto de vista de la durabilidad del concreto, ya que algunos de estos compuestos pueden incrementar la concentración de sulfatos y cloruros en el medio, modificar el pH del agua en contacto con el concreto y favorecer mecanismos de deterioro químico a mediano y largo plazo.

En consecuencia, la identificación de los agentes químicos utilizados en el proceso de potabilización constituye un resultado fundamental de la investigación, debido a que permite establecer una relación directa entre las condiciones de operación de la planta y las patologías de concreto observadas en los sedimentadores, aportando sustento técnico para el diagnóstico del estado de la estructura y la posterior formulación de propuestas de reparación y protección.

Tabla 13

Agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua.

N.º	Agente químico	Función principal en la potabilización	Observación relevante para el concreto
1	Sulfato de aluminio	Coagulante para remoción de turbidez	Aporta sulfatos al medio, pudiendo generar condiciones agresivas para el concreto
2	Cal hidratada	Corrección de pH	Modifica la alcalinidad del agua en contacto con el concreto
3	Polímero catiónico	Floculante auxiliar	Favorece la retención de humedad sobre la superficie del concreto
4	Polímero aniónico	Floculante auxiliar	Puede contribuir a la acumulación de residuos en superficies de concreto
5	Cloruro férrico	Coagulante	Aporta cloruros, incrementando el riesgo de corrosión del acero de refuerzo

Nota. Los agentes químicos indicados son incorporados durante la etapa de mezcla rápida y, como parte del proceso hidráulico, entran en contacto directo y permanente con las superficies de concreto de los sedimentadores. Criterios basados en la Información técnica proporcionada por el Consorcio PTAP Calana y EPS Tacna.

4.2 Resultados de la inspección detallada

La inspección detallada incluyó la realización de ensayos de laboratorio tanto del concreto como de los materiales asociados. Estos ensayos tuvieron como finalidad identificar las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto, con el propósito de establecer las posibles causas de las fallas o manifestaciones patológicas. En el Anexo 09 se presentan los resultados obtenidos en dichas pruebas de laboratorio.

4.2.1 Ensayos de laboratorio de concreto

4.2.1.1 Resistencia a la compresión mediante testigos de concreto

Los valores obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión realizado a los testigos de concreto endurecido se detallan a continuación.

Tabla 14

Resultados del ensayo de resistencia a compresión de testigos de concreto

N.º de testigo	Descripción	Fecha de rotura	Área cm²	Lectura kg.-f	Resistencia kg/cm²
1	Núcleo de concreto 1 (Sedimentador 1)	09/10/2025	41,9	15857,5	378,83
2	Núcleo de concreto 2 (Sedimentador 2)	09/10/2025	41,9	16625,4	379,17
3	Núcleo de concreto 3 (Sedimentador 3)	09/10/2025	41,9	27501,6	657,00
4	Núcleo de concreto 4 (Sedimentador 4)	09/10/2025	41,9	11555,4	276,05

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.

4.2.1.2 Resistencia a la compresión mediante esclerómetro

En la tabla 14 se muestra los valores obtenidos en la medición de la resistencia a la compresión del concreto endurecido, determinados a través del uso de esclerómetro in situ, se detallan a continuación.

Tabla 15

Resultados del ensayo de resistencia a compresión mediante esclerómetro

N.º	Descripción de la estructura	Resistencia kg/cm²
1	Sedimentador 1A	366,00
2	Sedimentador 1B	345,00
3	Sedimentador 2A	330,00
4	Sedimentador 2B	330,00

(continúa)

Tabla 9 (continuación)

5	Sedimentador 3A	380,00
6	Sedimentador 3B	430,00
7	Sedimentador 4A	380,00
8	Sedimentador 4B	392,00

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.

4.2.1.3 Absorción del concreto

En la tabla 15 se muestran los valores obtenidos en el ensayo de absorción realizados en los testigos de concreto se detallan a continuación.

Tabla 16

Resultado del ensayo de absorción

N.º de Muestra	Descripción	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	% de absorción
1	Núcleo 1 (Sedimentador 1)	673,50	726,90	7,93
3	Núcleo 3 (Sedimentador 3)	882,40	940,70	6,61
4	Núcleo 4 (Sedimentador 4)	1132,00	1204,00	6,36

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.

4.2.1.4 Profundidad de carbonatación del concreto

En la tabla 16 se muestran los valores obtenidos en el ensayo de profundidad de carbonatación se muestran a continuación.

Tabla 17*Resultados del ensayo de profundidad de carbonatación*

N.º de Muestra	Descripción	Aplicación	Profundidad de carbonatación (mm)
2	Núcleo 2 (Sedimentador 2)	Parte interior y exterior	No presenta carbonatación

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.**4.2.1.5 Determinación de PH del concreto**

Los valores obtenidos en el ensayo de determinación del pH realizado en los testigos de concreto se presentan a continuación en la tabla 17.

Tabla 18*Resultados del ensayo de determinación de pH en el concreto*

N.º de Muestra	Descripción	pH
1	Núcleo 1 (Sedimentador 1)	6,7

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.**4.2.1.6 Determinación de cloruros**

Los valores obtenidos en la prueba de determinación de cloruros realizada en los testigos de concreto se presentan a continuación en la tabla 18.

Tabla 19*Resultados del ensayo de determinación de cloruros en el concreto*

N.º de Muestra	Descripción	Cloruros (ppm)	% Cloruros
3	Núcleo 3 (Sedimentador 3)	6875	0,687

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.

4.2.1.7 Determinación de sulfatos

En la tabla 19 se muestran los valores obtenidos en la prueba para determinar el contenido de cloruros en los testigos de concreto se muestran a continuación.

Tabla 20

Resultados del ensayo de determinación de sulfatos en el concreto

N.º de Muestra	Descripción	Sulfatos (ppm)	% Sulfatos
4	Núcleo 4 (Sedimentador 4)	5527	0,553

Nota. Resultados obtenidos en base al Anexo 08.

4.3 Resultados de la evaluación de patologías de concreto

4.3.1 Selección de elementos con patologías

4.3.1.1 Sedimentador 1

El sedimentador 1 está conformado por dos sub-sedimentadores, 1A y 1B, los cuales presentan una condición de conservación regular como consecuencia a distintas patologías en sus componentes de concreto, tales como los muros y las tolvas de concreto armado. A continuación, se detalla la tabla 20 y 21 con los resultados correspondientes a estos elementos afectados.

Tabla 21

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1A

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	3	75%	1	25%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0%
Total	14	100%	13	92,86%	1	7,14%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

Tabla 22

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1B

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0%
Total	14	100%	14	100%	0	0%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

4.3.1.2 Sedimentador 2

El sedimentador 2 está integrado por dos sub-sedimentadores, 2A y 2B, que exhiben un estado de conservación regular a causa de diversas patologías presentes en sus elementos de concreto, como muros y tolvas de concreto armado. En la tabla 22 y 23 se presentan los resultados relacionados con los componentes afectados.

Tabla 23

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2A

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

Tabla 24

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2B

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

4.3.1.3 Sedimentador 3

El sedimentador 3 está integrado por dos sub-sedimentadores, 3A y 3B, que exhiben un estado de conservación regular a causa de diversas patologías presentes en sus elementos de concreto, como muros y tolvas de concreto armado. En la tabla 24 y 25 se presentan los resultados relacionados con los componentes afectados.

Tabla 25

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3A

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

Tabla 26

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3B

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	80%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	1	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

4.3.1.4 Sedimentador 4

El sedimentador 4 está conformado por dos sub-sedimentadores, 4A y 4B, los cuales presentan una condición de conservación regular, atribuida a diversas patologías detectadas en sus elementos de concreto, como los muros y las tolvas de concreto armado. En la tabla 26 y 27 se muestran los resultados correspondientes a los componentes afectados.

Tabla 27

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4A

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

Tabla 28

Resultados de selección de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4B

Elemento de concreto	Total de elementos		Elementos con patologías		Elementos sin patologías	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Muros	4	100%	4	100%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100%	0	0,00%
Total	14	100%	14	100%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver** Anexo 4.

4.3.2 Identificación de patologías

De acuerdo con la evaluación preliminar, en la tabla 28 se identificaron diversas patologías, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 29

Resultados de Identificación de patologías

Componente	Elemento de concreto	Características de Patología
Sedimentador 1A	muros	Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm.
		Cangrejeras en junta fría entre muro y tolva < 10% del elemento
	tolvas	Humedad en muro cara externa <15% del elemento
		Alambre expuesto cara interna del muro, Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad
		Fisuras con apertura de 0.2 a 0.30mm
		Humedad en cara de las tolvas <40% del elemento.
		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos

(continúa)

Tabla 23 (continuación)

Sedimentador 1B	muros	Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm.	
		Cangrejas en junta fría entre muro y tolva < 10% del elemento.	
		Humedad en muro cara externa <40% del elemento.	
			Alambre expuesto en cara interna del muro
			Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad.
		tolvas	Fisuras con apertura de 0.20 a 0.30mm. Humedad en cara de las tolvas <15% del elemento.
		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.	
Sedimentador 2A	muros	Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm	
		Cangrejas en junta fría entre muro y tolva < 10% del elemento	
		Humedad en muro cara externa <15% del elemento	
			Alambre expuesto en cara interna del muro.
			Fisuras en sellado de obturadores de estanqueidad
		tolvas	Fisuras con apertura de 0.3 a 0.70mm Humedad en cara de las tolvas <15% del elemento.
		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.	
Sedimentador 2B	muros	Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm.	
		Cangrejas en junta fría entre muro y tolva < 15% del elemento.	
		Humedad en muro cara externa <15% del elemento	
			Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad
		tolvas	Fisuras con apertura de 0.20 a 0.30mm Humedad en cara de las tolvas <5% del elemento.

(continúa)

Tabla 23 (continuación)

		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.
		Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm.
		Cangrejas en junta fría entre muro y tolva <10% del elemento.
	muros	Humedad en muro cara externa <15% del elemento.
Sedimentador 3A		Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad.
		Fisuras con apertura de 0.20 a 0.30mm
	tolvas	Humedad en cara de las tolvas <5% del elemento.
		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.
		Fisuras verticales con apertura de 0.10 a 0.30mm
		Cangrejas en junta fría entre muro y tolva < 10% del elemento.
	muros	Humedad en muro cara externa <10% del elemento
		Alambre expuesto en cara interior del muro.
Sedimentador 3B		Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad.
		Fisuras con apertura de 0.20 a 0.30mm
		Grietas con apertura de 0.40 a 0.50 mm
	tolvas	Humedad en cara de las tolvas <5% del elemento.
		Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.
		Fisuras con apertura de 0.10 a 0.30mm.
Sedimentador 4A	muros	Cangrejas en junta fría entre muro y tolva < 15% del elemento.
		Humedad en muro cara externa <15 del elemento.
		Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad.
	tolvas	Fisuras verticales con apertura de 0.20 a 0.30mm

Tabla 23 (continuación)

	Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.
	Humedad en muro cara externa < 5 % del elemento
	Desprendimiento en sellado de obturadores de estanqueidad
	Fisuras con apertura de 0.2 a 0.30mm
tolvas	Humedad en cara de las tolvas <5% del elemento.
	Desprendimiento de concreto en contorno de tubería de succión de lodos.

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

4.3.3 Nivel de severidad de elementos de concreto con patologías

4.3.3.1 Sedimentador 1

El sedimentador 1 está conformado por dos sub-sedimentadores, 1A y 1B, los cuales presentan una condición de conservación regular como consecuencia a distintas patologías en sus componentes de concreto, tales como los muros y las tolvas de concreto armado. En la tabla 29 y 30 se detallan los resultados correspondientes a estos elementos afectados.

Tabla 30

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías -

Sedimentador 1A

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	2	50,00%	1	25,00%	0	0%
Tolvas	10	100%	0	0,00%	0	0,00%	10	100%
Total	14	100%	2	14,29%	1	7,14%	10	7,42%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 1A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-1A.

Patologías en tolvas – sedimentador 1A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-1A.

Tabla 31

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 1B

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	3	75,00%	0	0,00%	1	25,00%
Tolvas	10	100%	0	00,00%	10	100,0%	0	0,00%
Total	14	100%	3	21,43%	10	71,43%	1	7,14%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 1B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-1B.

Patologías en tolvas – sedimentador 1B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-1B.

4.3.3.2 Sedimentador 2

El sedimentador 2 está conformado por dos sub-sedimentadores, 2A y 2B, los cuales presentan una condición de conservación regular como consecuencia a distintas patologías en sus componentes de concreto, tales como los muros y las tolvas de concreto armado. En la tabla 31 y 32 se detallan los resultados correspondientes a estos elementos afectados.

Tabla 32

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2A

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	3	75,00%	0	0,00%	1	25,00%
Tolvas	10	100%	0	00,00%	10	100,0%	0	0,00%
Total	14	100%	3	21,43%	10	71,43%	1	7,14%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 2A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-2A

Patologías en tolvas – sedimentador 2A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-2A

Tabla 33

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 2B

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	2	50,00%	1	25,00%	1	25,00%
Tolvas	10	100%	10	100,0%	0	0,00%	0	0,00%
Total	14	100%	12	85,71%	1	7,14%	1	7,14%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 2B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-2B

Patologías en tolvas – sedimentador 2B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-2B

4.3.3.3 Sedimentador 3

El sedimentador 3 está conformado por dos sub-sedimentadores, 3A y 3B, los cuales presentan una condición de conservación regular como consecuencia a distintas patologías en sus componentes de concreto, tales como los muros y las tolvas de concreto armado. En la tabla 33 y 34 se detallan los resultados correspondientes a estos elementos afectados.

Tabla 34

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3A

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	2	50,00%	2	50,00%	0	0%
Tolvas	10	100%	10	100,0%	0	0,00%	0	0%
Total	14	100%	12	85,71%	2	14,29%	0	0%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver** Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 3A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-3A.

Patologías en tolvas – sedimentador 3A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-3A.

Tabla 35

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 3B

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	2	50,00%	2	50,00%	0	0%
Tolvas	10	100%	10	100,0%	0	0,00%	0	0%
Total	14	100%	12	85,71%	2	14,29%	0	0%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 3B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-3B.

Patologías en tolvas – sedimentador 3B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-3B.

4.3.3.4 Sedimentador 4

El sedimentador 3 está conformado por dos sub-sedimentadores, 4A y 4B, los cuales presentan una condición de conservación regular como consecuencia a distintas patologías en sus componentes de concreto, tales como los muros y las tolvas de concreto armado. En la tabla 35 y 36 se detallan los resultados correspondientes a estos elementos afectados.

Tabla 36

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4A

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	2	50,00%	1	25,00%	1	25,00%
Tolvas	10	100%	10	100,0%	0	0,00%	0	0%
Total	14	100%	12	85,71%	1	7,14%	0	7,14%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. Ver Anexo 4.

Patologías en muros - sedimentador 4A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-4A.

Patologías en tolvas – sedimentador 4A: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-4A.

Tabla 37

Resultados de nivel de severidad de elementos de concreto con patologías - Sedimentador 4B

Total de elementos de concreto			Elementos de concreto con patologías					
			Nivel de severidad					
			Leve		Moderado		Severo	
Tipo	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
Muros	4	100%	3	75,00%	1	25,00%	0	0,00%
Tolvas	10	100%	10	100,0%	0	0,00%	0	0,00%
Total	14	100%	13	92,86%	1	7,14%	0	0,00%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto. **Ver Anexo 4.**

Patologías en muros - sedimentador 4B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-4B.

Patologías en tolvas – sedimentador 4B: El nivel de severidad fue determinado mediante las fichas de evaluación correspondientes, cuyo contenido se presenta en la ficha F-4B.

4.4 Resultados de validación de expertos

Los resultados de la validación por juicio de expertos de la propuesta de reparación se presentan en la Tabla 37. En esta evaluación participaron tres especialistas, quienes analizaron diferentes aspectos relacionados con las propuestas de reparación de patologías identificadas en la estructura.

En términos generales, las valoraciones obtenidas evidencian un alto nivel de aceptación de la propuesta, ya que la mayoría de los criterios evaluados alcanzaron porcentajes superiores al 80 %, lo que indica que las soluciones planteadas son técnicamente pertinentes y adecuadas para la intervención.

Respecto a la reparación de fisuras y grietas verticales, los expertos otorgaron valores de 98 %, 80 % y 90 %, respectivamente. De manera similar, la reparación de fisuras y grietas horizontales obtuvo valoraciones de 99 %, 75 % y 95 %, reflejando una evaluación favorable.

En el caso de la reparación de juntas frías verticales y horizontales, se registraron valores de 99 %, 85 % y 70 %, mientras que la reparación de cangrejas en juntas frías horizontales obtuvo 98 %, 90 % y 90 %, mostrando una alta coincidencia entre los especialistas.

Asimismo, la reparación de alambre expuesto alcanzó valores de 99 %, 95 % y 70 %, mientras que la reparación de eflorescencia y/o humedad fue evaluada con 98 %, 88 % y 95 %.

Por otro lado, la reparación de obturadores de estanqueidad presentó porcentajes de 98 %, 93 % y 95 %, evidenciando una valoración altamente positiva. Finalmente, la propuesta de reparación y sellado del contorno de la tubería de succión de lodos obtuvo 99 %, 81 % y 90 %.

En términos globales, el grado total de validez otorgado por los expertos fue de 788 %, 687 % y 695 %, respectivamente, lo cual refleja una alta aceptación y validez técnica de la propuesta de reparación planteada.

Tabla 38

Resultados de validación de expertos

Descripción	Grado de validez por experto (0-100%)		
	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Propuesta de reparación de fisuras y grietas verticales	98%	80%	90%
Propuesta de reparación de fisuras y grietas horizontales	99%	75%	95%
Propuesta de reparación de juntas frías verticales y horizontales	99%	85%	70%
Propuesta de reparación de cangrejas en juntas frías horizontales	98%	90%	90%
Propuesta de reparación de alambre expuesto	99%	95%	70%
Propuesta de reparación de eflorescencia y/o humedad	98%	88%	95%
Propuesta de reparación de obturadores de estanqueidad	98%	93%	95%
Propuesta de reparación y sellado de contorno de tubería de succión de lodos	99%	81%	90%
Total	788%	687%	695%

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de validación de propuesta de reparación de patologías de concreto. Ver Anexo 13.

4.5 Propuesta de reparación

La propuesta de reparación incluye la reparación de fisuras, grietas, juntas frías, cangrejas, alambre expuesto, obturadores de estanqueidad, en muros y losas de concreto armado, reparación y sellado de tubos de succión de lodos en tolvas de concreto armado, todos componentes de los cuatro (04) sedimentadores cada una subdividida en dos sub sedimentadores A y B, cada sedimentador contiene, 1 canal floculada y por encima de este un canal de decantada y 04 canales de interconexión que conecta los sedimentadores con los filtros rápidos. Estructuras de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana. Las indicaciones para el proceso de reparación se establecen en función de los principios teóricos sobre materiales y técnicas de intervención descritos en los apartados 2.2.1.5 y 2.2.1.6.

4.5.1 Reparación de fisuras y grietas verticales en muros de contención de agua

Se identificaron fisuras y grietas en los muros y tolvas de los 4 sedimentadores: Sedimentador 1A, sedimentador 1B, sedimentador 2A, sedimentador 2B, sedimentador 3A, sedimentador 3B, sedimentador 4A y sedimentador 4B.

Caso N°1: Para fisuras verticales con ancho de hasta 0.6mm de espesor, en la cara interior del muro, y previo vaciado del agua del sedimentador, se propone utilizar el método de reparación con revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada las fisuras verticales en las caras interiores del muro, con un disco de copa lijar el concreto en la misma dirección de las fisuras en forma de baden a una profundidad de 2.5mm y un ancho de 10mm.
- ii. Limpiar con escobilla y agua a chorro la superficie para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.
- iii. La zona de soporte a reparar debe mantenerse húmedo, sin llegar a estar mojado, y conservar una temperatura no menor a 8 °C.
- iv. Preparar el revestimiento cementoso monocomponente (AQUACRET 2K), de acuerdo a ficha técnica (VER ANEXO)
- v. Aplicar la mezcla homogénea AQUACRET 2K sobre la superficie preparada en dos capas mediante brocha. La aplicación de la segunda capa se realiza una vez que la primera haya secado al tacto. El tiempo de

espera entre capas: 4 - 6 horas, dependiendo de la temperatura y humedad. La segunda capa debe exceder el ancho en 1”.

- vi. No requiere curado.

Caso N°2: Para fisuras verticales con un ancho de hasta 0.4mm de espesor, en la cara exterior del muro, en las cuales no hay contacto directo con el agua, pero hay presencia de humedad, se propone utilizar el método de reparación con impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C1), de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada las fisuras verticales exteriores del muro, se procede a limpiar la superficie a fondo antes de la instalación con una pistola de agua de alta presión para realizar la limpieza de la superficie.
- ii. Es importante mantener la superficie húmeda sin apariencia de agua, para que las partículas de cristalización penetren por los poros y fisuras ya humedecidos y en contacto con el agua se cristalicen y sellen los puntos de filtración de agua.
- iii. Preparar la pasta impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) según ficha técnica (ver anexo x)
- iv. Utilice brocha para pintar uniformemente sobre la superficie a reparar, espere al término de la primera capa, hasta que la superficie este seca.
- v. Luego iniciamos con la segunda capa de AQUACRET C-1, si el intervalo es superior a 12 horas, use atomizador de agua para rociar en la superficie, luego aplique la siguiente capa hasta lograr el acabo deseado.
- vi. Con atomizador de agua curar la zona reparada durante no menos de 72 horas, el mejor período de curado es de 2 días.

Caso N°3: Para grietas verticales pasantes con abertura mayor a 0.07mm de espesor, en cara interior del muro y previo vaciado del agua del sedimentador, se propone utilizar el método de reparación con sello impermeable de juntas (AQUACRET ZED SEAL) y revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K) en la cara interior del muro, de la siguiente manera:

- i. Con un disco de corte retiramos la sección de concreto de un ancho de 10mm por una profundidad de 30mm de tal manera que quede un canal rectangular a lo largo de la grieta.

- ii. Limpiar a fondo la superficie del canal para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.
- iii. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las paredes laterales del canal.
- iv. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las ranuras laterales del Sello ZED SEAL.
- v. El sello ZED SEAL deberá ser fabricado a un 25% mas ancho de la abertura del canal, para que trabaje a compresión.
- vi. Con las manos enguantadas o con herramientas, comprimir e instalar el Sello ZED SEAL dentro del canal de profundidad por debajo de la superficie. Inmediatamente remueva el exceso del adhesivo epóxico de la superficie superior de la junta con una paleta llana limpia a fin de no dañar el sello y que permita el libre movimiento.
- vii. El exceso del adhesivo epóxico debe ser limpiado de la superficie del sello ZED SEAL.
- viii. Posterior a la colocación del sello ZED SEAL y secado del epóxico, colocar dos capas de AQUACRET 2K en dos tiempos sobre la superficie de reparación aumentando 2" por cada lado, para asegurar el control de flujo de filtraciones de agua.

Caso N°4: En el caso de que la estructura este con agua, la reparación de la fisura y/o grieta se realiza por la parte exterior del muro para detener la filtración de agua, se plantea emplear el método de reparación con inyección de resina monocomponente reactiva de agua (CARBONO U PLUS) de la siguiente manera:

- i. Ubicamos la fisura y/o grieta zona de filtración de agua, procedemos a marcar los puntos de perforación de manera intercalada y en zic zac al costado de la fisura.
- ii. Con un soplete limpiar a fondo la abertura perforada, eliminando todo el polvo y suciedad.
- iii. Seguidamente con una comba de goma instalamos los packers en las aberturas realizadas en el muro, para la inyección de CARBOSTOP U-PLUS.
- iv. A travez de los packers y utilizando bombas manuales o motorizadas inyectar el CARBOSTOP U-PLUS. Al interactuar con el agua la mezcla

reacciona, se expande fuertemente y endurece, controlando las filtraciones de agua.

4.5.2 Reparación de fisuras y grietas horizontales

Se identificaron fisuras y grietas horizontales en las losas de fondo de los canales de agua floculada, canal de agua decantada y canal de interconexión. Se deberán vaciar por completo el agua de los canales para la reparación.

Caso N°1: Para fisuras horizontales con un ancho de hasta 0.7mm de espesor, en la cara superior de la losa de fondo, se propone emplear el método de reparación con revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada las fisuras horizontales en la losa de fondo, con un disco de copa retirar el concreto a lo largo de la fisura en forma de baden a una profundidad de 3mm y un ancho de 10mm.
- ii. Realizar la limpieza de la superficie con escobilla y agua a presión, para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.
- iii. La zona de soporte a reparar agua a presión, con el fin de retirar cualquier agente, deberá mantenerse húmedo, sin llegar a estar saturado, y conservar una temperatura no menor a 8°C.
- iv. Preparar el revestimiento cementoso monocomponente (AQUACRET 2K) de acuerdo a ficha técnica.
- v. Aplicar la mezcla homogénea de AQUACRET 2K en dos capas mediante brocha. La aplicación de la segunda capa se realiza una vez que la primera haya secado al tacto. El tiempo de espera entre capas: 4 - 6 horas, dependiendo de la temperatura y humedad. La segunda capa debe exceder el ancho de la superficie en 2".
- vi. No requiere curado.

Caso N °2: Para grietas horizontales pasantes con abertura mayor a 0.07mm de espesor, se propone utilizar el método de reparación con sello impermeable de juntas (AQUACRET ZED SEAL) y revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

- i. Con un disco de corte retiramos la sección de concreto de un ancho de 10mm por una profundidad de 30mm de tal manera que quede un canal rectangular a lo largo de la grieta.
- ii. Limpiar a fondo la superficie del canal para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.
- iii. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las paredes laterales del canal.
- iv. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las ranuras laterales del Sello ZED SEAL.
- v. El sello ZED SEAL deberá ser fabricado a un 25% más ancho de la abertura del canal, para que trabaje a compresión.
- vi. Con las manos enguantadas o con herramientas, comprimir e instalar el Sello ZED SEAL dentro del canal de profundidad por debajo de la superficie. Inmediatamente remueva el exceso del adhesivo epóxico de la superficie superior de la junta con una paleta llana limpia a fin de no dañar el sello y que permita el libre movimiento.
- vii. El exceso del adhesivo epóxico debe ser limpiado de la superficie del sello ZED SEAL.
- viii. Posterior a la colocación del sello ZED SEAL y secado del epóxico, colocar dos capas de AQUACRET 2K en dos tiempos sobre la superficie de reparación aumentando 2" por cada lado, para asegurar el control de flujo de filtraciones de agua.

4.5.3 Reparación de juntas frías verticales y horizontales

Caso N° 1: Para juntas frías con abertura mayor a 0.07mm de espesor, se propone utilizar el método de reparación con sello impermeable de juntas (aquacret zed seal) y revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

- i. Con un disco de corte retiramos la sección de concreto de un ancho de 10mm por una profundidad de 30mm de tal manera que quede un canal rectangular a lo largo de la junta fría.
- ii. Limpiar a fondo la superficie del canal para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.

- iii. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las paredes laterales del canal.
- iv. Aplicar el adhesivo epóxico ZED SEAL generosamente sobre las ranuras laterales del Sello ZED SEAL.
- v. El sello ZED SEAL deberá ser fabricado a un 25% más ancho de la abertura del canal, para que trabaje a compresión.
- vi. Con las manos enguantadas o con herramientas, comprimir e instalar el Sello ZED SEAL dentro del canal de profundidad por debajo de la superficie. Inmediatamente remueva el exceso del adhesivo epóxico de la superficie superior de la junta con una paleta llana limpia a fin de no dañar el sello y que permita el libre movimiento.
- vii. El exceso del adhesivo epóxico debe ser limpiado de la superficie del sello ZED SEAL.
- viii. Posterior a la colocación del sello ZED SEAL y secado del epóxico, colocar dos capas de AQUACRET 2K en dos tiempos sobre la superficie de reparación aumentando 2" por cada lado, para asegurar el control de flujo de filtraciones de agua.

4.5.4 Reparación de cangrejeras en juntas frías horizontales

Se identificaron cangrejeras en juntas frías entre las tolvas y muros de todos los sedimentadores, para esta reparación se deberán vaciar el agua en su totalidad.

Caso N° 1: Para cangrejeras, se plantea emplear el método de reparación con mortero de reparación hormigón vertical elevado que no se cuelga (aquacret mortar – rv), revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K) y impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) de la siguiente manera:

- i. Una vez identificada la cangrejera, con un martillo demoledor procedemos a retirar el concreto suelto hasta encontrar concreto firme, si se encuentra acero de refuerzo picar hasta detrás del acero.
- ii. Para una adhesión adecuada, el sustrato de concreto debe tener un perfil de agregado fracturado. Todo el refuerzo de acero expuesto debe limpiarse hasta obtener un acabado de metal blanco e imprimarse con una capa anticorrosión.

- iii. Sopletear la zona picada y usar pistola de agua a presión, con el fin de retirar cualquier agente de la superficie, eliminar el polvo y mantener humedad la zona a reparar.
- iv. Seguidamente aplicar impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) en la superficie húmeda y en la barra de acero expuesto para protegerla del ataque de cloruros y corrosión respectivamente. Además, que sirve como adherente para el mortero reparador (AQUACRET MORTAR – RV)
- v. Seguidamente colocar el mortero de reparación (AQUACRET MORTAR – RV) en capas de 10cm de espesor hasta alcanzar la superficie del sustrato. Para una unión mecánica óptima en sucesivas capas, marque minuciosamente cada capa y permita que adquiera el fraguado inicial antes de proceder con la aplicación de la siguiente capa. El tiempo de espera entre capas: 2 - 3 horas.
- vi. Finalmente colocamos dos capas de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K) en dos tiempos sobre la superficie de reparación para proteger y aislar la zona reparada del agua.

4.5.5 Reparación de alambre expuesto

Se identificaron alambre expuestos procedentes del amarre de la malla de acero en los muros interiores y exteriores de los sedimentadores.

Caso N° 1: Para reparar y extraer el alambre expuesto, se propone utilizar el método de reparación con mortero de reparación hormigón vertical elevado que no se cuega (AQUACRET MORTAR – RV) y impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada el alambre expuesto, con un cincel procedemos a retirar el alambre picando el concreto hasta llegar a la armadura de acero para reparar todo el espesor del recubrimiento.
- ii. Sopletear la zona picada y usar pistola de agua a presión, para eliminar cualquier agente de la superficie, eliminar el polvo y mantener húmeda la zona a reparar.
- iii. Seguidamente aplicar impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) en la superficie húmeda y en la barra de acero expuesto para

protegerla del ataque de cloruros y corrosión respectivamente. Además, que sirve como adherente para el mortero de reparación (AQUACRET MORTAR – RV)

- iv. Seguidamente colocar el mortero de preparación (AQUACRET MORTAR – RV) hasta alcanzar la superficie del sustrato.

4.5.6 Reparación de eflorescencia y/o humedad en muros

Se identificaron eflorescencia y/o humedad en los muros de los sedimentadores.

Caso N° 1: Para eflorescencia y/o humedad, para ambas caras del muro, se propone utilizar el método de reparación con impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C1), de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada la eflorescencia y/o humedad del muro, se procede a lijar la superficie y limpiar a fondo antes de la instalación.
- ii. Mantener la superficie húmeda sin apariencia de agua.
- iii. Preparar la pasta impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1) según ficha técnica.
- iv. Utilice brocha para pintar uniformemente sobre la superficie a reparar, espere al término de la primera capa, hasta que la superficie este seca.
- v. Luego iniciamos con la segunda capa de AQUACRET C-1 en sentido perpendicular a la primera capa, si el intervalo es superior a 12 horas, use atomizador de agua para rociar en la superficie, luego aplique la siguiente capa hasta lograr el acabo deseado.
- vi. Con atomizador de agua curar la zona reparada durante no menos de 72 horas, el mejor período de curado es de 2 días.

4.5.7 Reparación de obturadores de estanqueidad

Se identificaron filtración por obturadores de estanqueidad en los muros de los sedimentadores. Para reparación de obturadores de estanqueidad se realizará en dos casos, el primero para reparación de obturadores de estanqueidad en caras interiores del muro y el segundo caso para reparación de obturadores de estanqueidad en cara exteriores del muro. Cabe mencionar que durante el diagnostico no se encontró el accesorio Anillo Obturador o Roseta de estanqueidad de PVC, encontrándose solo el

tubo de PVC distanciador, el cual se utilizó como separador de encontrado y un tapón de PVC.

Caso N° 1: Para reparación de obturadores de estanqueidad en caras interiores del muro, se propone utilizar el método de reparación con mortero de reparación hormigón vertical elevado que no se cuelga (AQUACRET MORTAR – RV), impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C1) y revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K) de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada el punto de filtración por el obturador de estanqueidad procedemos a picar y retirar el concreto en forma de cono hasta encontrar el tubo de PVC.
- ii. Limpiamos el tubo de PVC y colocamos un tapón a presión con pegamento PVC azul.
- iii. Seguidamente sopletear la zona picada y usar pistola de agua a presión, para eliminar cualquier agente de la superficie, eliminar el polvo y mantener húmeda la zona a reparar.
- iv. Con una brocha colocar en la superficie a reparar una capa generosa de impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C1) para sellar los poros por cristalización y a su vez como adherente para el mortero reparador.
- v. Seguidamente colocar el mortero de reparación (AQUACRET MORTAR – RV) hasta alcanzar la superficie del sustrato.
- vi. Una vez fraguado el mortero de reparación (AQUACRET MORTAR – RV), humedecer y colocar dos capas de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), para proteger la reparación del agua.

Caso N°02: En el caso de que la estructura este con agua, la reparación del obturador para detener la filtración de agua se hará por la cara exterior del muro, se propone utilizar el método de reparación con waterstop expandible VELOSIT WS 801 y mortero de reparación de fraguado rapido (WATER PLUG) de la siguiente manera:

- i. Una vez ubicada el punto de filtración por el obturador de estanqueidad procedemos a picar y retirar el concreto en forma de cono hasta encontrar el tubo de PVC.
- ii. Limpiamos el tubo de PVC y colocamos una tira de 5cm de waterstop expandible VELOSIT WS 801 doblado y colocado al fondo del tubo hasta tener contacto con el tapón interno, de tal manera que cuando tenga

contacto con agua se expanda y taponee el tubo para controlar la filtración de agua.

- iii. Seguidamente rellenamos el tubo con mortero de reparación de fraguado rápido (WATER PLUG) hasta el nivel del sustrato.

4.5.8 Reparación y sellado de contorno de tubería de succión de lodos

Se identifico fisuras en el contorno de las tuberías de succión de lodos, las cuales se encuentra en las tolvas de cada sedimentador.

Caso N° 1: Para la reparación y sellado de contorno de tubería HDP de succión de lodos, se propone utilizar el método de reparación con waterstop expandible VELOSIT WS 801, mortero de reparación hormigón vertical elevado que no se cuelga (AQUACRET MORTAR – RV) y revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

- i. Ingresamos a las tolvas y ubicamos la tubería HDP de succión de lodos, procedemos a retirar el concreto desprendido al contorno del tubo a una profundidad de 10cm como mínimo.
- ii. Limpiamos la zona picada con agua a presión para eliminar restos de polvo, seguidamente limpiamos el tubo HDP.
- iii. Una vez limpio la superficie procedemos a colocar una capa de impermeabilizante por cristalización (AQUACRET C-1).
- iv. Una vez limpio el tubo HDP, colocamos en la parte inferior superior del tubo la tira de waterstop expandible VELOSIT WS 801 al rededor del tubo con un traslape de 10cm, fijando ambos extremos del con cianoacrilato y se le mantiene fijo unos segundos. El traslape asegura la estanqueidad de los extremos evitando se produzca un vacío.
- v. Una vez instalado el waterstop expandible VELOSIT WS 801, en superficie húmeda, rellenamos el contorno del tubo y cubriendo por completo la tira de waterstop expandible VELOSIT WS 801 con mortero de reparación (AQUACRET MORTAR – RV) hasta la superficie inicial del tubo HDP y esperamos que fragüe.
- vi. Posterior al fraguado del mortero de reparación, humedecemos la superficie y colocamos dos capas de revestimiento cementoso impermeabilizante elástico – bicomponente (AQUACRET 2K), para proteger la reparación del agua.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

4.1 Discusión de la inspección preliminar y detallada

4.1.1 Discusión de la inspección preliminar

Los resultados de la inspección preliminar realizada en los sedimentadores de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana evidencian que el concreto de estas estructuras se encuentra sometido a un entorno de servicio químicamente agresivo, asociado directamente a los agentes químicos empleados en el proceso de potabilización del agua. Estos productos, incorporados durante la etapa de mezcla rápida, son transportados por el sistema hidráulico hasta las unidades de sedimentación, estableciendo un contacto permanente con los muros y losas de concreto, condición que resulta crítica para la durabilidad de estructuras hidráulicas.

Entre los principales agentes químicos identificados se encuentran el sulfato de aluminio, la cal hidratada, el polímero catiónico, el polímero aniónico y el cloruro férrico, los cuales cumplen funciones esenciales de coagulación, floculación y corrección de pH. No obstante, la exposición continua del concreto a estos compuestos constituye un factor relevante en la agresividad química del ambiente, ya que puede alterar las condiciones fisicoquímicas del agua en contacto con el concreto, incrementando el riesgo de deterioro a mediano y largo plazo (Mehta y Monteiro, 2014).

El sulfato de aluminio, utilizado como coagulante, aporta sulfatos al medio, los cuales pueden reaccionar con los productos de hidratación del cemento, principalmente con el aluminato tricálcico, generando productos expansivos como la etringita secundaria. Este mecanismo puede provocar fisuración, pérdida de cohesión y reducción de la durabilidad del concreto, especialmente en ambientes con humedad permanente, como los sedimentadores (Neville, 2011; Mehta y Monteiro, 2014). Estas reacciones químicas son coherentes con las patologías observadas durante la inspección preliminar.

Por su parte, la cal hidratada, empleada para la corrección del pH, contribuye inicialmente a mantener un medio alcalino favorable para la protección del acero de refuerzo. Sin embargo, una exposición prolongada o una dosificación inadecuada puede favorecer procesos de lixiviación del hidróxido de calcio presente en la pasta de cemento, incrementando la porosidad del concreto y facilitando la penetración de agentes agresivos, lo que afecta negativamente su durabilidad (Neville, 2011).

En cuanto a los polímeros catiónicos y aniónicos, aunque no producen un ataque químico directo al concreto, su acumulación sobre las superficies puede favorecer la retención de humedad y de residuos orgánicos, prolongando el tiempo de contacto del concreto con agentes agresivos. Esta condición puede intensificar el deterioro superficial y acelerar la progresión de las patologías observadas, especialmente cuando actúa de manera conjunta con sulfatos y cloruros (ACI Committee 201, 2016).

Finalmente, el cloruro férrico, utilizado como coagulante, constituye una fuente potencial de cloruros en el sistema. La presencia de cloruros en condiciones de humedad permanente representa uno de los factores más críticos para la durabilidad del concreto armado, ya que puede despasivar la capa protectora del acero de refuerzo e iniciar procesos de corrosión. Este fenómeno se manifiesta comúnmente mediante fisuración longitudinal, desprendimiento del recubrimiento y pérdida de sección del acero, patologías compatibles con las observadas durante la inspección preliminar (ACI Committee 222, 2014).

En conjunto, el análisis de los agentes químicos utilizados en el proceso de potabilización del agua permite establecer una relación directa entre las condiciones de operación de la planta y las patologías de concreto identificadas en los sedimentadores. Esta discusión sustenta técnicamente que el deterioro observado no responde a un único factor aislado, sino a la acción combinada de un ambiente químicamente agresivo, exposición permanente al agua y deficiencias constructivas, lo cual justifica la necesidad de implementar medidas de reparación y protección orientadas a mejorar la durabilidad y vida útil de las estructuras evaluadas.

En conjunto, el análisis de los agentes químicos utilizados en el proceso de potabilización del agua permite establecer una relación directa entre las condiciones de operación de la planta y las patologías de concreto identificadas en los sedimentadores. El deterioro observado no responde a un único factor aislado, sino a la acción combinada de un ambiente químicamente agresivo, exposición permanente al agua y deficiencias constructivas, lo que justifica la necesidad de implementar medidas de reparación y protección orientadas a mejorar la durabilidad y prolongar la vida útil de las estructuras evaluadas

4.1.2 Discusión de la inspección detallada

Las propiedades del concreto se evaluaron mediante la aplicación de ensayos de laboratorio. Para ello, se efectuó la extracción de testigos de concreto utilizando perforación diamantina, obteniéndose los siguientes resultados:

Resistencia a compresión mediante testigos de concreto. La Norma E.060 Concreto Armado, en su numeral 5.6.5.4, establece que la calidad del concreto se considera aceptable cuando el promedio de la resistencia de tres núcleos de concreto es igual o superior al 85 % de la resistencia especificada ($f'c$), y siempre que ninguno de los núcleos presente una resistencia menor al 75 % de dicho valor. De acuerdo con los resultados obtenidos, las muestras 1, 2, 3 y 4 presentan una resistencia admisible $>85\%$ de $f'c$ cumpliendo con los estándares de la normativa como se muestra en la tabla 38.

Tabla 39

Comparación de resultados de resistencia a compresión mediante testigos de concreto

Muestra	Descripción	Resultado de rotura $f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ de diseño (kg/cm ²)	$f'c$ al 85% (kg/cm ²)	$f'c$ al 75% (kg/cm ²)	Observación
1	Núcleo de concreto 1 (Sedimentador 1)	378,83	280	238	210	Cumple
2	Núcleo de concreto 2 (Sedimentador 2)	379,17	280	238	210	Cumple
3	Núcleo de concreto 3 (Sedimentador 3)	657,00	280	238	210	Cumple
4	Núcleo de concreto 4 (Sedimentador 4)	276,05	280	238	210	Cumple

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

Resistencia a compresión mediante esclerómetro. La evaluación del concreto mediante esclerómetro se realizó conforme a la norma ASTM C805/C805M, la cual regula el procedimiento del ensayo no destructivo basado en el número de rebote. Este método permite únicamente una estimación indirecta de la resistencia a compresión del

concreto, por lo que los resultados obtenidos no constituyen un criterio normativo de aceptación, debiendo ser corroborados mediante ensayos destructivos, conforme a la Norma E.060. En este contexto, las lecturas de esclerómetro efectuadas en los muros de los sedimentadores arrojaron valores de resistencia estimada superiores a la resistencia de diseño, lo que indica un comportamiento mecánico favorable del concreto evaluado. Ver tabla 39.

Tabla 40

Comparación de resultados de resistencia a compresión mediante esclerómetro.

N.º	Descripción de la estructura	Resultado de lectura f'c (kg/cm ²)	f'c de diseño (kg/cm ²)	Observación
1	Sedimentador 1A	366,00	280	Cumple
2	Sedimentador 1B	345,00	280	Cumple
3	Sedimentador 2A	330,00	280	Cumple
4	Sedimentador 2B	330,00	280	Cumple
5	Sedimentador 3A	380,00	280	Cumple
6	Sedimentador 3B	430,00	280	Cumple
7	Sedimentador 4A	380,00	280	Cumple
8	Sedimentador 4B	392,00	280	Cumple

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

La absorción del concreto. Los resultados del ensayo de absorción evidencian diferencias en el comportamiento del concreto evaluado. De acuerdo con los criterios técnicos de durabilidad propuestos por el *ACI 201.2R* y las recomendaciones de *RILEM*, aplicables a estructuras hidráulicas en contacto permanente con agua, se considera adecuado un porcentaje de absorción $\leq 5\%$, aceptable con observaciones entre 5% y 7% , y no recomendable cuando supera el 7% . En este contexto, la muestra 1 presenta un porcentaje de absorción superior al límite recomendado, lo que sugiere una mayor porosidad y un potencial riesgo de filtraciones. Por el contrario, las muestras 3 y 4, aunque se encuentran dentro del rango aceptable, requieren medidas complementarias de control de fisuración y protección superficial para asegurar su durabilidad a largo plazo. Ver tabla 40.

Tabla 41*Comparación de resultados de absorción en el concreto*

N.º de Muestra	Descripción	% de absorción	Observación
1	Núcleo 1 (Sedimentador 1)	7.93	>7% No recomendable
3	Núcleo 3 (Sedimentador 3)	6.61	5 – 7% Aceptable con observación
4	Núcleo 4 (Sedimentador 4)	6.36	5 – 7% Aceptable con observación

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

Profundidad de carbonatación. Los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio para la determinación de la profundidad de carbonatación evidencian que el concreto evaluado se encuentra no carbonatado. La ausencia de un frente significativo de carbonatación indica que el pH del concreto se mantiene en valores alcalinos, condición indispensable para preservar la capa pasiva que protege al acero de refuerzo frente a la corrosión.

Este comportamiento concuerda con lo establecido por el American Concrete Institute, el cual señala que mientras el concreto conserve su alcalinidad natural, la armadura permanece protegida por una película de óxido estable, reduciendo de manera significativa el riesgo de corrosión (ACI Committee 201, 2016).

Asimismo, la condición de concreto no carbonatado puede asociarse a un adecuado espesor de recubrimiento, una baja permeabilidad y una correcta calidad del concreto, factores que limitan la difusión del dióxido de carbono hacia el interior del elemento estructural. En este sentido, el ACI indica que concretos densos y bien curados presentan una mayor resistencia al avance del frente de carbonatación, lo que favorece su durabilidad a largo plazo (ACI Committee 222, 2010).

En consecuencia, desde el punto de vista de la durabilidad, los resultados del ensayo confirman que el concreto evaluado presenta un comportamiento satisfactorio frente al fenómeno de carbonatación, sin evidenciar condiciones que propicien la despasivación del acero de refuerzo ni el inicio de procesos de corrosión.

Determinación del pH. El ensayo de profundidad de carbonatación evidenció que el concreto evaluado se encuentra no carbonatado, lo que indica que no existe un frente

de carbonatación significativo que comprometa el recubrimiento ni la protección del acero de refuerzo. Sin embargo, la determinación del pH realizada en una muestra de concreto en laboratorio arrojó un valor de 6,7 inferior al rango alcalino característico del concreto en condiciones normales. Ver tabla 41.

Esta diferencia puede explicarse por el método de preparación de la muestra para el ensayo de pH, el cual implica la trituración o disolución parcial del concreto, exponiendo fases cementicias ya hidratadas y productos de reacción que pueden modificar el valor medido del pH respecto al estado real de la concreta in situ. En este sentido, el American Concrete Institute (ACI) señala que los valores de pH obtenidos en ensayos de laboratorio sobre muestras pulverizadas pueden no representar directamente la alcalinidad efectiva del concreto endurecido en servicio.

En consecuencia, el valor de pH obtenido debe interpretarse con cautela y de manera complementaria a los resultados del ensayo de carbonatación. La ausencia de carbonatación significativa confirma que la concreta conserva su capacidad de protección del acero de refuerzo, por lo que no se evidencia una condición inmediata de riesgo de corrosión.

Tabla 42

Comparación de resultados de determinación de pH en el concreto

N.º de Muestra	Descripción	Resultado de pH	Norma ACI	Observación
1	Núcleo 1 (Sedimentador 1)	6,7	12 – 13	No cumple

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

Determinación de cloruros. El ensayo de laboratorio para la determinación del contenido de ion cloruro (Cl^-), realizado sobre una muestra de concreto endurecido, arrojó un valor de 0,6875 %. Este resultado evidencia una concentración elevada de cloruros desde el punto de vista de la durabilidad y la protección del acero de refuerzo. Ver tabla 42.

En particular, el ACI 318-19 establece un contenido máximo de 0,15 % de Cl^- para concreto armado, mientras que el ACI 222R-01 señala que valores superiores a 0,10–0,15 % incrementan significativamente la probabilidad de inicio de corrosión del acero de refuerzo, por ello el resultado obtenido representa una condición potencialmente crítica para la durabilidad del elemento estructural.

En consecuencia, aunque el ensayo fue realizado sobre una muestra puntual en laboratorio, el elevado contenido de cloruros determinado constituye un indicio relevante de vulnerabilidad frente a procesos de corrosión, especialmente si se combina con condiciones de humedad permanente u otros factores desfavorables.

Tabla 43

Comparación de resultados de determinación de cloruros en el concreto

N.º de Muestra	Descripción	% Cloruros	Norma ACI Ion de cloruro en %	Observación
4	Núcleo 4 (Sedimentador 4)	0,687	0,15	No cumple

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

Determinación de sulfatos. La Norma Técnica E.060 – Concreto Armado, en su sección 4.3.1, establece los límites de contenido de sulfatos admisibles en el concreto en función del tipo de exposición ambiental, con el objetivo de prevenir procesos de deterioro químico que comprometan la durabilidad de los elementos estructurales. En el presente estudio, el ensayo de laboratorio para la determinación de sulfatos, realizado sobre un núcleo de concreto extraído del muro de un sedimentador, arrojó un valor de 5527 ppm, lo que evidencia una concentración elevada de este agente agresivo.

De acuerdo con la clasificación de exposición establecida por la norma E.060, el sedimentador se encuentra en un ambiente agresivo moderado expuesto a sulfatos, para el cual se establece un límite permisible entre 150 y 1500 ppm. En este contexto, el valor determinado en laboratorio supera ampliamente el rango normativo, lo que indica una condición desfavorable desde el punto de vista de la durabilidad del concreto. Ver tabla 43.

Esta concentración elevada de sulfatos resulta particularmente crítica considerando la exposición permanente al agua característica de los muros del sedimentador, ya que dicha condición favorece las reacciones químicas entre los sulfatos y los productos de hidratación del cemento.

Tabla 44

Comparación de los resultados de determinación de sulfatos en el concreto

N.º de Muestra	Descripción	Sulfatos (ppm)	Norma ACI Sulfatos (ppm)	Observación
4	Núcleo 4 (Sedimentador 4)	5527	150 - 1500	No cumple

Nota. Resultados obtenidos a partir de ensayos realizados en un laboratorio certificado.

4.2 Discusión de la evaluación de patologías

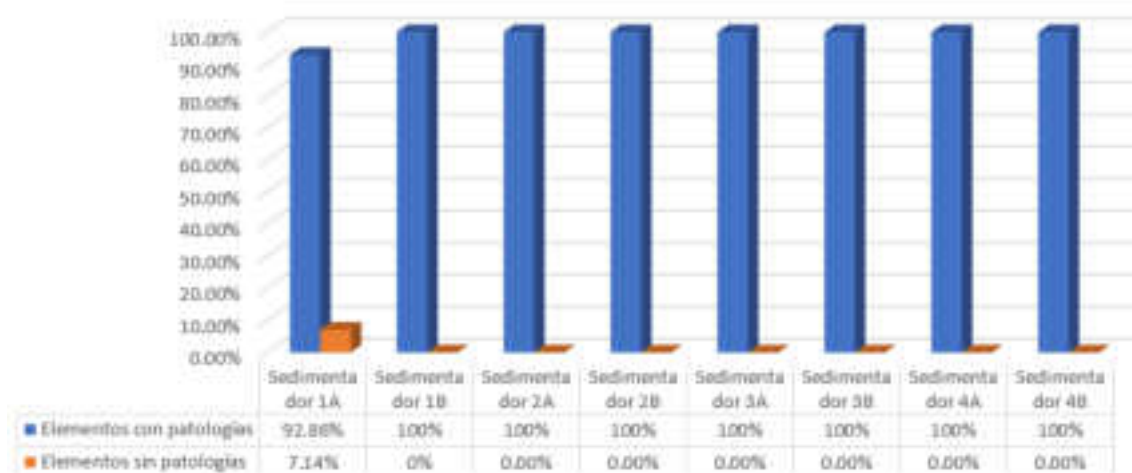
4.2.1 Discusión de selección de elementos con patología

El análisis de la selección de elementos con patologías por sedimentadores evidencia una alta incidencia de deterioro en los elementos estructurales evaluados. De acuerdo con los resultados presentados, los sedimentadores 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A y 4B presentan un 100 % de elementos con patologías, lo que indica una afectación generalizada en estos componentes. En contraste, el sedimentador 1A muestra un 92,86 % de elementos con patologías, registrando únicamente un 7,14 % de elementos sin afectación aparente.

Estos resultados ponen de manifiesto que la presencia de patologías en los sedimentadores no es un fenómeno aislado, sino una condición recurrente que compromete la mayor parte de los elementos estructurales analizados. La elevada proporción de elementos afectados puede estar asociada a las condiciones de exposición permanente al agua, a la acción de agentes químicos agresivos, factores que favorecen el deterioro progresivo del concreto.

La ausencia total de elementos sin patologías en la mayoría de los sedimentadores evaluados sugiere un avance significativo de los mecanismos de deterioro, lo cual coincide con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, tales como la determinación de cloruros, sulfatos y pH, que evidencian condiciones potencialmente desfavorables para la durabilidad del concreto.

En este contexto, los resultados del cuadro analizado justifican la necesidad de formulación de una propuesta de reparación y medidas de protección, orientadas a mitigar la progresión de las patologías existentes y a garantizar el adecuado desempeño y vida útil de los sedimentadores.

Tabla 45*Selección de elementos de concreto con patologías*

Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto presentadas en el Anexo 4 y en las Tablas 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27.

4.2.2 Discusión de nivel de severidad de los elementos con patologías

Sedimentador 1A. En el sedimentador 1A, los muros presentan predominantemente patologías de severidad leve (50 %), seguidas de un 25 % de severidad moderada, mientras que un 25 % de los elementos no presenta patologías, lo que sugiere un estado de deterioro incipiente y aún controlable en este componente. Ver tabla 45.

En contraste, las tolvas del sedimentador 1A muestran un 100 % de patologías severas, lo que indica un nivel avanzado de deterioro. Esta condición puede asociarse a la mayor exposición a agentes agresivos, acumulación de sedimentos y contacto prolongado con agua, factores que aceleran los mecanismos de degradación del concreto en este tipo de elementos. Ver tabla 45.

Sedimentador 1B. En el sedimentador 1B, los muros presentan una mayor afectación, con un 75 % de patologías leves y un 25 % de patologías severas, evidenciando una progresión del deterioro respecto al sedimentador 1A. Esta situación sugiere que, si bien una parte significativa de las patologías aún se encuentra en etapas iniciales, ya se observan manifestaciones que comprometen de manera más seria la integridad del elemento. Ver tabla 45.

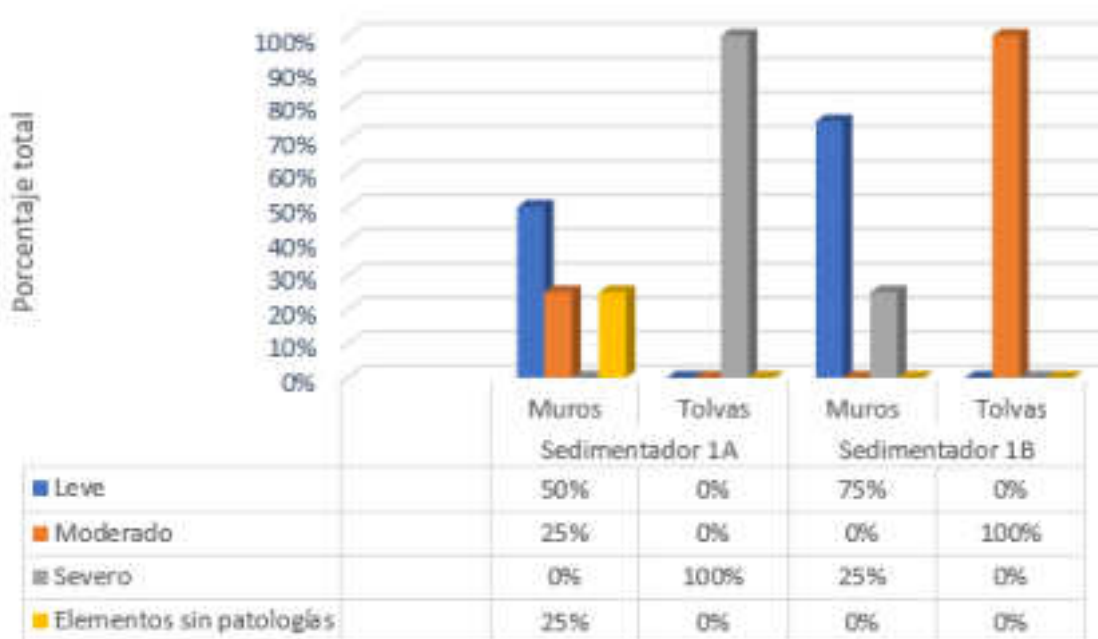
De manera más crítica, las tolvas del sedimentador 1B registran un 100 % de patologías de severidad moderada, lo que refleja una afectación generalizada que, de no ser atendida oportunamente, podría evolucionar hacia estados severos. Esta

condición confirma que las tolvas constituyen los elementos más vulnerables dentro del sistema de sedimentación. Ver tabla 45.

En conjunto, los resultados del cuadro ponen en evidencia que los elementos sometidos a mayores solicitaciones químicas y operativas, como las tolvas, presentan niveles de severidad más elevados en comparación con los muros. Asimismo, se observa una tendencia de incremento del deterioro entre sedimentadores, lo que refuerza la necesidad de priorizar intervenciones de reparación y medidas de protección, especialmente en aquellos elementos que ya presentan patologías moderadas y severas, con el fin de evitar la pérdida progresiva de funcionalidad y durabilidad de la estructura. Ver tabla 45.

Tabla 46

Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 1A y 1B



Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto presentadas en el Anexo 4 y en las Tablas 29 y 30.

Sedimentador 2A. Los muros en el sedimentador 2A presentan predominantemente patologías de severidad leve (75 %), seguidas de un 25 % de severidad severa, lo que indica la coexistencia de deterioros incipientes y manifestaciones más avanzadas. Esta distribución sugiere que, si bien una parte importante de los muros aún conserva un estado relativamente aceptable, existen zonas

puntuales que requieren atención prioritaria para evitar la progresión del daño. Ver tabla 46.

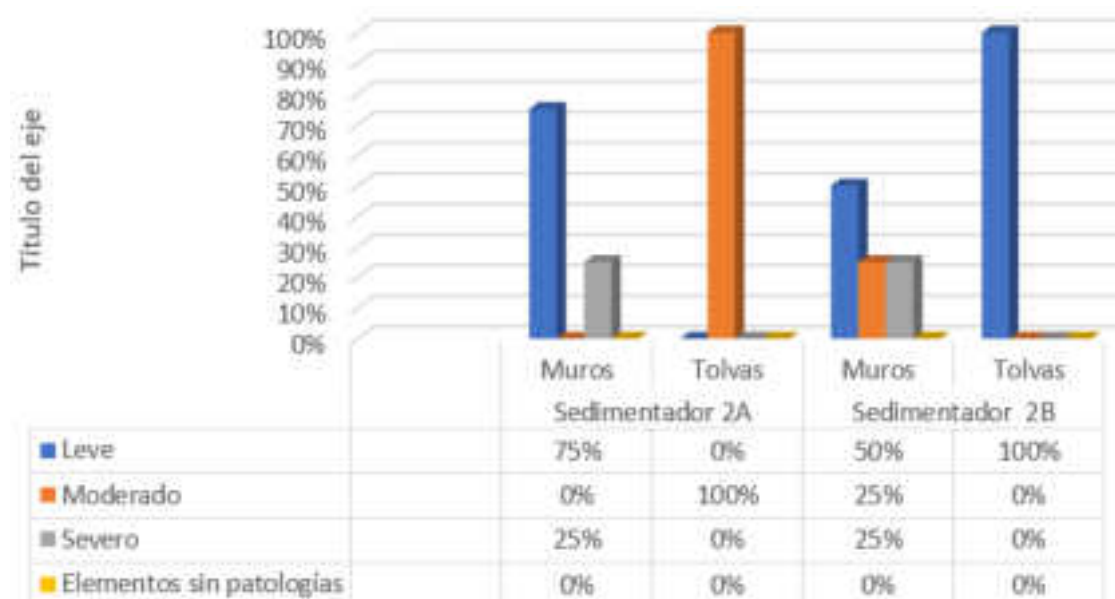
En contraste, las tolvas del sedimentador 2A registran un 100 % de patologías de severidad moderada, lo que refleja una afectación generalizada del elemento. Esta condición puede asociarse a la acumulación de sedimentos, la exposición continua al agua y la acción de agentes químicos agresivos, factores que aceleran los procesos de deterioro del concreto en este tipo de componentes.

Sedimentador 2B. En el sedimentador 2B, los muros presentan un 50 % de patologías leves, así como un 25 % de patologías moderadas y un 25 % de patologías severas, evidenciando un mayor grado de heterogeneidad en el nivel de deterioro respecto al sedimentador 2A. Esta distribución indica una evolución progresiva de las patologías, con una proporción significativa de daños que podrían comprometer la durabilidad del elemento si no se adoptan medidas correctivas oportunas. Ver tabla 46.

De manera más crítica, las tolvas del sedimentador 2B presentan un 100 % de patologías de severidad leve, lo que sugiere un estado de deterioro generalizado, aunque aún en una etapa inicial. No obstante, considerando las condiciones de servicio de estos elementos, resulta necesario implementar acciones preventivas que eviten la evolución hacia niveles de severidad superiores. Ver tabla 46.

Tabla 47

Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 2A y 2B



Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto presentadas en el Anexo 4 y en las Tablas 31 y 32.

Sedimentador 3A y 3B. El análisis del nivel de severidad de las patologías identificadas en los elementos estructurales del sedimentador 3 evidencia un patrón homogéneo de deterioro entre los módulos 3A y 3B, así como una clara diferenciación entre muros y tolvas. En ambos sedimentadores, los muros presentan una distribución equitativa entre patologías de severidad leve (50 %) y moderada (50 %), lo que indica un estado de deterioro intermedio, caracterizado por manifestaciones que aún no comprometen de forma crítica la capacidad estructural, pero que requieren atención para evitar su progresión. Ver tabla 47.

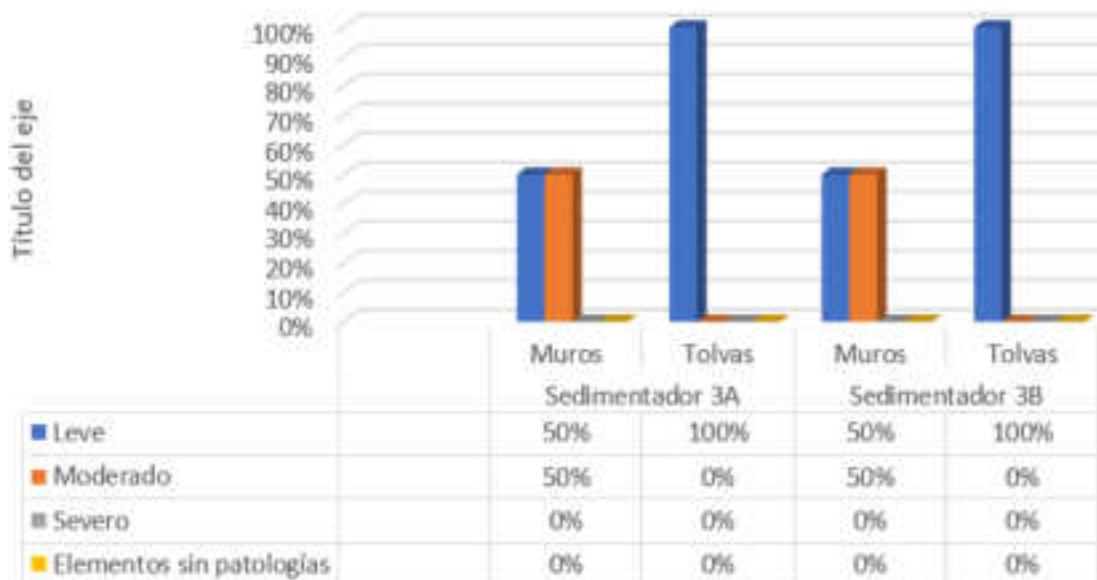
En contraste, las tolvas de los sedimentadores 3A y 3B muestran un 100 % de patologías de severidad leve, lo que sugiere que, si bien la totalidad de estos elementos presenta algún tipo de afectación, el deterioro se encuentra en una etapa inicial. Esta condición puede asociarse a procesos superficiales de degradación, tales como fisuración incipiente, desgaste del recubrimiento o pérdida localizada de la capa superficial del concreto.

Cabe destacar que en ninguno de los elementos evaluados del sedimentador 3 se identificaron patologías de severidad severa, lo que evidencia que, al momento de la evaluación, el nivel de daño no compromete de manera crítica la integridad estructural del sistema. No obstante, la presencia generalizada de patologías leves y moderadas confirma la necesidad de implementar medidas preventivas y de mantenimiento, orientadas a controlar la evolución del deterioro, especialmente en un ambiente de servicio caracterizado por la exposición permanente al agua y agentes potencialmente agresivos.

En conjunto, los resultados obtenidos para el sedimentador 3 reflejan un estado de conservación relativamente más favorable en comparación con otros sedimentadores evaluados; sin embargo, la recurrencia de patologías en la totalidad de los elementos analizados pone de manifiesto la importancia de establecer un programa de intervención temprana que contribuya a prolongar la vida útil y garantizar el adecuado desempeño funcional de la estructura.

Tabla 48

Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 3A y 3B



Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto presentadas en el Anexo 4 y en las Tablas 33 y 34.

Sedimentador 4A. En el sedimentador 4A, los muros presentan una distribución de patologías concentrada principalmente en el nivel leve (50 %), seguida de un 25 % de severidad moderada y un 25 % de severidad severa, lo que indica un estado de deterioro heterogéneo, con la coexistencia de daños incipientes y manifestaciones avanzadas que requieren atención prioritaria. Ver tabla 48.

En contraste, las tolvas del sedimentador 4A presentan un 100 % de patologías de severidad leve, lo que sugiere que el deterioro identificado se encuentra en una etapa inicial y no compromete de manera inmediata la capacidad estructural del elemento. No obstante, la presencia generalizada de patologías, aun cuando sean leves, confirma la necesidad de implementar medidas preventivas de protección y mantenimiento.

Sedimentador 4B. En el sedimentador 4B, los muros muestran un predominio de patologías de severidad leve (75 %), acompañadas de un 25 % de severidad moderada, sin registrarse patologías severas. Este comportamiento evidencia una condición relativamente más favorable en comparación con los muros del sedimentador 4A, lo que podría asociarse a diferencias en las condiciones de exposición o en el historial de operación y mantenimiento. Ver tabla 48.

De manera similar a lo observado en el módulo 4A, las tolvas del sedimentador 4B presentan un 100 % de patologías de severidad leve, confirmando una tendencia

recurrente de afectación generalizada en estos elementos, aunque aún en fases tempranas de deterioro. Ver tabla 48.

En conjunto, los resultados del sedimentador 4 permiten concluir que las tolvas presentan un comportamiento más uniforme, con patologías predominantemente leves, mientras que los muros muestran una mayor variabilidad en el nivel de severidad, incluyendo la presencia puntual de daños severos. Esta situación refuerza la necesidad de priorizar intervenciones diferenciadas, orientadas a la reparación correctiva de los muros con afectación severa y a la aplicación de estrategias preventivas en las tolvas, con el objetivo de garantizar la durabilidad y el adecuado desempeño funcional de la estructura. Ver tabla 48.

Tabla 49

Nivel de severidad de elementos con patologías del sedimentador 4A y 4B



Nota. Resultados obtenidos con base en las fichas de evaluación de patologías del concreto presentadas en el Anexo 4 y en las Tablas 35 y 36.

4.3 Diagnóstico general

La inspección detallada permitió analizar de manera integral las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto, abarcando los siguientes aspectos:

- La resistencia de concreto en muros es relativamente superior a comparación del $f'c$ de diseño, lo que indica que el concreto desarrollado es más fuerte de lo esperado según el diseño estructural, lo que implica que la estructura tiene un margen adicional de seguridad frente a cargas. Por otro lado, un concreto

demasiado fuerte también puede ser más rígido, lo que puede aumentar la probabilidad de fisuración por retracción o temperatura, aunque esto depende del tipo de mezcla y curado.

- Los resultados del ensayo de absorción permiten diagnosticar un comportamiento heterogéneo del concreto evaluado. La muestra 1 presenta un porcentaje de absorción superior al límite recomendado, lo que indica una elevada porosidad del material y, en consecuencia, un mayor riesgo de ingreso de agua, filtraciones y procesos de deterioro asociados, comprometiendo su durabilidad. En contraste, las muestras 3 y 4 se ubican dentro de los rangos aceptables de absorción; sin embargo, esta condición no descarta la necesidad de implementar medidas complementarias de control de fisuración y protección superficial, a fin de reducir la permeabilidad y garantizar un adecuado desempeño y durabilidad del concreto a largo plazo.
- Los resultados del ensayo de laboratorio para la determinación de la profundidad de carbonatación indican que el concreto evaluado se encuentra en estado no carbonatado, evidenciando la ausencia de un frente significativo de avance de este fenómeno. Esta condición permite diagnosticar que el pH del concreto se mantiene dentro de rangos alcalinos adecuados, lo que garantiza la conservación de la capa pasiva del acero de refuerzo y, en consecuencia, descarta la presencia de una patología activa asociada a la corrosión inducida por carbonatación. En concordancia con los criterios establecidos por el American Concrete Institute, la permanencia de la alcalinidad natural del concreto asegura la estabilidad de la película protectora del acero, reduciendo de manera significativa el riesgo de corrosión y favoreciendo la durabilidad del elemento estructural.
- Los ensayos de profundidad de carbonatación indican que el concreto evaluado se encuentra en condición no carbonatada, manteniendo su alcalinidad y la protección del acero de refuerzo, sin evidenciar patología activa asociada a corrosión. Aunque el pH medido en laboratorio presentó un valor bajo (6,7), este resultado no es representativo del estado real del concreto en servicio y debe interpretarse con cautela, debido a que el procedimiento de preparación de la muestra (trituration o disolución parcial) puede alterar la alcalinidad efectiva del material. En conjunto, el comportamiento del concreto es satisfactorio desde el punto de vista de la durabilidad, sin riesgo inmediato de despasivación ni corrosión del acero.
- La determinación del contenido de ion cloruro en el concreto endurecido evidencia un valor de 0,6875 %, el cual supera ampliamente los límites

admisibles establecidos para concreto armado desde el punto de vista de la durabilidad. Esta concentración elevada permite diagnosticar la presencia de una condición patológica potencialmente activa, asociada a un alto riesgo de despasivación y corrosión del acero de refuerzo. En concordancia con los criterios normativos del ACI, valores de cloruros superiores a los rangos permisibles incrementan de manera significativa la probabilidad de inicio de procesos corrosivos, especialmente en ambientes con presencia de humedad. En consecuencia, el resultado obtenido constituye un indicio crítico de vulnerabilidad del elemento estructural, que puede comprometer su durabilidad y desempeño a largo plazo si no se adoptan medidas de control, mitigación o reparación adecuadas.

- La determinación del contenido de sulfatos en el concreto evidencia un valor de 5527 ppm, el cual supera ampliamente los límites admisibles establecidos por la Norma Técnica E.060 – Concreto Armado para ambientes con exposición moderada a sulfatos (150–1500 ppm). Este resultado permite diagnosticar la presencia de una condición patológica potencialmente activa, asociada a un alto riesgo de deterioro químico del concreto por ataque de sulfatos. La situación resulta especialmente crítica en los muros del sedimentador, debido a su exposición permanente al agua, condición que favorece las reacciones químicas entre los sulfatos y los productos de hidratación del cemento. En consecuencia, el concreto evaluado presenta una vulnerabilidad significativa desde el punto de vista de la durabilidad, que podría derivar en pérdida de resistencia, expansión interna y fisuración si no se adoptan medidas de control, mitigación o reparación adecuadas.

4.4 Discusión de validación de expertos

Los resultados obtenidos a través de la validación por expertos evidencian que la propuesta de reparación presenta un alto nivel de pertinencia técnica, dado que la mayoría de los criterios evaluados superan el umbral de aceptación comúnmente utilizado en estudios de validación, el cual suele situarse alrededor del 70 % o 80 %.

Se observa que varias de las propuestas alcanzan valores cercanos al 100 %, como en los casos de la reparación de fisuras horizontales, juntas frías y obturadores de estanqueidad, lo que indica que los especialistas consideran que las soluciones planteadas son adecuadas, viables y coherentes con las patologías identificadas.

Sin embargo, algunos ítems presentan valoraciones ligeramente menores, como la reparación de juntas frías verticales y horizontales y la reparación de alambre

expuesto, donde uno de los expertos otorgó 70 %. Este resultado podría interpretarse como una oportunidad de mejora en la descripción técnica del procedimiento o en la especificación de materiales y métodos de intervención.

A pesar de estas diferencias en las evaluaciones individuales, el análisis global demuestra que la propuesta mantiene un alto grado de validez, lo cual respalda su aplicación como alternativa técnica para la reparación de los daños identificados en la estructura.

En consecuencia, los resultados obtenidos permiten afirmar que la propuesta de reparación planteada es técnicamente viable y adecuada, según el criterio de los especialistas consultados, contribuyendo así a mejorar las condiciones estructurales y funcionales del sistema evaluado.

CONCLUSIONES

En la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana se identificaron diversas patologías del concreto, predominantemente asociadas a fisuración, grietas, cangrejas, desprendimiento de material y presencia de humedad. Estas patologías se manifiestan con distinta intensidad en los sedimentadores evaluados, afectando principalmente su durabilidad y, en menor medida, su condición estructural. A continuación, se detallan las conclusiones del primer objetivo.

En el sedimentador 1A, se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas comprendidas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con un nivel de severidad moderado. Asimismo, se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, también con severidad moderada. Se registró la presencia de cangrejas en el muro del lado B, con una profundidad aproximada de 10 cm y exposición de acero estructural, clasificadas con un nivel de severidad severo; adicionalmente, se evidenció alambre expuesto con una longitud aproximada de 2 cm. La presencia de humedad en los muros fue clasificada con severidad leve. En las tolvas, se identificó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las unidades, con severidad severa; además, se registraron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm y grietas de hasta 0,70 mm, ambas con severidad moderada, así como presencia de humedad con severidad moderada. Cabe destacar que en el muro D no se identificaron patologías visibles. En conjunto, el diagnóstico del sedimentador 1A corresponde a un nivel de severidad global moderado.

En el sedimentador 1B, se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada. Se registraron cangrejas en el muro del lado B, con una profundidad aproximada de 12 cm y exposición de acero estructural, consideradas de severidad severa; asimismo, se evidenció alambre expuesto con una longitud aproximada de 2 cm en los muros, con severidad moderada. También se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, clasificado con severidad moderada, y presencia de humedad en los muros con severidad leve. En las tolvas, se evidenció desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de

100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las unidades, con severidad severa, además de fisuras con aperturas entre 0,20 a 0,30 mm, clasificadas como moderadas, y presencia de humedad con severidad severa. En función de la extensión y severidad de las patologías identificadas, el sedimentador 1B presenta un nivel de severidad global moderado.

En el sedimentador 2A se identificaron fisuras verticales en los muros, con aperturas comprendidas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con un nivel de severidad moderado. Asimismo, se registraron cangrejas en el muro del lado B, con una profundidad aproximada de 15 cm, consideradas de severidad severa, y la presencia de alambre expuesto con una longitud aproximada de 2 cm en los muros, con severidad moderada. Se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con severidad moderada, así como presencia de humedad en los muros, con niveles de severidad que varían de leve a severo. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm y grietas con aperturas entre 0,40 y 0,50 mm, ambas clasificadas con severidad moderada. Además, se evidenció desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las tolvas, con severidad severa, y presencia de humedad con severidad severa. En conjunto, el diagnóstico del sedimentador 2A corresponde a un nivel de severidad global moderado.

En el sedimentador 2B se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada. Se registraron cangrejas en el muro del lado B, con una profundidad aproximada de 15 cm, consideradas de severidad severa. Asimismo, se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con severidad moderada, y presencia de humedad en los muros, con niveles de severidad entre leve y moderado. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas de 0,20 a 0,30 mm y grietas con aperturas de 0,40 a 0,50 mm, ambas con severidad moderada. Adicionalmente, se evidenció desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las tolvas, con severidad severa, y presencia de humedad en las tolvas con severidad leve. En función de la extensión y severidad de las patologías identificadas, el sedimentador 2B presenta un nivel de severidad global leve.

En el sedimentador 3A se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada. Se registraron cangrejas en el muro del lado B, con una profundidad aproximada de 15 cm, consideradas de severidad severa, así como la presencia de alambre expuesto con una longitud aproximada de 1 cm en los muros, con severidad leve. Asimismo, se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con severidad moderada, y presencia de humedad en los muros con severidad leve. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada, además de desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las tolvas, con severidad severa, y presencia de humedad con severidad leve. En conjunto, el diagnóstico del sedimentador 3A corresponde a un nivel de severidad global leve.

De manera similar, en el sedimentador 3B se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada. Se registraron cangrejas en el muro del lado B y C, con una profundidad aproximada de 15 cm, consideradas de severidad severa, así como presencia de alambre expuesto con una longitud aproximada de 1 cm en los muros, con severidad leve. Se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con severidad moderada, y presencia de humedad en los muros con severidad leve. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada, además de desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las tolvas, con severidad severa, y presencia de humedad con severidad leve. Cabe destacar que en el muro D no se identificaron patologías visibles. En función de la extensión y severidad de las patologías identificadas, el sedimentador 3B presenta un nivel de severidad global leve.

En el sedimentador 4A se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas comprendidas entre 0,10 y 0,30 mm, clasificadas con un nivel de severidad moderado. Asimismo, se registraron cangrejas en los muros de los lados B y C, con profundidades aproximadas de 15 cm y 12 cm, respectivamente, consideradas de severidad severa. Se observó desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con

severidad moderada, así como presencia de humedad en los muros con severidad leve. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada, además de desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las unidades, considerado de severidad severa. En conjunto, el diagnóstico del sedimentador 4A corresponde a un nivel de severidad global moderado.

En el sedimentador 4B se identificaron fisuras verticales en los muros con aperturas comprendidas entre 0,10 y 0,20 mm, clasificadas con severidad moderada. Se registró desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 20 mm en las zonas de sellado de los obturadores de estanqueidad, con severidad moderada, así como presencia de humedad en los muros con severidad leve. En las tolvas, se identificaron fisuras con aperturas entre 0,20 y 0,30 mm, clasificadas con severidad moderada, además de desprendimiento de concreto con una profundidad aproximada de 100 mm en el contorno de la tubería de succión de lodos en todas las unidades, considerado de severidad severa. En función de la extensión y severidad de las patologías identificadas, el sedimentador 4B presenta un nivel de severidad global leve.

Se concluye que las causas asociadas a las patologías de concreto identificadas en los sedimentadores de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana son las siguientes:

Se concluye que las patologías identificadas en los sedimentadores están asociadas a un deficiente proceso constructivo, evidenciado por la presencia de cangrejas en la parte inferior de los muros, originadas por segregación de materiales y una inadecuada compactación del concreto debido a la falta de vibrado. Asimismo, se identificó el uso inapropiado de papel de bolsas de cemento como material de relleno en las cangrejas y la exposición de alambres, lo cual compromete la calidad, integridad y durabilidad del concreto.

El ensayo de profundidad de carbonatación demostró que el concreto evaluado se encuentra no carbonatado, lo que indica la ausencia de un frente de carbonatación significativo que pueda afectar el recubrimiento o la protección del acero de refuerzo, descartándose este mecanismo como causa principal del deterioro observado.

No obstante, los resultados del ensayo de contenido de cloruros evidencian una condición desfavorable para la durabilidad del concreto. Aunque el análisis se realizó

sobre una muestra puntual en laboratorio, el contenido determinado constituye un indicio relevante de vulnerabilidad frente a procesos de corrosión del acero de refuerzo, especialmente bajo condiciones de humedad permanente. En este sentido, los agregados utilizados en la mezcla de concreto presentan un contenido de cloruros de 0.687 %, valor que supera el límite máximo permisible de 0,15 %.

De acuerdo con la clasificación de exposición establecida en la Norma Técnica E.060 – Concreto Armado, los sedimentadores se encuentran en un ambiente agresivo moderado por exposición a sulfatos, para el cual se establece un rango permisible de 150 a 1500 ppm. Sin embargo, los resultados de laboratorio indican que los agregados empleados presentan un contenido de 5527 ppm de sulfatos, superando ampliamente los límites normativos, lo que evidencia una condición altamente desfavorable desde el punto de vista de la durabilidad del concreto.

Finalmente, se determinó que los agentes químicos utilizados en el proceso de potabilización del agua, tales como sulfato de aluminio, cal hidratada, polímero catiónico, polímero aniónico y cloruro férrico, contribuyen a generar un ambiente químicamente agresivo para el concreto de los sedimentadores. La exposición continua a estos compuestos, en conjunto con la humedad permanente y las deficiencias constructivas identificadas, favorece el desarrollo y la progresión de las patologías observadas.

Se concluye que la propuesta de reparación elaborada para las patologías de concreto identificadas en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana es técnicamente adecuada y específica para cada tipo de patología diagnosticada. Dicha propuesta se fundamenta en los resultados de la inspección preliminar y detallada, así como en la evaluación de las condiciones reales de exposición química y ambiental a las que se encuentra sometida la estructura. En consecuencia, las técnicas y materiales de reparación planteados permiten atender de manera diferenciada patologías como cangrejeras, fisuras, desprendimientos superficiales y zonas con riesgo de corrosión, contribuyendo a la recuperación de la capacidad funcional, estructural y de durabilidad del concreto. Asimismo, la propuesta considera la naturaleza hidráulica de la estructura y el ambiente químicamente agresivo del proceso de potabilización, lo que garantiza su compatibilidad con las condiciones de servicio y su potencial para prolongar la vida útil de los sedimentadores.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la entidad responsable de la operación y mantenimiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana implementar de manera prioritaria la propuesta de reparación formulada para los sedimentadores, considerando un tratamiento diferenciado según el tipo y nivel de severidad de las patologías identificadas, con la finalidad de restituir la durabilidad, estanqueidad y funcionalidad de las estructuras hidráulicas evaluadas.

Se sugiere intervenir de forma inmediata las cangrejeras clasificadas con severidad severa, especialmente aquellas que presentan exposición del acero de refuerzo, mediante procedimientos de saneo del concreto deteriorado, limpieza y pasivación del acero, y reposición con morteros de reparación compatibles con ambientes químicamente agresivos, a fin de prevenir la progresión de procesos de corrosión.

Se recomienda a la entidad ejecutora sellar y tratar las fisuras y grietas de severidad moderada identificadas en muros y tolvas, empleando sistemas de inyección o sellado adecuados para estructuras hidráulicas, con el propósito de reducir la penetración de agentes agresivos, limitar la absorción de humedad y evitar el deterioro progresivo del concreto.

Se sugiere reparar las zonas con desprendimiento de concreto, particularmente en el contorno de las tuberías de succión de lodos y en las áreas de sellado de los obturadores de estanqueidad, utilizando materiales de alta adherencia y resistencia química, considerando que estas zonas se encuentran expuestas a condiciones de humedad permanente y ambientes severos.

Se recomienda aplicar sistemas de protección superficial, tales como recubrimientos impermeables y resistentes a sulfatos y cloruros, en los muros y tolvas de los sedimentadores, con la finalidad de limitar el contacto directo del concreto con los agentes químicos presentes durante el proceso de potabilización del agua.

Para futuras intervenciones, se recomienda optimizar los procedimientos constructivos, garantizando un adecuado control de calidad durante el vaciado del concreto, con

énfasis en la correcta dosificación, colocación y vibrado, a fin de minimizar la aparición de cangrejeras, segregación de materiales y defectos de compactación.

Se sugiere implementar un programa de monitoreo y mantenimiento periódico, que contemple inspecciones visuales sistemáticas y la aplicación de ensayos no destructivos, con el objetivo de evaluar la evolución de las patologías identificadas y verificar la eficacia de las reparaciones ejecutadas, especialmente en los sedimentadores con nivel de severidad global moderado.

Se recomienda controlar rigurosamente la calidad de los materiales empleados en futuras reparaciones, verificando el cumplimiento de los límites normativos de contenido de cloruros y sulfatos establecidos en la Norma Técnica E.060 – Concreto Armado, a fin de reducir riesgos asociados a la durabilidad de las estructuras.

Se sugiere considerar las condiciones reales de exposición química generadas por los insumos utilizados en el proceso de potabilización del agua, tales como sulfato de aluminio, cal hidratada, polímeros y cloruro férrico, en el diseño de futuras ampliaciones, reparaciones o rehabilitaciones, adoptando criterios de durabilidad acordes con ambientes químicamente agresivos.

Finalmente, se recomienda a futuros investigadores extender la metodología de evaluación aplicada en la presente investigación a otras unidades de la planta y a infraestructuras hidráulicas similares, con el propósito de identificar tempranamente patologías incipientes y establecer medidas preventivas que contribuyan a prolongar la vida útil de servicio de las estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 224.1R. (1993). *Causas, evaluación y Reparación de fisuras en estructuras de hormigón*.
- ACI Committee 201. (2001). *Guide to Durable Concrete (ACI 201.2R-01)*. American Concrete Institute.
- ACI 562. (2016). *Evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón*. Lima: ACI.
- Josa, A., Aguado, A., & Josa, A. (2010). *Patología de depósitos de agua: Ataque químico al hormigón*. Departamento de Ingeniería de la Construcción.
- García, J., & Pérez, L. (2017). *Patologías en estructuras de concreto: Causas, diagnóstico y soluciones*. Editorial Reverté.
- Gómez, R. (2018). *Diagnóstico y rehabilitación de estructuras de concreto*. Ediciones UPC.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concreto: Microestructura, propiedades y materiales*. McGraw-Hill Interamericana.
- Molina, A., & Soria, F. (2019). *Inspección y evaluación de estructuras de concreto*. Editorial Alfaomega.
- Neville, A. M. (2011). *Propiedades del concreto*. Limusa.
- Pérez, M. (2016). *Corrosión del acero en estructuras de concreto armado*. Editorial Bellisco.
- ACI Committee 350. (2006). *ACI 350.2R-04: Guide to the use of high-strength concrete for sanitary engineering structures*. American Concrete Institute.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2002). *Design and control of concrete mixtures* (14th ed.). Portland Cement Association.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- American Concrete Institute (ACI). (2012). *ACI 224.1R-07: Guía para la evaluación y reparación de fisuras en concreto*. ACI International.

- Chero, C. (2018). *Determinación y evaluación de las patologías en las estructuras de concreto armado en el módulo V de la PTAP Bellavista-Sullana*. Tesis de Grado, Universidad César Vallejo.
- Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2016). *Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021*.
- Rodríguez, M. (2017). *Evaluación de patologías existentes y propuesta de mejora para el concreto del reservorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Trujillo*. Tesis de Grado, Universidad Privada Antenor Orrego.
- García, M., & González, O. (2010). *Estudio del deterioro acelerado del hormigón en las plantas potabilizadoras Dégreumont de la provincia de Camagüey, Cuba*. EdUTecNe. Obtenido de https://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%201/CINPAR%20075.pdf
- ACI Committee 201. (2013). *ACI 201.2R-13: Guide to Durable Concrete*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 221. (2016). *ACI 221.1R-16: Report on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. American Concrete Institute.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson.
- ACI Committee 364. (2013). *ACI 364.1R-07(13): Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 546. (2014). *ACI 546R-14: Concrete Repair Guide*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 224. (2001). *ACI 224R-01: Control of Cracking in Concrete Structures*. American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2007). *ACI 224.1R-07: Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures*. ACI Committee 224.
- American Concrete Institute. (2016). *ACI 201.2R-16: Guide to Durable Concrete*. ACI Committee 201.

- American Concrete Institute. (2019). *ACI 562-19: Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures*. ACI Committee 562.
- ASTM International. (2017). *ASTM C823-17: Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions*. ASTM International.
- ACI Committee 222. (2014). Protection of metals in concrete against corrosion (ACI 222R-14). American Concrete Institute.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education.

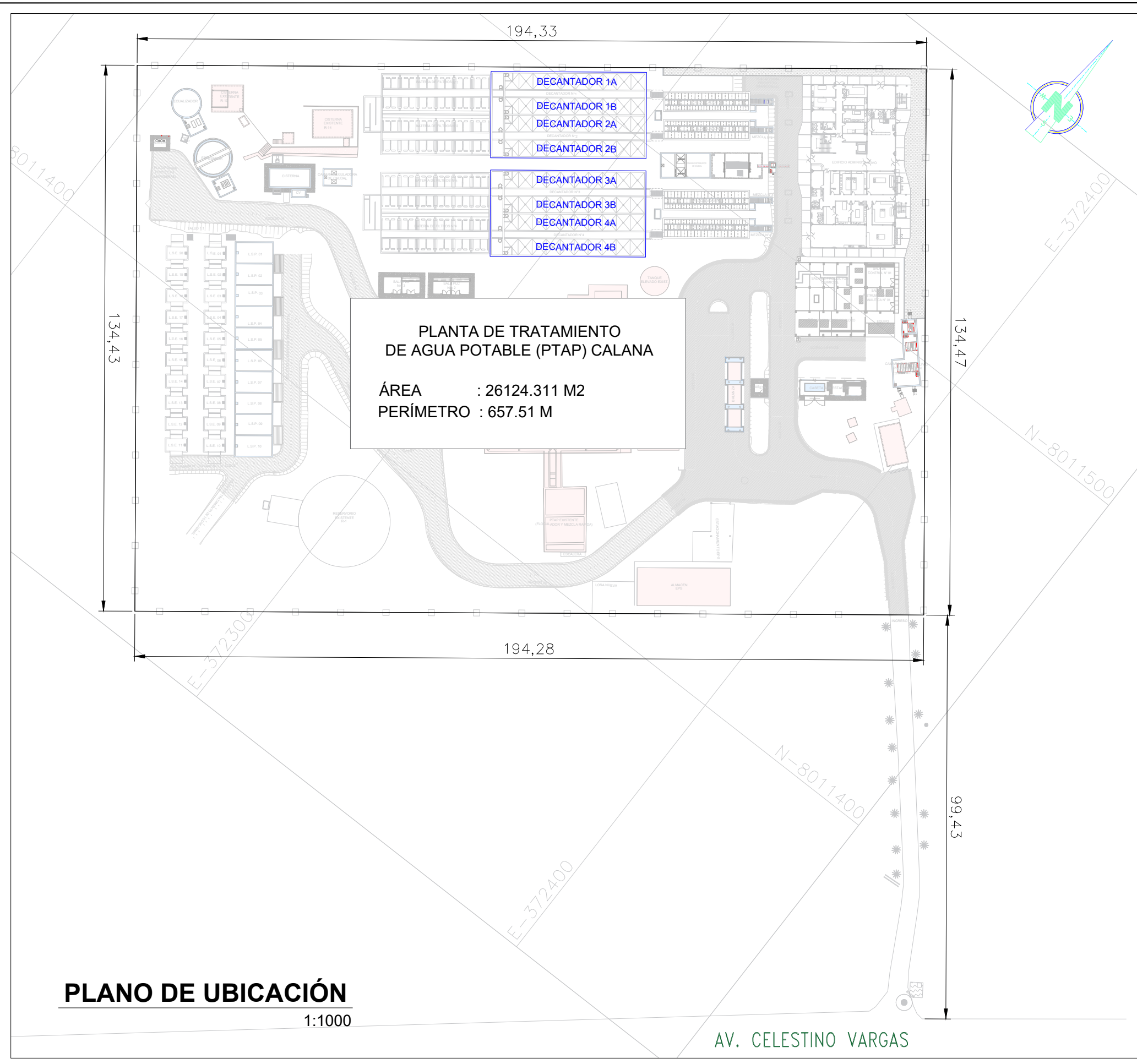
ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

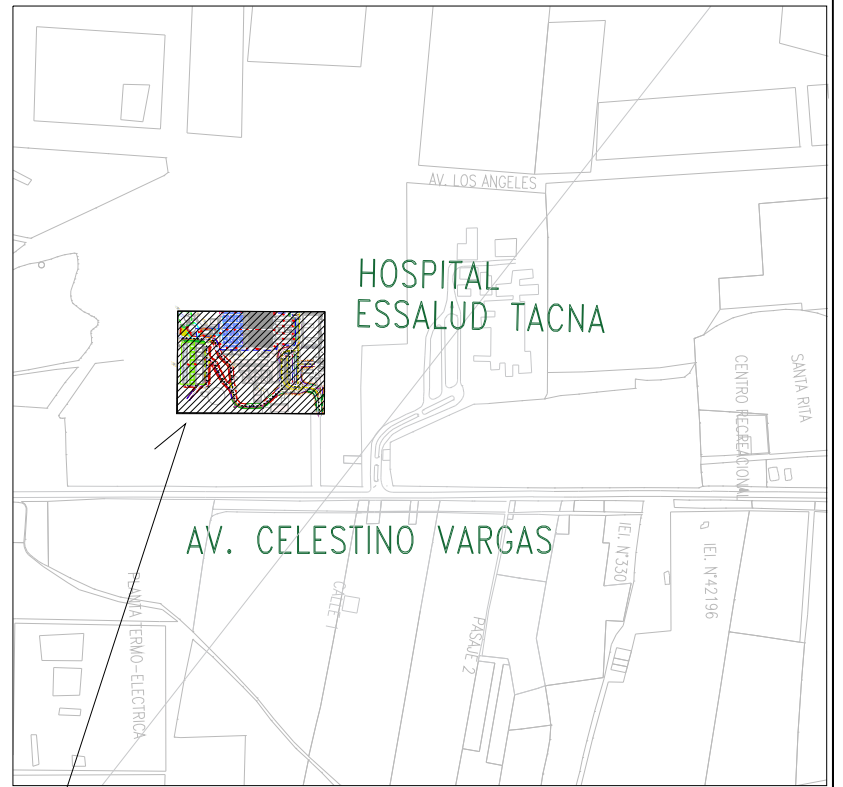
Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Por qué la Nueva planta de tratamiento de agua potable del distrito de Calana -Tacna presenta patologías del concreto en las estructuras de concreto y cuál es la propuesta de reparación de las patologías de concreto?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Diagnosticar las patologías del concreto en La Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna y proponer soluciones de reparación adecuadas.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La aparición de patologías de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna, se debe a la baja calidad o incorrecta dosificación de los materiales constituyentes del concreto, a las deficiencias en el proceso constructivo y a la exposición a agentes químicos agresivos presentes en el agua tratada.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Diagnóstico de patologías de concreto.</p>	<p>Tipos de patologías</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fisuras y grietas - Humedad - Cangrejeras - Desprendimiento - Alambre expuesto <p>Características físicas, mecánicas y químicas del concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia de concreto kg/cm² - Sulfatos: partes por millón (ppm) - Cloruros: partes por millón (ppm) - Carbonatos: porcentaje (%) - Absorción: (%) <p>Agentes químicos en diferentes etapas del proceso de potabilización de agua a los que está expuesto el concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coagulantes: Sulfatos de aluminio y Cloruro férrico. - Floculantes: Polímero catiónico y Polímero Aniónico. - Reguladores de pH: Cal hidratada. <p>Diagnostico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultados de ensayos fisicoquímico del concreto. - Evaluación de las patologías. <p>Procesos constructivos.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigación aplicada <p>Nivel de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo - Explicativo
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál será los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana-Tacna.?</p> <p>¿Cuáles serán las causas asociados a las patologías de concreto evitando métodos destructivos en los elementos estructurales de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana-Tacna?</p> <p>¿Cuál es la propuesta de reparación adecuada para cada tipo de patologías de concreto en los elementos estructurales de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana-Tacna?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana- Tacna.</p> <p>Analizar las causas asociados a las patologías de concreto mediante la aplicación de métodos de evaluación destructivos y no destructivos en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana - Tacna</p> <p>Elaborar una propuesta de reparación adecuada para cada tipo de patología de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>Los tipos y gravedad de las patologías presentes en las estructuras de concreto determinan el estado de conservación de las estructuras y los métodos y materiales de reparación de concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana- Tacna.</p> <p>Los resultado de análisis de las causas asociados a los problemas patológicos del concreto afectan la vida útil de los elementos estructurales en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna.</p> <p>La propuesta de reparación de concreto eliminara significativamente las patologías existentes y restaurara las propiedades de resistencia, durabilidad y estanqueidad del concreto en la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Distrito de Calana – Tacna.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Propuesta de reparación de las patologías del concreto</p>	<p>Nivel de severidad de las patologías.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leve - Moderado - Severo <p>Normativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recomendaciones de la norma NTP E0.60 concreto armado - Recomendaciones de la norma ACI 201R. <p>Parámetros de evaluación, según normativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - E-0.60 Concreto Armado - Durabilidad y patologías en el concreto ASOCRETO. - Asociación Americana de ensayos de materiales ASTM - Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes AASTHO - Resistencia a compresión (ASTM C805) - Absorción (ASTM C642) - Profundidad de Carbonatación (UNE EN 13295) - Determinación de pH (ASTM C4262) - Contenido de Sulfatos (NTP 339.178) - Contenido de Cloruros (NTP 339.177) <p>Información referente a reparaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichas técnicas de aditivos de reparación <p>Métodos de reparación</p>	<p>Diseño de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - No experimentales

Anexo 2: Plano de ubicación del proyecto




PLANO DE UBICACIÓN
1:1000



PLANO DE LOCALIZACIÓN
1:10000

	Título:	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025"
	DETALLES DEL LUGAR	
DEPARTAMENTO : TACNA PROVINCIA : TACNA DISTRITO : CALANA UBICACION : EL ACCESO A LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ES POR AV. CELESTINO VARGAS PROLONGACIÓN DE LA CARRETERA A PACHIA EN EL KM. 6.5 EN EL DISTRITO DE CALANA.		
COLINDANTES : NORTE : TERRENOS ERIAZOS SUR : CHACRA (TERRENO PRIVADO) ESTE : TERRENOS ERIAZOS OESTE : CHACRA (TERRENO PRIVADO)		
PERIMETRO : 657.51 m. ÁREA : 26124.31 m2.		
Tesista:	XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	U-01
Fecha:	NOVIEMBRE 2025	
Escala:	INDICADA	
Plano:	LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN	

Anexo 3: Fichas de descripción y antecedentes

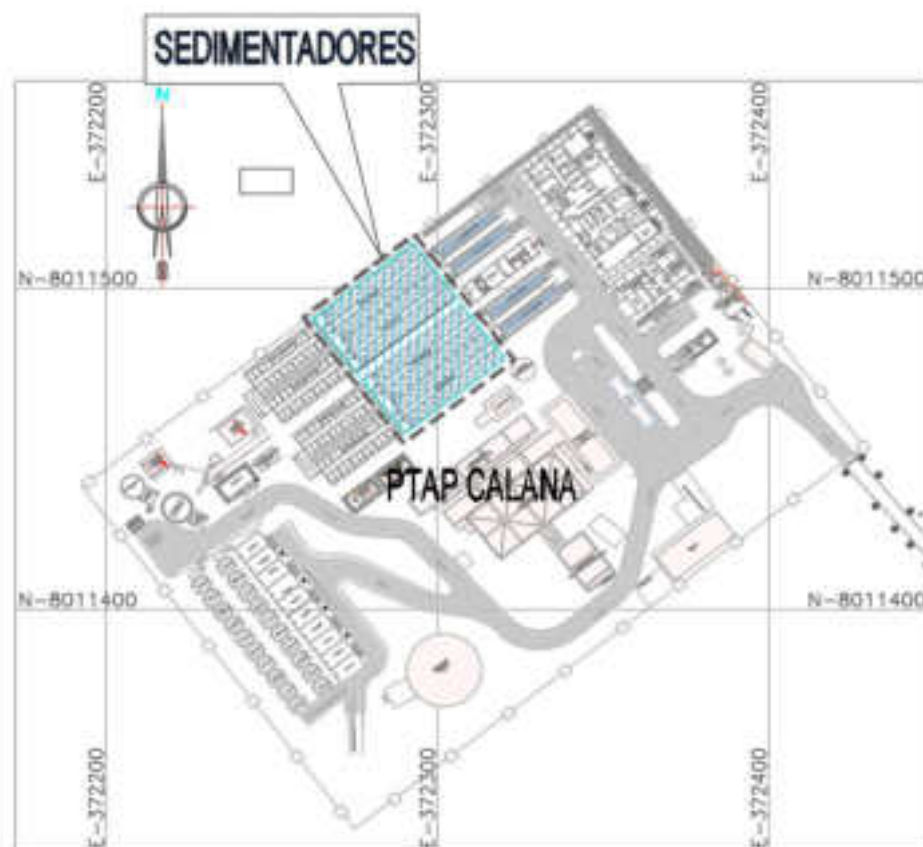
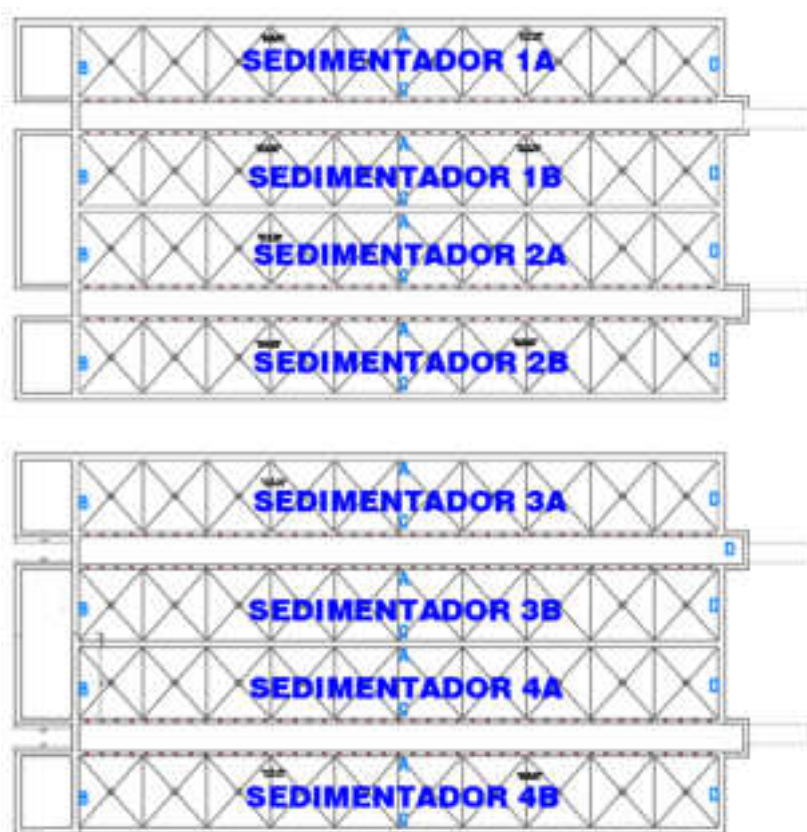
	FICHA DE ANTECEDENTES	FICHA:
	“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”	F-A

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera
Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

FICHA DE ANTECEDENTES - SEDIMENTADORES

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5		
SECTOR:	Sedimentador 1, 2, 3 y 4	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA
				REGION:	TACNA

ESTRUCTURA EVALUADA:



ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA EVALUADA

AÑO	DESCRIPCIÓN
1/18/2018	El Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) suscribió el Contrato de Obra N.º 009-2018/VIVIENDA/VMCS/PNSU con el Consorcio Calana, en calidad de primer contratista, para la ejecución de la obra denominada “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, distrito de Calana, provincia de Tacna, región Tacna”.
2/6/2018	Inicia la obra “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana, distrito de Calana, provincia de Tacna, región Tacna”.
9/11/2019	El PNSU notificó al primer contratista, Consorcio Calana, la resolución del Contrato de Obra, conforme a los procedimientos administrativos correspondientes.
8/23/2021	El PNSU suscribió el Contrato de Saldo de Obra denominado “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana” con el Consorcio PTAP Calana, en calidad de segundo contratista responsable de la culminación del proyecto.
9/23/2021	Se dio inicio a la ejecución del saldo de obra correspondiente al proyecto “Construcción y Equipamiento de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Calana”, a cargo del Consorcio PTAP Calana, en su calidad de segundo contratista.
18/10/2022 - 29/02/2024	El Consorcio PTAP Calana, en su calidad de segundo contratista, identificó diversas patologías de concreto en los componentes estructurales existentes, los cuales habían sido ejecutados por el primer contratista. En atención a dichas deficiencias, y con la autorización del Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU), se solicitó y ejecutó el adicional denominado “Tratamiento en estructuras existentes y pruebas de estanqueidad de la obra ejecutada”. Este adicional comprendió la intervención de las principales unidades de la planta, entre ellas floculadores, sedimentadores, filtros rápidos, cámara de contacto y lechos de secado.
3/1/2025	Inicia la puesta en marcha
3/10/2025	Se evidencia filtraciones de agua en los muros de los Sedimentadores, a causa de patologías de concreto.
3/20/2025	Se dio inicio a la elaboración de la presente investigación.

Nota: Criterios basados en información recopilada en lugar de estudio.

Anexo 4: Fichas de evaluación de patologías de concreto



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

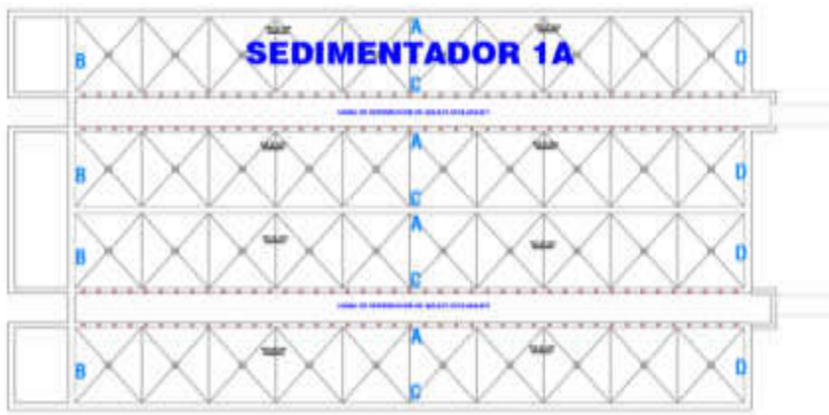
“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”**F-1A****Autores:** Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera**Asesor:** Ing. Glenda Milagros Linaja García**SEDIMENTADOR 1A**

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5				
SECTOR:	Sedimentador 1A	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA

A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:

**ÁREAS**

A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)

PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM

ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS

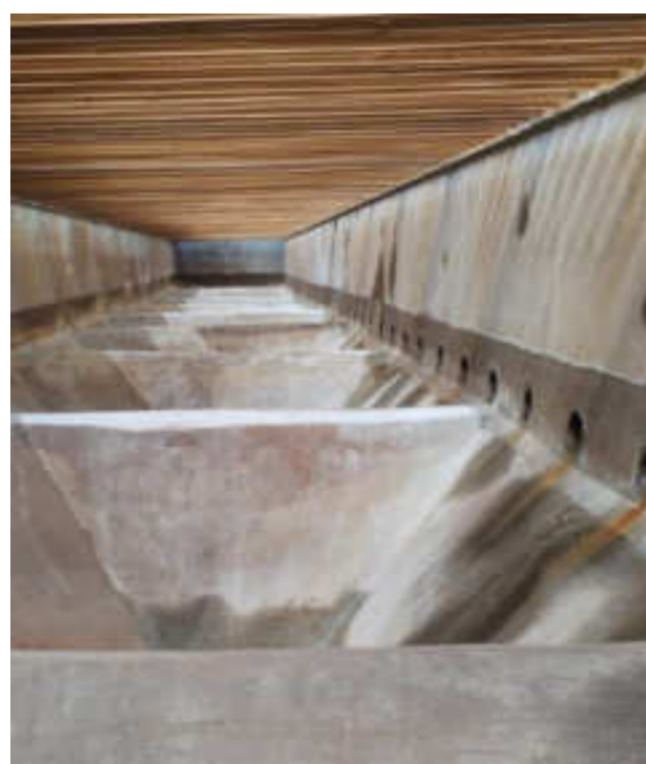
MURO "A"



MURO "B"



MURO "C"



MURO "D"

**EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD -SEDIMENTADOR 1A**

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)											
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD									
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.20	Moderado	-	-	-	0.10-0.30mm	0.75	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.01	Moderado									
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60 mm	0.05	Moderado									
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	10cm	1.00	Severo	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	2cm	0.01	Moderado	1cm	0.02	Moderado	-	-	-	-	-	-									
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.07	Moderado	20 mm	0.03	Moderado	20 mm	0.10	Moderado	-	-	-	100 mm	0.67	Severo									
HUMEDAD	Área afectada %	-	-	-	9.37%	1.60	Leve	2.65%	3.90	Leve	-	-	-	19.28%	27.30	Moderado									
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
JUNTA FRIA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
AREA TOTAL (m2):		0.27			2.64			4.76			29.03														
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO		0.18%			Leve			15.45%			Moderado			3.23%			Leve			20.50%			Severo		

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	36.69	7.80%	433.53	92.20%	MODERADO

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-1B

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 1B

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5				
SECTOR:	Sedimentador 1B	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA

A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:



ÁREAS

A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TÉCNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

FOTOGRAFÍAS DE ELEMENTOS EVALUADOS

MURO "A"



MURO "B"



MURO "C"



MURO "D"



ITEM	PATOLOGÍA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 1B

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)																	
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD															
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.17	Moderado	-	-	-	0.10-0.30mm	0.14	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.01	Moderado															
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	12cm	1.00	Severo	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	2cm	0.01	Moderado	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.04	Moderado	-	-	-	20 mm	0.20	Moderado	20 mm	0.01	Moderado	100 mm	0.67	Severo															
HUMEDAD	Área afectada %	-	-	-	40.05%	6.84	Severo	4.48%	6.60	Leve	-	-	-	11.57%	16.38	Severo															
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
JUNTA FRÍA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
ÁREA TOTAL (m2):		0.20			7.85			6.95			0.01			18.06																	
% TOTAL RESPECTO AL ÁREA DEL MURO POR LADO		0.14%			Leve			45.96%			Severo			4.72%			Leve			0.07%			Leve			12.75%			Moderado		

DIAGNÓSTICO

ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGÍAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGÍAS	ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGÍA	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGÍA	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	33.08	7.03%	437.15	92.97%	MODERADO

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-2A

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 2A

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5				
SECTOR:	Sedimentador 2A	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA

A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:



ÁREAS

A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)

PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM

ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS

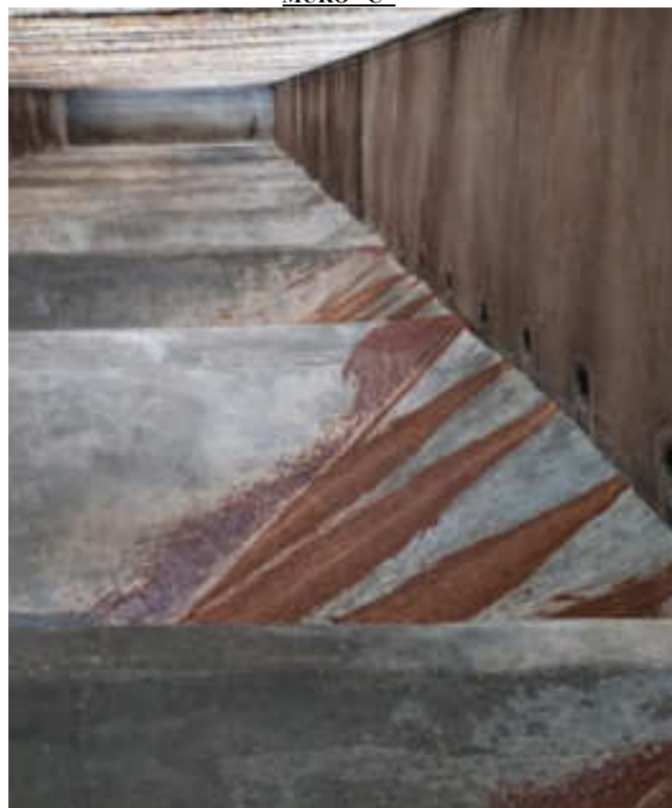
MURO "A"



MURO "B"



MURO "C"



MURO "D"



EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 2A

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.29	Moderado	-	-	-	0.10-0.20mm	0.19	Moderado	0.10-0.20mm	0.07	Moderado	0.20-0.30 mm	1.12	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60 mm	0.22	Moderado
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	15cm	1.20	Severo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	2cm	0.02	Moderado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.04	Moderado	-	-	-	20 mm	0.19	Moderado	20 mm	0.01	Moderado	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Área afectada %	3.11%	4.58	Leve	40.05%	6.84	Severo	4.08%	6.00	Leve	-	-	-	4.66%	6.60	Severo
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRIA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL (m2):		4.91			8.06			6.38			0.08			8.61		
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO		3.34%			47.16%			4.34%			0.46%			6.08%		
		Leve			Severo			Leve			Leve			Moderado		

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIA	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIA	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	28.04	6.0%	442.18	94.04%	MODERADO

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-2B

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera
Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 2B

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5
SECTOR:	Sedimentador 2B	DISTRITO:	CALANA
		PTOVINCIA:	TACNA
		REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA				
A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:



ÁREAS					ÁREA TOTAL
A	B	C	D	TOLVAS	(m2)
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)		
PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM				
ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS



EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 2B

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.20mm	0.30	Moderado	-	-	-	0.10-0.20mm	0.31	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.13	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60 mm	0.22	Moderado
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	15cm	2.04	Severo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.04	Moderado	20 mm	0.06	Moderado	20 mm	0.10	Moderado	-	-	-	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Área afectada %	-	-	-	11.48%	1.96	Moderado	2.72%	4.00	Leve	0.31%	1.44	Leve	1.69%	2.40	Leve
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRIA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL (m2):			0.35			4.06			4.41			1.44			4.42	
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO			0.24%	Leve		23.79%	Severo		2.99%	Leve		8.43%	Moderado		3.12%	Leve

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	14.68	3.1%	455.54	96.88%	Leve

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-3A

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

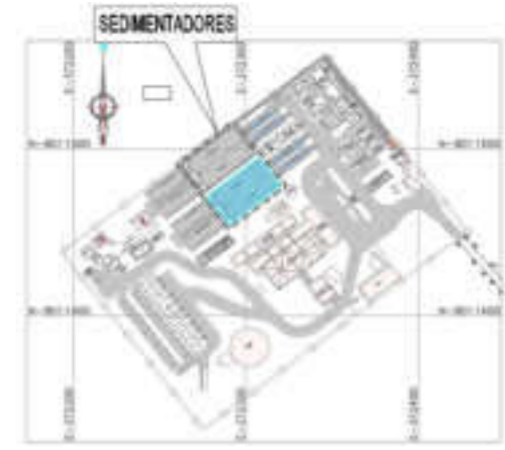
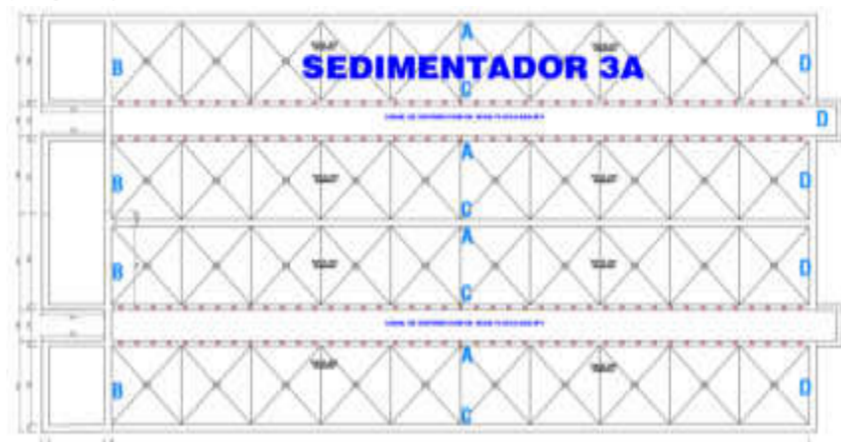
Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 3A

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5				
SECTOR:	Sedimentador 3A	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA				
A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:



ÁREAS					ÁREA TOTAL
A	B	C	D	TOLVAS	
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

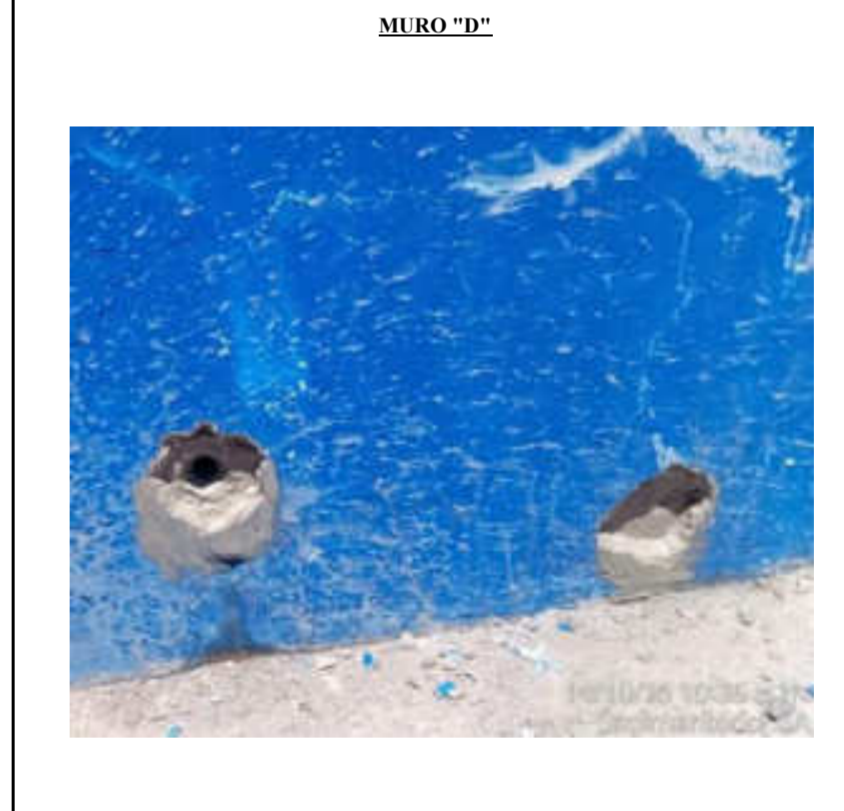
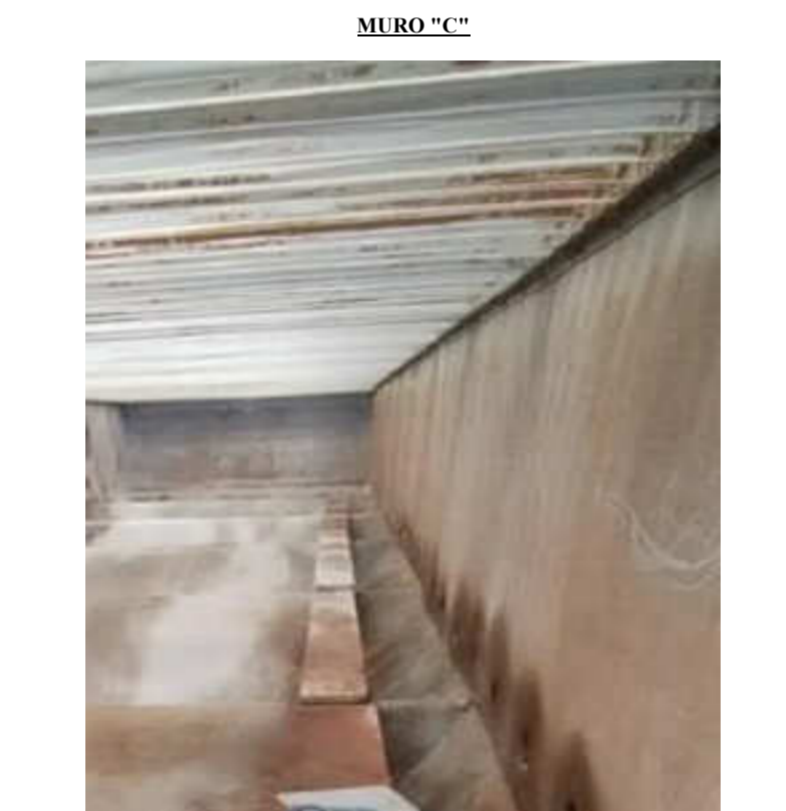
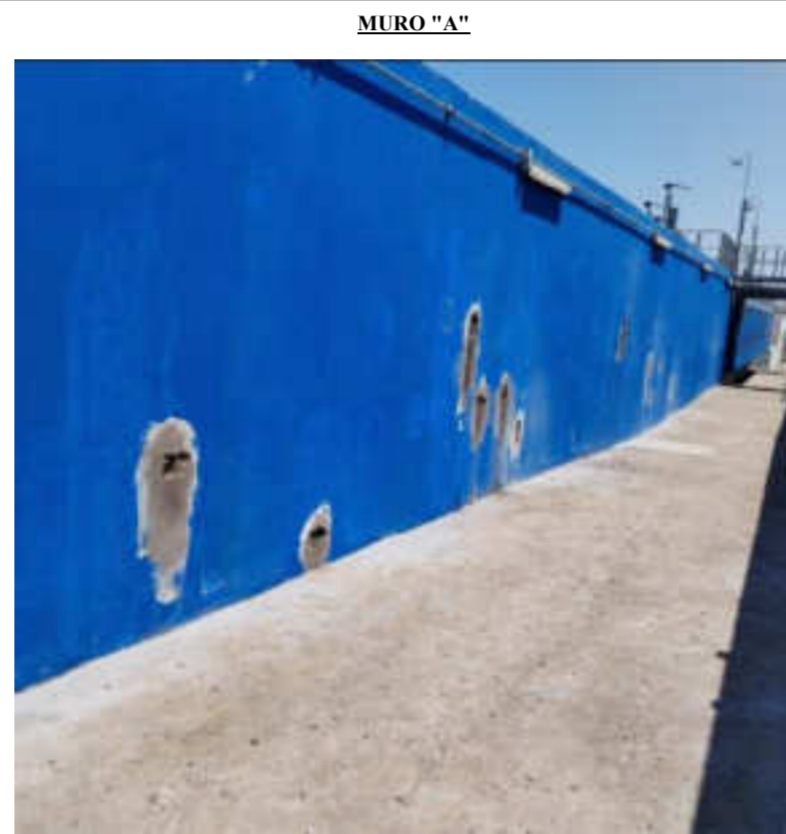
NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)		
PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM				
ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS



EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 3A

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.29	Moderado	0.10-0.20mm	0.04	Moderado	0.10-0.30mm	0.34	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.11	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CANGREJERAS	Profundidad y area afectada	-	-	-	15cm	1.65	Severo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosion	1cm	0.02	Leve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.08	Moderado	-	-	-	20 mm	0.15	Moderado	20 mm	0.01	Moderado	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Area afectada %	-	-	-	4.92%	0.84	Leve	5.09%	7.50	Leve	-	-	-	1.69%	2.40	Leve
EFLORESCENCIA	Espesor del deposito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRIA	Separacion o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL (m2):		0.39			2.53			7.98			0.01			4.18		
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO		0.26%			14.78%			5.42%			0.07%			2.95%		

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	15.09	3.2%	455.13	96.79%	Leve

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-3B

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera
Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 3B

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5
SECTOR:	Sedimentador 3B	DISTRITO:	CALANA
		PTOVINCIA:	TACNA
		REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA					
A	B	C	D	ALTURA	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27	
A	Largo de sedimentador				
B	Ancho de sedimentador				
C	Largo de sedimentador				
D	Ancho de sedimentador				
ÁREAS					
A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

ESTRUCTURA EVALUADA:



NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)		
PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM				
ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS



EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 3B

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.29	Moderado	-	-	-	0.10-0.30mm	0.34	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.13	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	15cm	1.20	Severo	15cm	0.11	Severo	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	1cm	0.02	Leve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.08	Moderado	-	-	-	20 mm	0.10	Moderado	-	-	-	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Área afectada %	-	-	-	4.92%	0.84	Leve	2.72%	4.00	Leve	-	-	-	5.30%	7.51	Leve
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRIA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL (m2):			0.39			2.04			4.54						9.31	
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO			0.26%	Leve		11.94%	Moderado		3.09%	Leve				6.58%	Moderado	

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	16.29	3.5%	453.93	96.54%	Leve

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-4A

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera
Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 4A

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5
SECTOR:	Sedimentador 4A	DISTRITO:	CALANA
		PTOVINCIA:	TACNA
		REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA					
A	B	C	D	ALTURA	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27	
A	Largo de sedimentador				
B	Ancho de sedimentador				
C	Largo de sedimentador				
D	Ancho de sedimentador				
ÁREAS					
A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

ESTRUCTURA EVALUADA:



NIVELES DE SEVERIDAD SEGUN PORCENTAJE DE AREA AFECTADA POR PATOLOGIA (BASADO EN NORMATIVAS ACI Y ASTM)		
PORCENTAJE DE AREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TECNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

NIVELES DE SEVERIDAD DE PATOLOGIAS DEL CONCRETO SEGUN CRITERIOS NORMATIVOS ACI Y ASTM				
ITEM	PATOLOGIA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Eflorescencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFIAS DE ELEMENTOS EVALUADOS



EVALUACION DE PATOLOGIAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 4A

PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*AREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.30mm	0.25	Moderado	-	-	-	0.10-0.30mm	0.34	Moderado	-	-	-	0.20-0.30 mm	1.14	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	15cm	1.59	Severo	12cm	0.09	Severo	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	20 mm	0.14	Moderado	20 mm	0.08	Moderado	20 mm	0.12	Moderado	20 mm	0.01	Moderado	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Área afectada %	13.04%	19.20	Leve	11.01%	1.88	Leve	1.36%	2.00	Leve	-	-	-	-	-	-
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRIA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREA TOTAL (m2):			19.59			3.55			2.54			0.01			1.81	
% TOTAL RESPECTO AL AREA DEL MURO POR LADO			13.30%	Moderado		20.77%	Severo		1.72%	Leve		0.04%	Leve		1.28%	Leve

DIAGNÓSTICO

AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGIAS	AREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGIAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	27.49	5.8%	442.73	94.15%	Moderado

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.



FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍA

FICHA:

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA – TACNA 2025”

F-4B

Autores: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera

Asesor: Ing. Glenda Milagros Linaja García

SEDIMENTADOR 4B

ESTRUCTURA:	Sedimentadores	UBICACIÓN:	EPS Tacna Av. Celestino Vargas prolongación de la carretera a Pachia en el Km. 6.5				
SECTOR:	Sedimentador 4B	DISTRITO:	CALANA	PTOVINCIA:	TACNA	REGION:	TACNA

IDENTIFICACIÓN EN OBRA

A	B	C	D	ALTURA
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34.48	4.00	34.48	4.00	4.27
A	Largo de sedimentador			
B	Ancho de sedimentador			
C	Largo de sedimentador			
D	Ancho de sedimentador			

ESTRUCTURA EVALUADA:



ÁREAS

A	B	C	D	TOLVAS	ÁREA TOTAL
(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
147.23	17.08	147.23	17.08	141.6	470.22

PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA (%)	NIVEL DE SEVERIDAD	CRITERIO TÉCNICO (BASADO EN ACI / ASTM)
0 - 5%	LEVE	Deterioro localizado y superficial. No compromete la integridad del elemento. ACI 201.2R indica que daños pequeños no afectan la durabilidad.
5 - 15%	MODERADO	Deterioro distribuido en varias zonas, con progresión evidente. Según ACI 562, daños de alcance medio requieren intervención correctiva.
15 - 30%	SEVERO	Deterioro ampliamente extendido. Riesgo de corrosión acelerada o pérdida de recubrimiento. ACI 201.2R y ASTM C823 consideran este rango como daño significativo que afecta la funcionalidad y durabilidad del elemento.

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de deterioros por extensión del daño establecidos en ACI 201.2R-16, ACI 562-19, ACI 224R-01 y ASTM C823-19.

ITEM	PATOLOGÍA	PARAMETRO MEDIBLE	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADORES DE NIVEL DE SEVERIDAD
1	Fisuras	Apertura de fisura (mm)	LEVE	< 0.20 mm (capilar superficial)
			MODERADO	0.20 - 0.60 mm
			SEVERO	> 0.60 mm o alcanza el acero
2	Grietas	Apertura y profundidad	LEVE	< 0.30mm y superficial
			MODERADO	0.30 - 0.80 mm
			SEVERO	> 0.80 mm; sección comprometida
3	Cangrejeras	Profundidad y área afectada	LEVE	< 2 cm y < 5% del área
			MODERADO	2-5 cm ó 5-20% del área
			SEVERO	> 5 cm ó > 20% del área; acero visible
4	Alambre expuesto	Longitud expuesta + corrosión	LEVE	Expuesto < 2 cm; sin corrosión
			MODERADO	Expuesto 2-10 cm; ligera corrosión
			SEVERO	> 10 cm; corrosión activa o pérdida de sección
5	Desprendimiento (spalling)	Profundidad (mm)	LEVE	< 5 mm
			MODERADO	5 - 20 mm
			SEVERO	> 20 mm o pérdida de concreto estructural
6	Humedad	Área afectada (%)	LEVE	< 10% del área
			MODERADO	10-30% del área
			SEVERO	> 30% del área o corrosión presente
7	Efloroscencia	Espesor del depósito salino	LEVE	< 1 mm; superficial
			MODERADO	1-3 mm; depósitos continuos
			SEVERO	> 3 mm; migración severa de sales
8	Juntas frías	Separación o falta de adherencia	LEVE	< 2 mm
			MODERADO	2-5 mm
			SEVERO	> 5 mm o pérdida de adherencia

Nota. Elaborado con base en los criterios de evaluación de daños estructurales establecidos en las normas ACI 224R-01 (fisuración), ACI 224.1R-07 (agrietamiento), ACI 201.2R-16 (durabilidad), ACI 562-19 (evaluación y reparación de estructuras existentes) y ASTM C823-19 (evaluación y muestreo de concreto endurecido). Estas normas no establecen tablas absolutas de severidad, pero proporcionan los lineamientos técnicos que permiten clasificar los niveles de daño.

FOTOGRAFÍAS DE ELEMENTOS EVALUADOS

MURO "A"



MURO "B"



MURO "C"



MURO "D"



EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS Y NIVEL DE SEVERIDAD - SEDIMENTADOR 4B

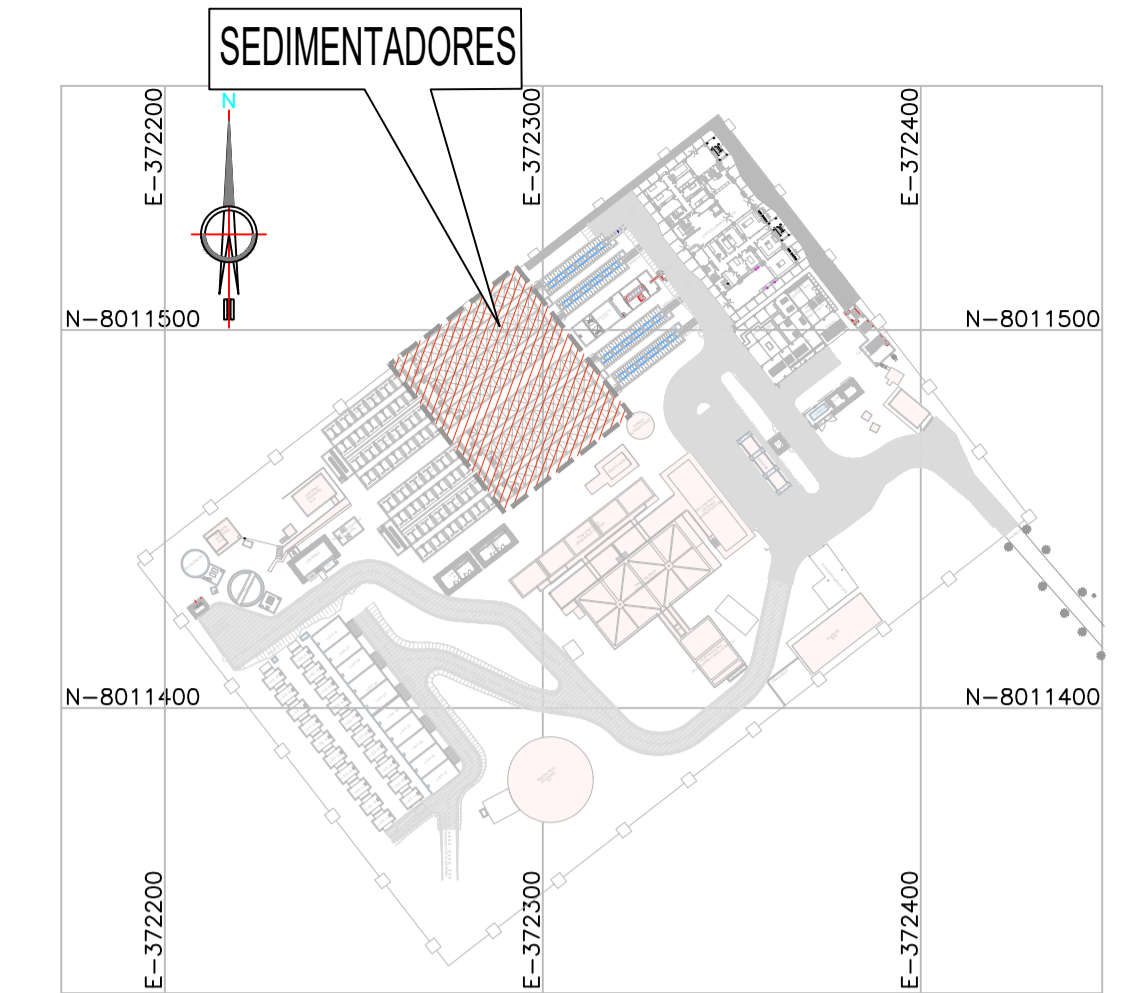
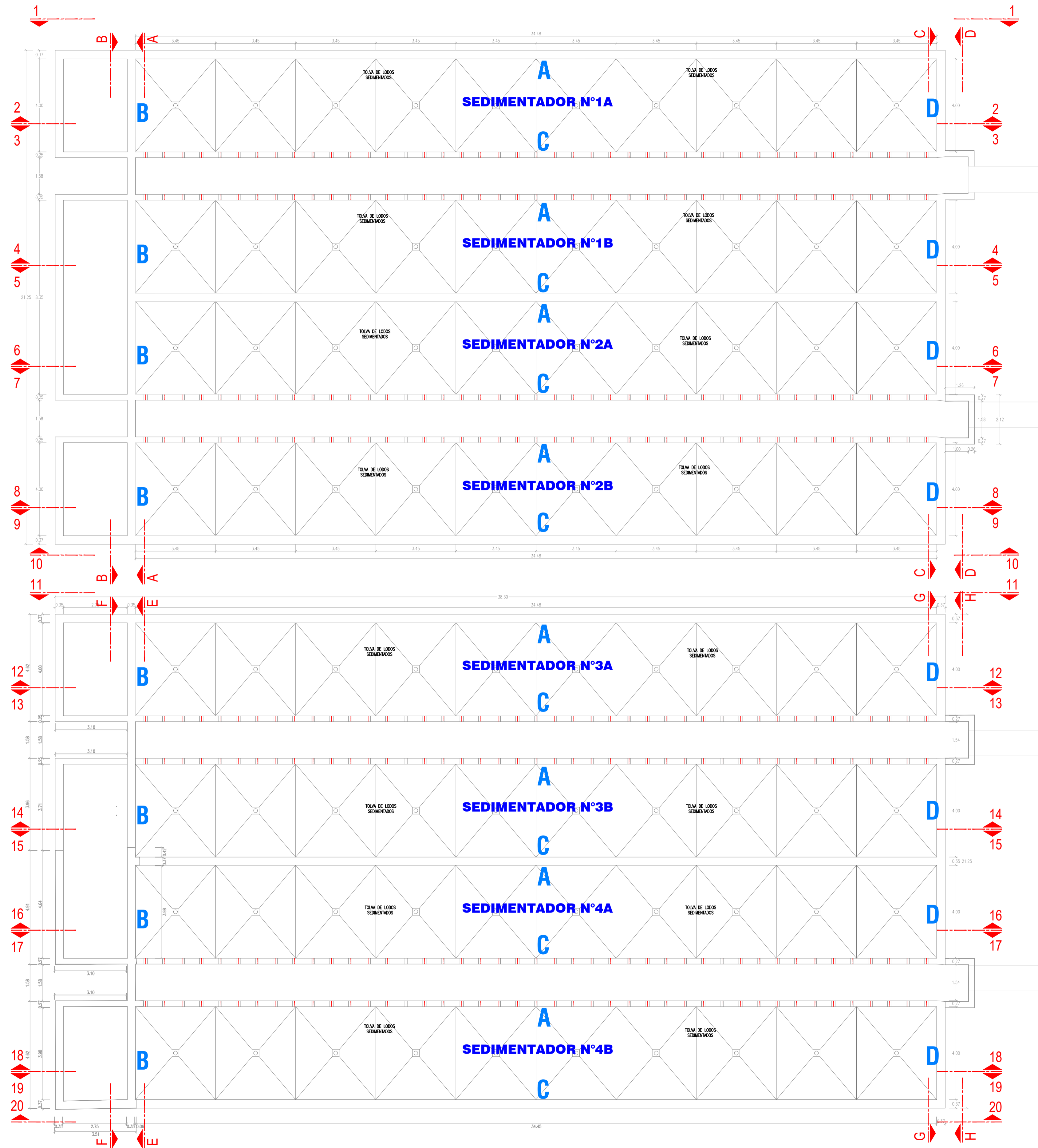
PATOLOGIAS	PARAMETRO MEDIBLE	MURO LADO "A"			MURO LADO "B"			MURO LADO "C"			MURO LADO "D"			TOLVAS (1 - 10)		
		INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD	INDICADOR DE NIVEL DE SEVERIDAD	*ÁREA AFECTADA (m2)	NIVEL DE SEVERIDAD
FISURAS	Apertura (mm)	0.10-0.20mm	0.12	Moderado	-	-	-	0.10-0.20mm	0.39	Moderado	0.10-0.20mm	0.01	Moderado	0.20-0.30 mm	1.08	Moderado
GRIETAS	Apertura y profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CANGREJERAS	Profundidad y área afectada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALAMBRE EXPUESTO	Longitud expuesta + corrosión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESPRENDIMIENTO	Profundidad (mm)	-	-	-	-	-	-	20 mm	0.13	Moderado	-	-	-	100 mm	0.67	Severo
HUMEDAD	Área afectada %	-	-	-	5.62%	0.96	Leve	0.33%	0.49	Leve	-	-	-	1.69%	2.40	Leve
EFLORESCENCIA	Espesor del depósito salino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUNTA FRÍA	Separación o falta de adherencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ÁREA TOTAL (m2):			0.12			0.96			1.01			0.01			4.15	
% TOTAL RESPECTO AL ÁREA DEL MURO POR LADO			0.08%	Leve		5.62%	Moderado		0.68%	Leve		0.04%	Leve		2.93%	Leve

DIAGNÓSTICO

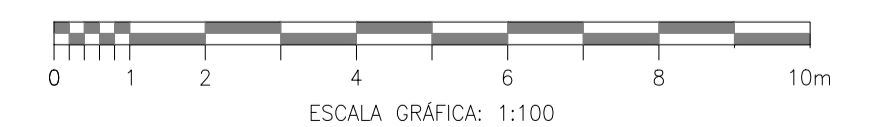
ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA	ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGÍAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA CON PATOLOGÍAS	ÁREA TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGÍAS	% TOTAL DE LA UNIDAD EVALUADA SIN PATOLOGÍAS	NIVEL DE SEVERIDAD DE LA UNIDAD EVALUADA
470.22	6.25	1.3%	463.97	98.67%	Leve

Nota: El cálculo del área para las patologías lineales (fisuras, grietas y juntas frías) se obtuvo mediante el producto de su longitud total por un ancho convencional de 0.05 m, con el fin de cuantificar la superficie de intervención técnica requerida.

Anexo 5: Planos de levantamiento de patologías



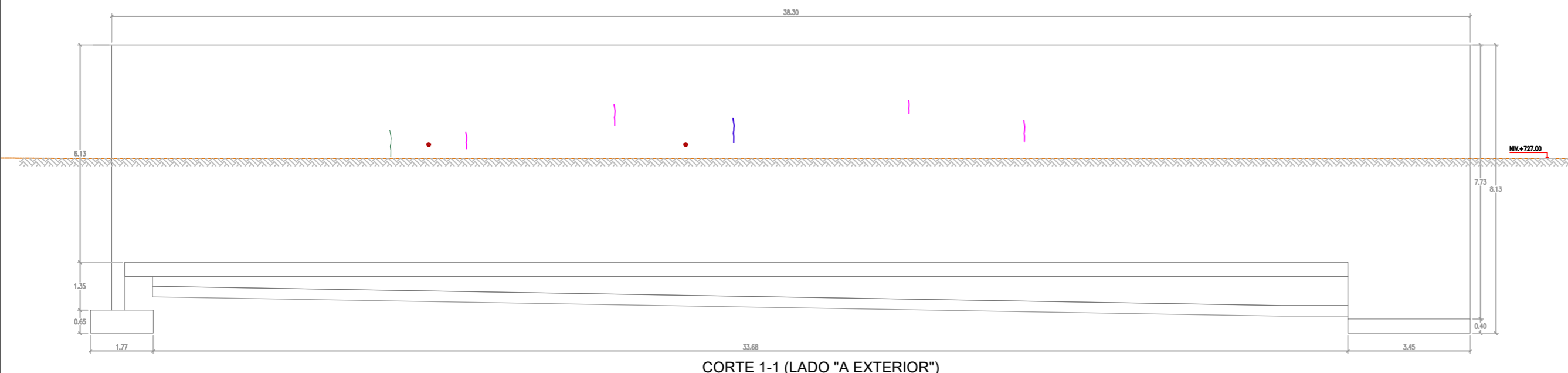
NOTA :
 1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1, PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE.
 2.- LAS DIMENSIONES Y COTAS SE ENCUENTRAN EN METROS (m) SALVO INDICADO.
 3.- LA EJECUCION DE LAS OBRAS SE SUJETAN A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS VIGENTES.



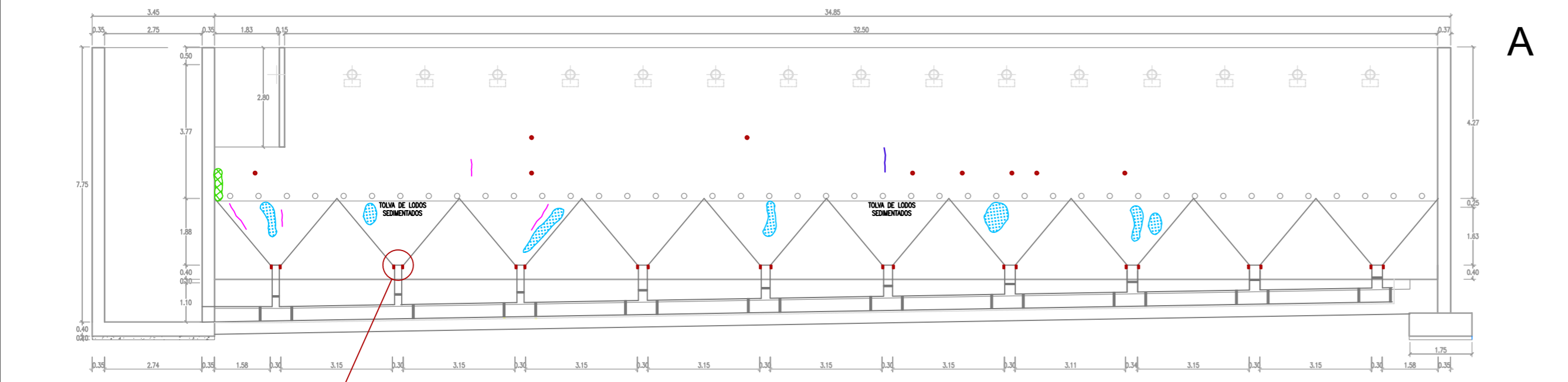
PLANTA ZONA SEDIMENTADORES
 ESC: 1/75

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		LAMINA:
	PLANO:	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS - PLANTA GENERAL SEDIMENTADORES	FECHA:
	TESSIS:	"DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE REPARACION DE PATOLOGIA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	NOVIEMBRE 2025
	TESSISTA:	BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	ESCALA: INDICADA

PG-S

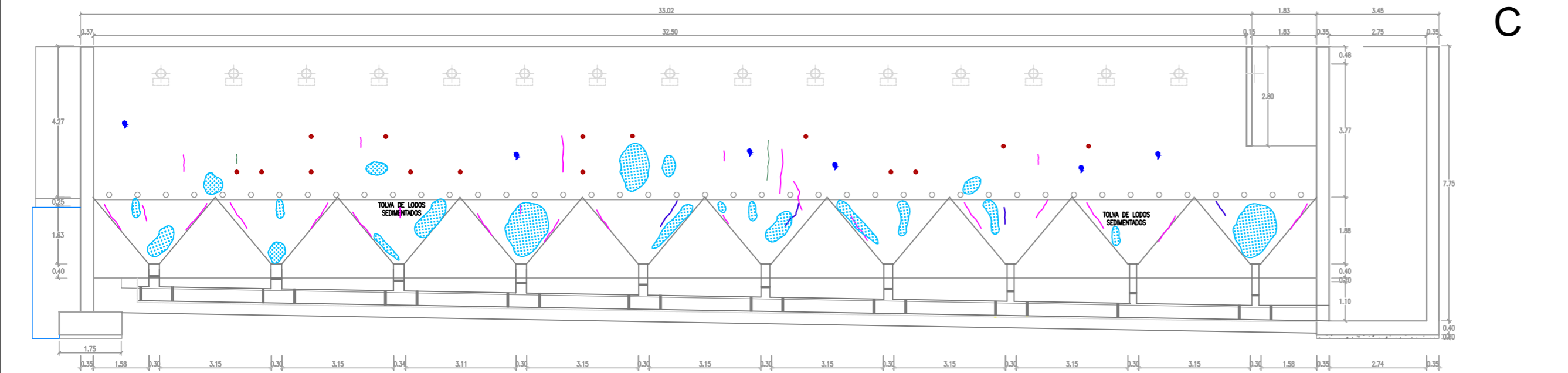


CORTE 1-1 (LADO "A EXTERIOR")



CORTE 2-2 (SEDIMENTADOR 1A LADO "A")

TUBO DE SUCCIÓN DE Lodos.
DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO PROFUNDIDAD 100MM
VISTA EN PLANA



CORTE 3-3 (SEDIMENTADOR 1A LADO "C")
ESCALA: 1/75

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONAS DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

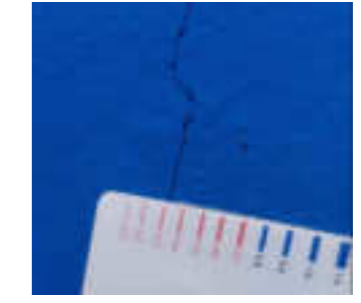
ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	



Se evidencia la presencia de filtración de agua a través de fisuras verticales localizadas en la cara exterior del muro A.



Se evidencia la presencia de filtración de agua concentrada en un punto específico de la cara exterior del muro A.



Se evidencia la presencia de filtración de agua concentrada en un punto específico de la cara exterior del muro A.



En la fotografía se evidencia el desprendimiento del obturador de estanqueidad; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.



Se evidencia la presencia de cangrejas en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.



Se evidencia la presencia de cangrejas en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.



Se evidencia la presencia de humedad en la cara exterior del muro B.



Se evidencia la presencia de fisuras verticales en la cara del muro C, así como humedad en dicho muro. Asimismo, se observan fisuras y presencia de humedad en las tolvas.



Se observa desprendimiento de concreto en el contorno del tubo de succión de lodos, con una profundidad aproximada de 10 cm.

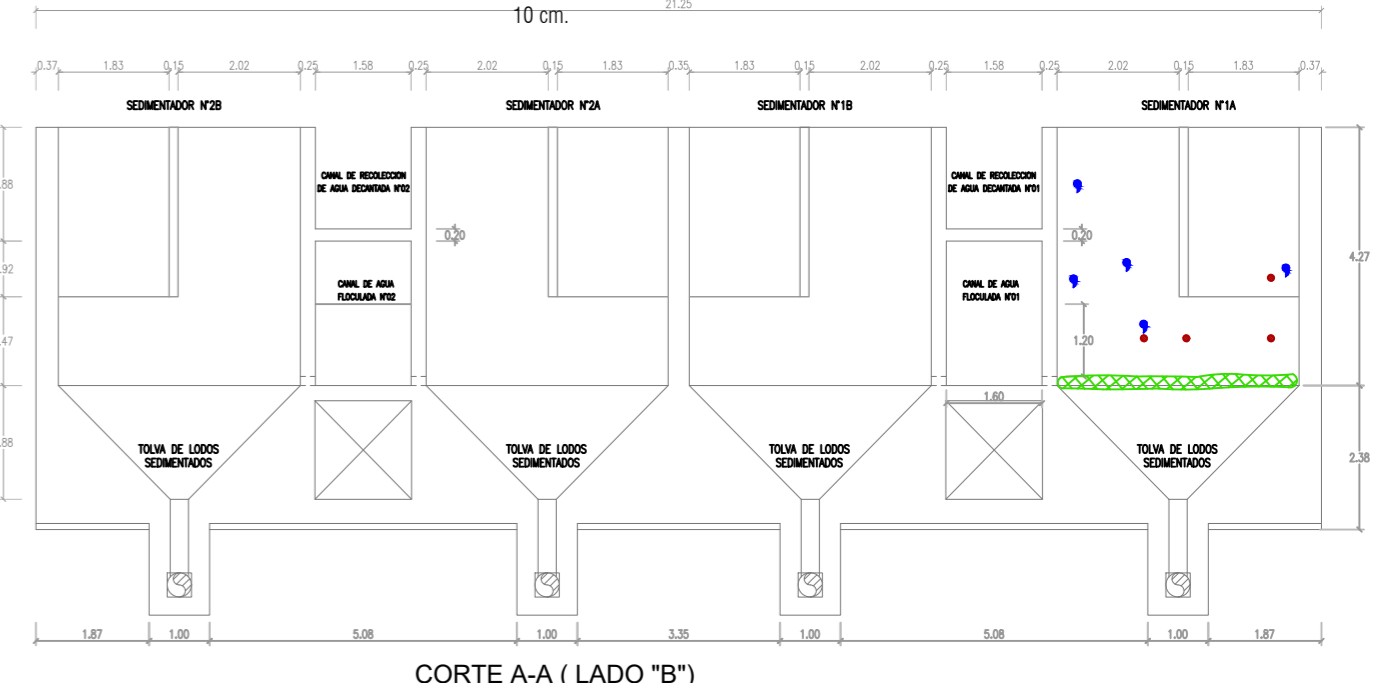


La cara del muro D no presenta evidencia de patologías.

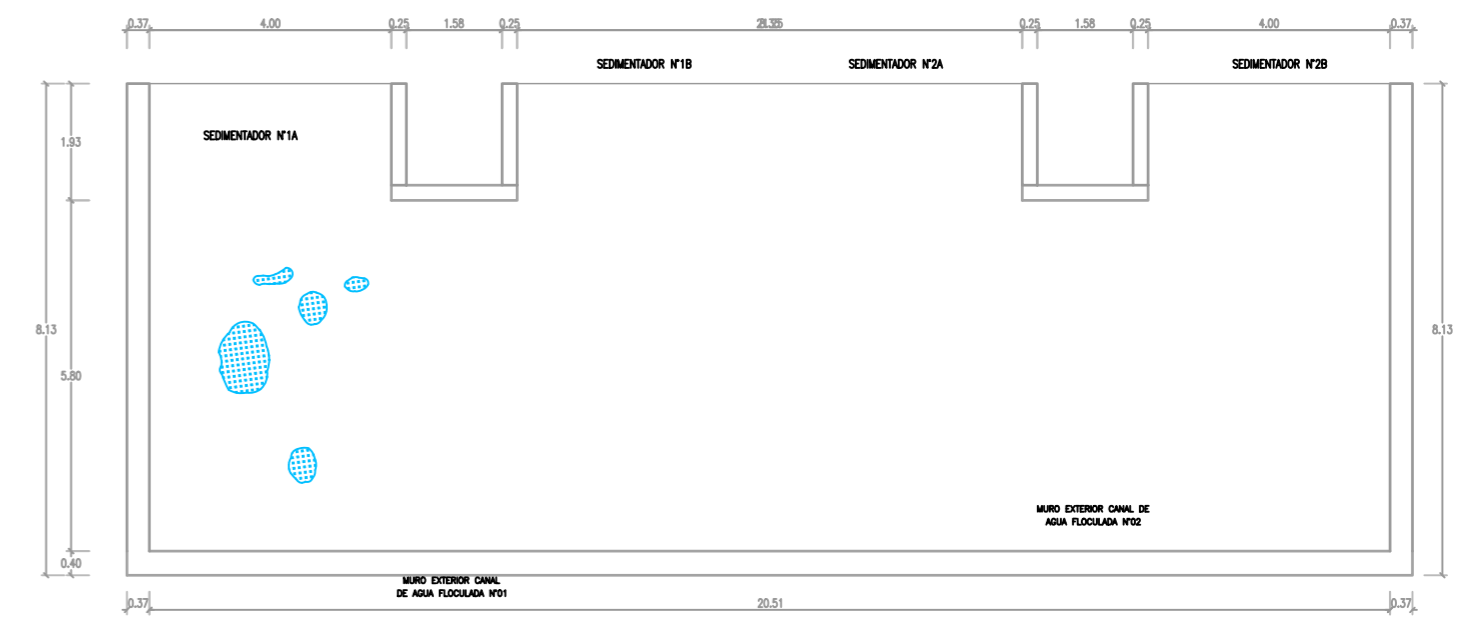
A

B

C

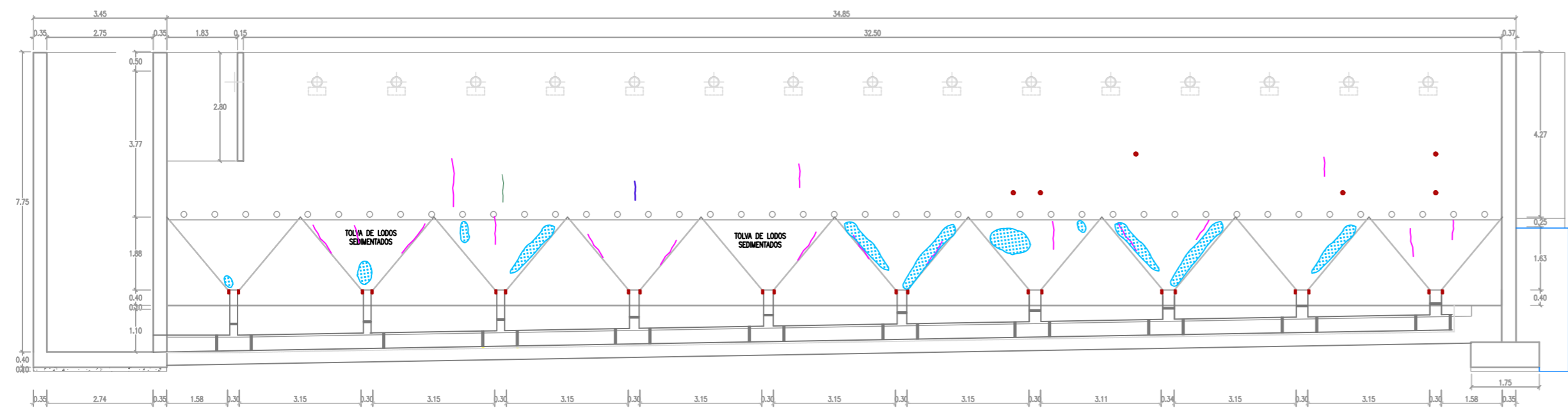


CORTE A-A (LADO "B")



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		LÁMINA:
	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGÍAS SEDIMENTADOR 1A		P-S1A
	PLANO:	FECHA: NOVIEMBRE 2025	
	TESIS: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	ESCALA: INDICADA	
TESIS: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA			



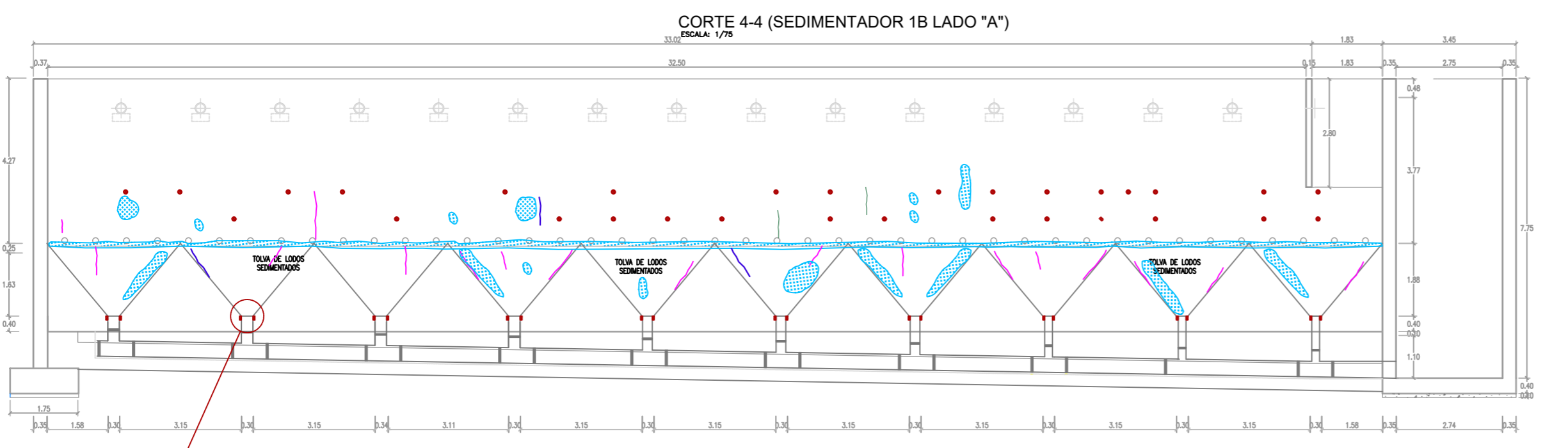
A



En el muro A se observa la presencia de fisuras verticales, así como humedad en las tolvas.



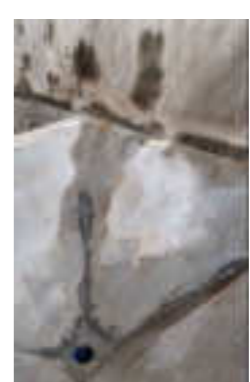
En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.



C



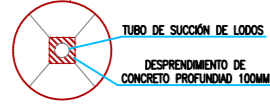
En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad en el muro C; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.



En la fotografía se observa la presencia de fisuras verticales en el muro C, así como humedad en la parte inferior de dicho muro y en las tolvas.



En la fotografía se observa la filtración de agua por la presencia de fisuras verticales en el muro C, así como humedad en la parte inferior de dicho muro y en las tolvas.



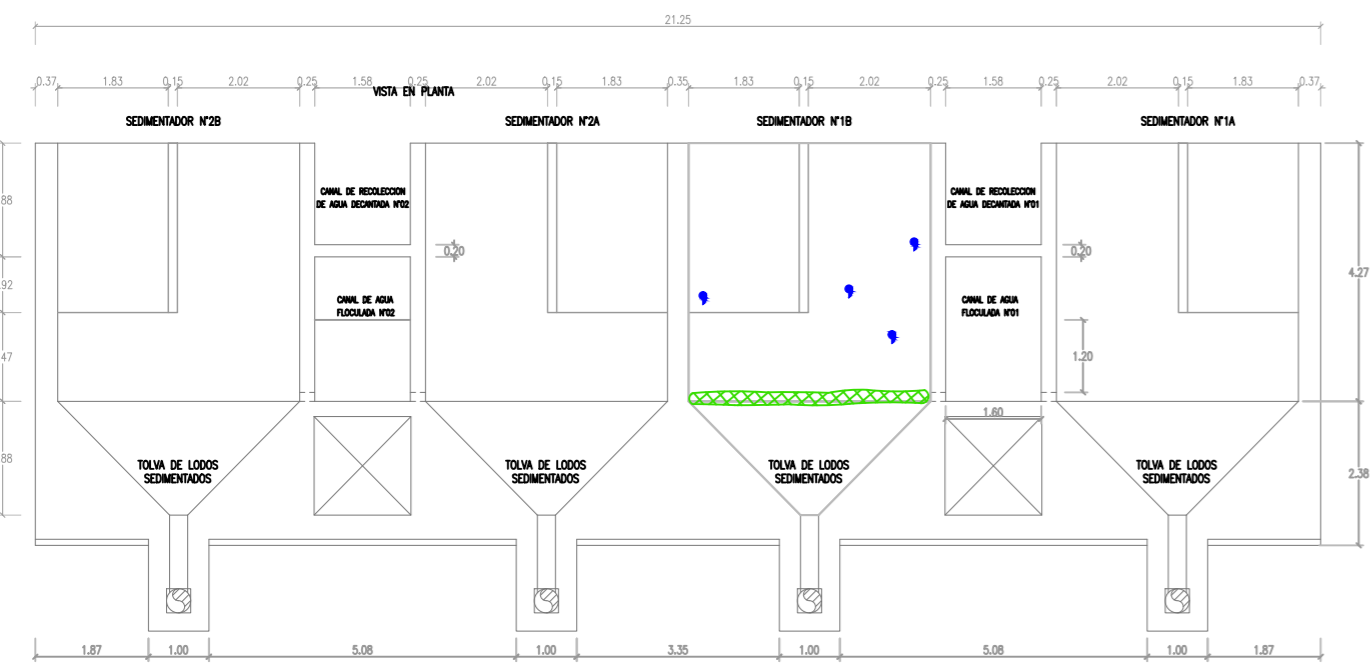
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESprendimiento (EN ZONAS DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESprendimiento EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	

D



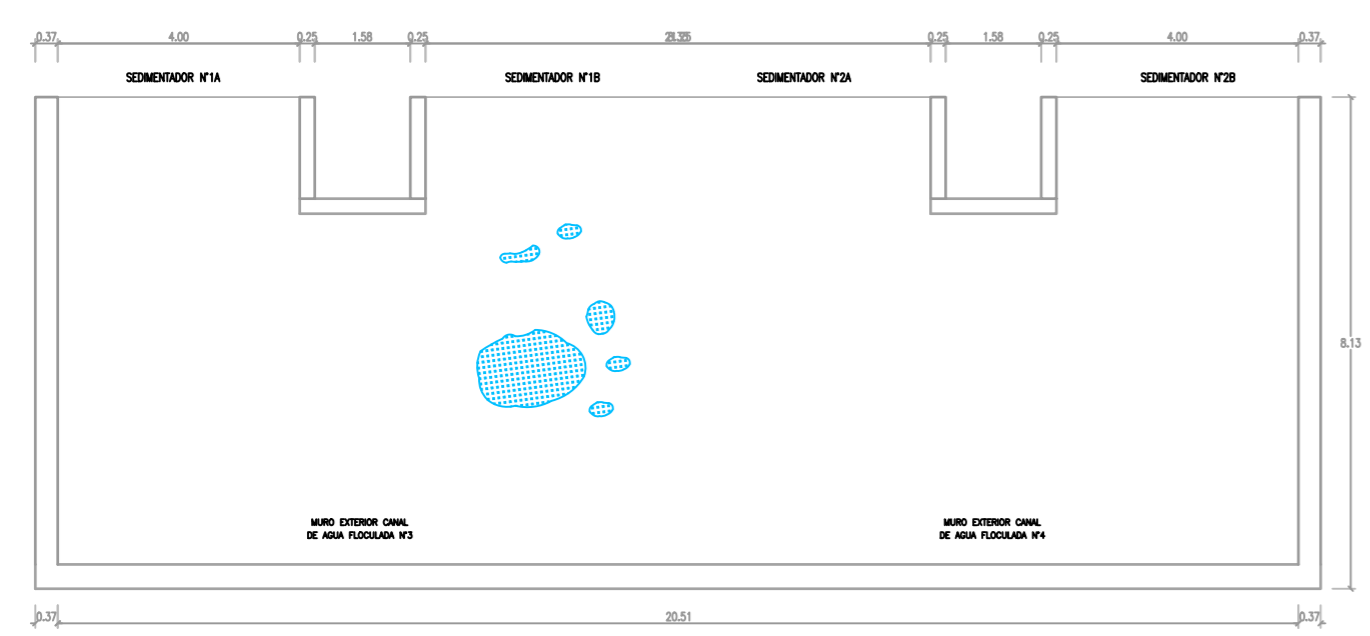
La cara del muro D no presenta evidencia de patologías en la parte interior.



B



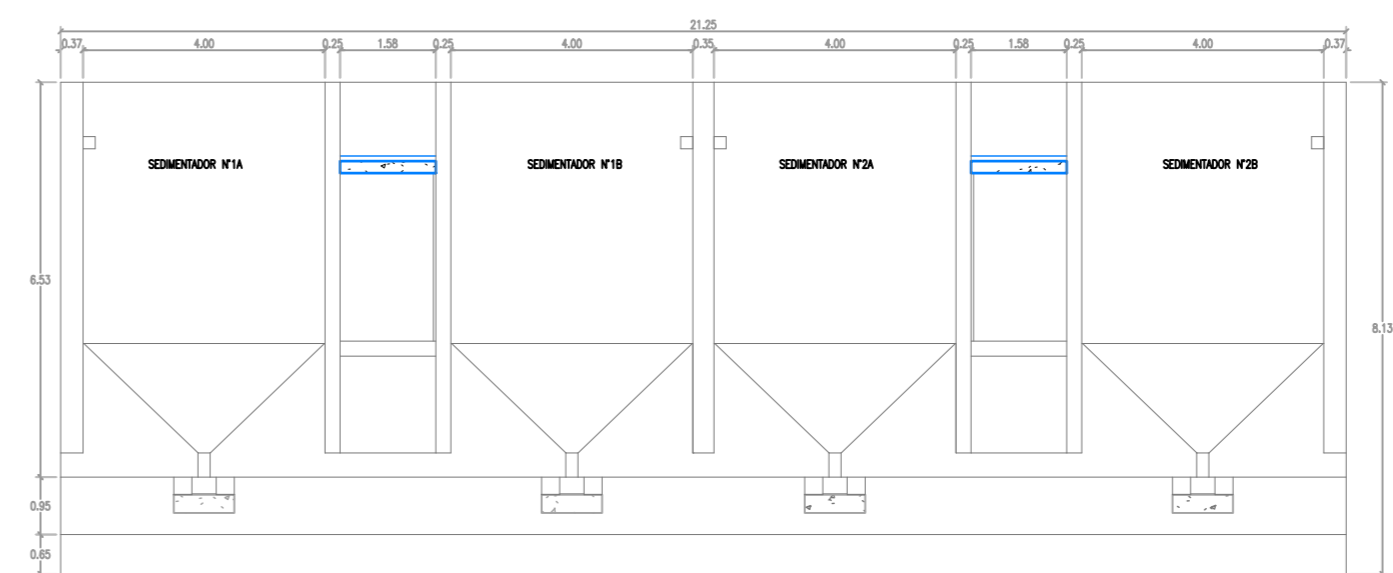
Se evidencia la presencia de cangrejas en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.



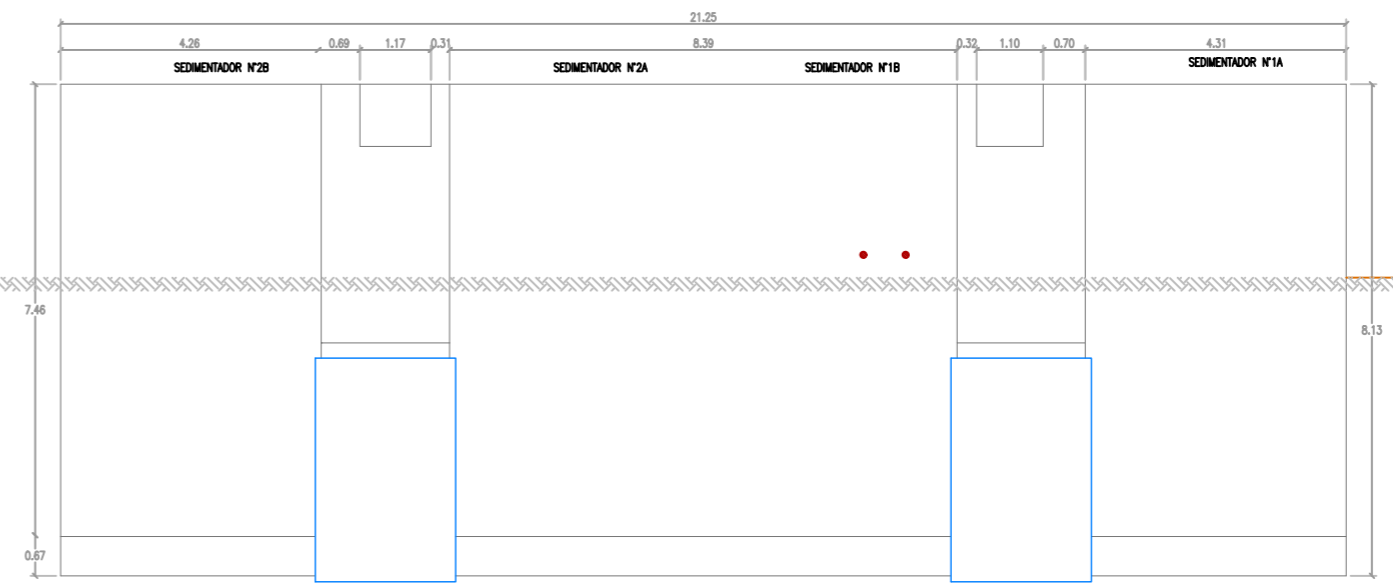
B



En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.



CORTE C-C (LADO "D")



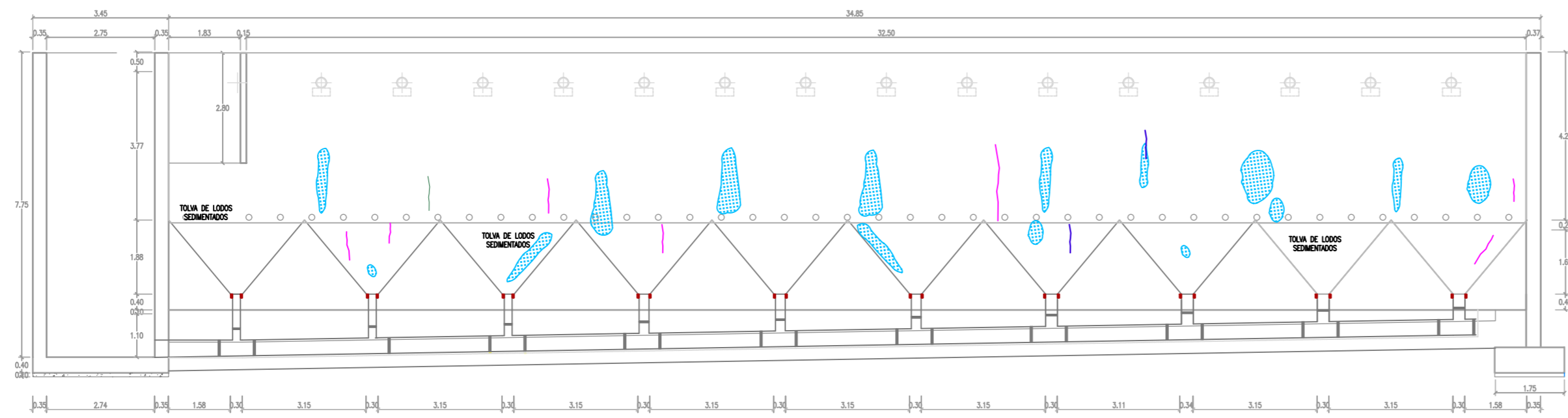
CORTE D-D (LADO "D EXTERIOR")

D

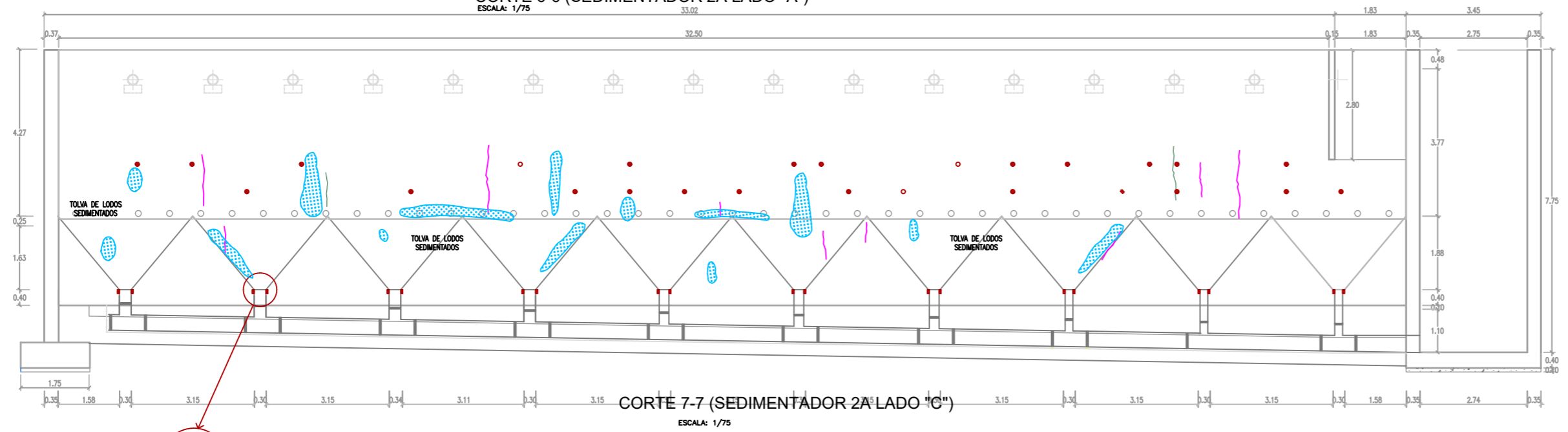


En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad en el muro D parte exterior; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		LÁMINA:
	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGÍAS SEDIMENTADOR 1B		P-S1B
	PLANO:	FECHA:	
	TESIS: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	NOVIEMBRE 2025	
TESIS: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	ESCALA:	INDICADA	



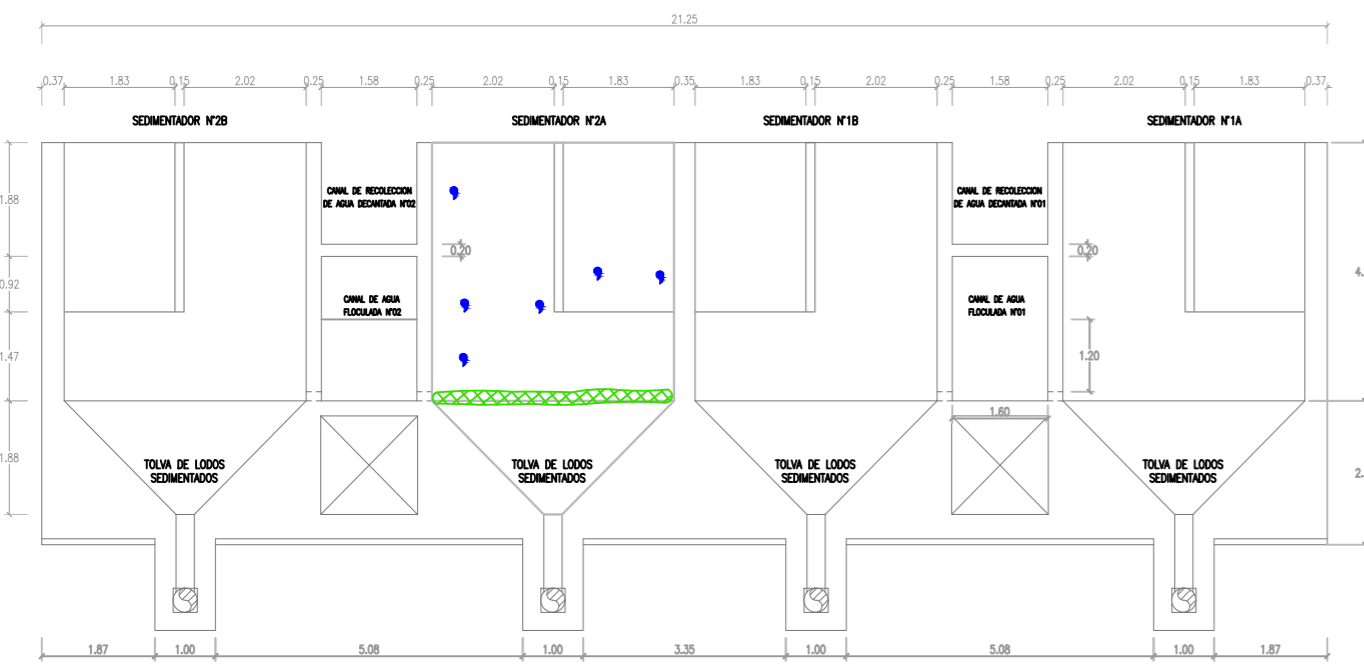
CORTE 6-6 (SEDIMENTADOR 2A LADO "A")
ESCALA: 1/75



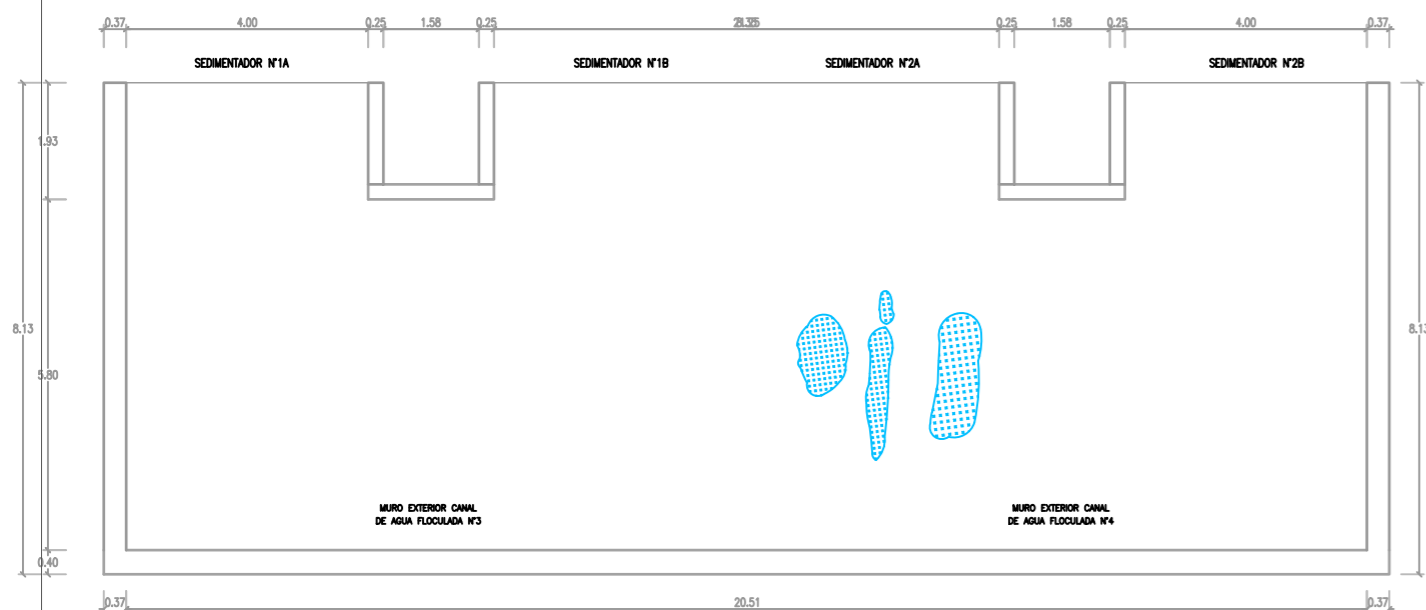
CORTE 7-7 (SEDIMENTADOR 2A LADO "C")
ESCALA: 1/75



VISTA EN PLANTA



CORTE A-A (LADO "B")



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")



Se evidencia la presencia de cangrejeras en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm; asimismo, se observa acero de refuerzo expuesto.



En el muro se observa la presencia de alambre expuesto.



En la fotografía se observa la parte exterior del muro B, donde se evidencia filtración de agua a través de una fisura, así como presencia de humedad en dicho muro.

A



En la fotografía se evidencia la presencia de fisuras verticales en el muro A, así como humedad asociada a dichas fisuras.

C



En la fotografía se evidencia la presencia de fisuras verticales en el muro C, así como humedad en los muros y en las tolvas.

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONAS DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERIA DE SUCCION
	HUMEDAD

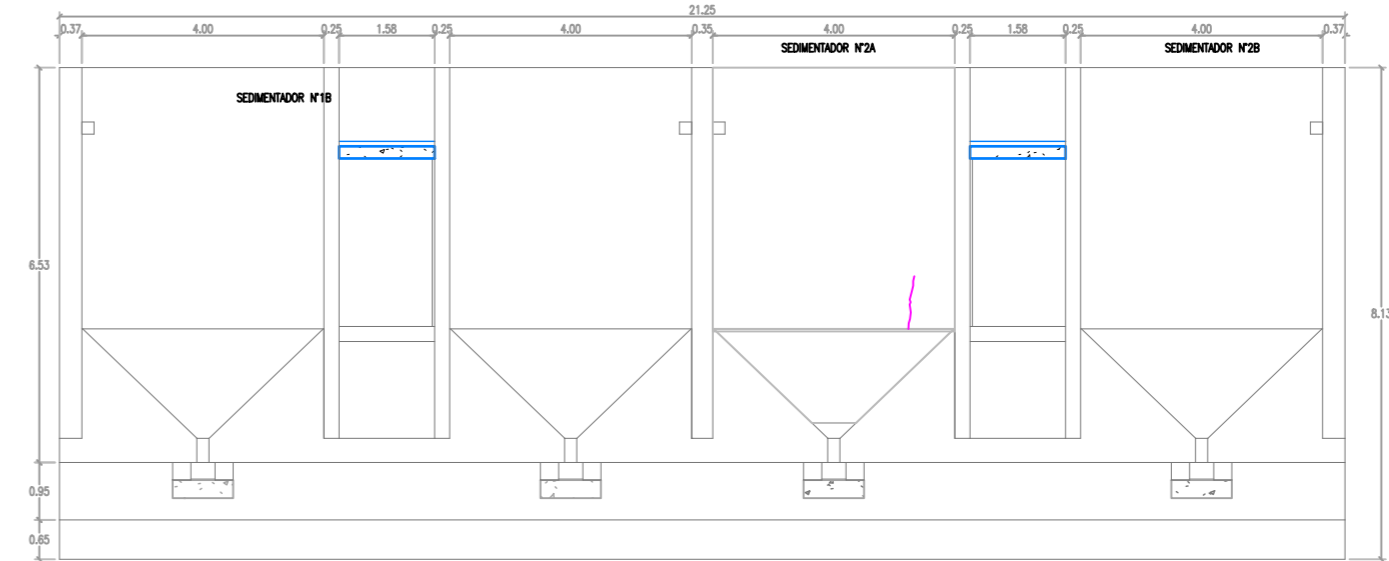
ANCHO DE APERTURA DE FISURAS INDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	

D



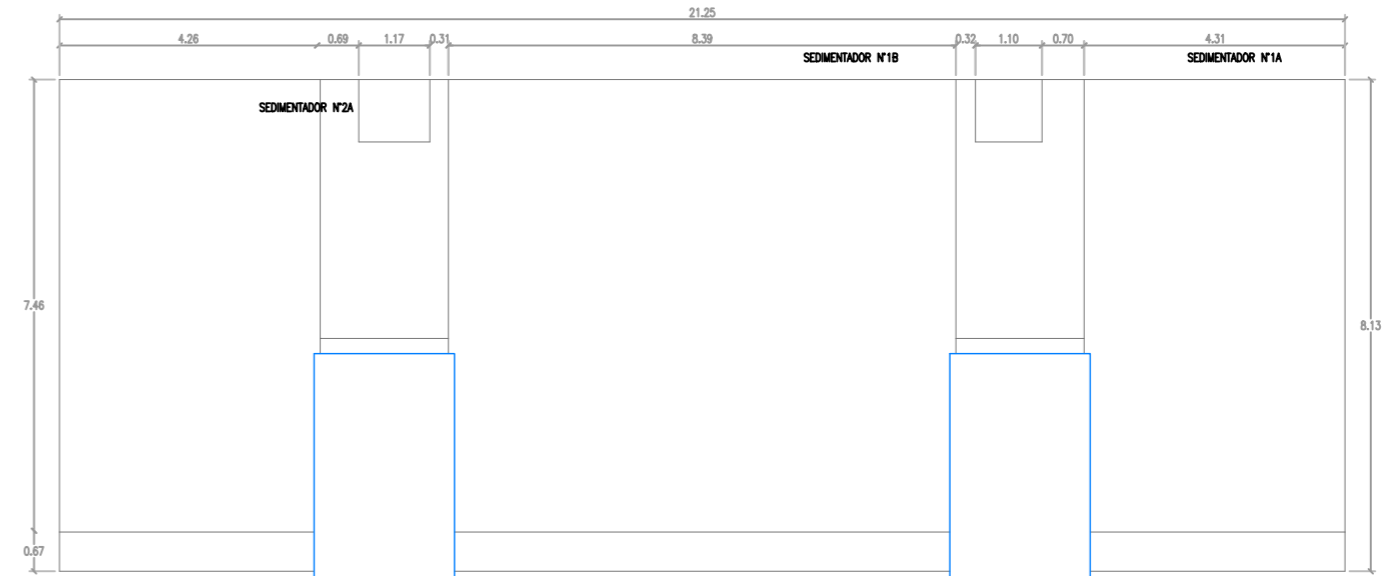
En la fotografía se evidencia la presencia de fisuras verticales en el muro D.

SEDIMENTADOR N1A



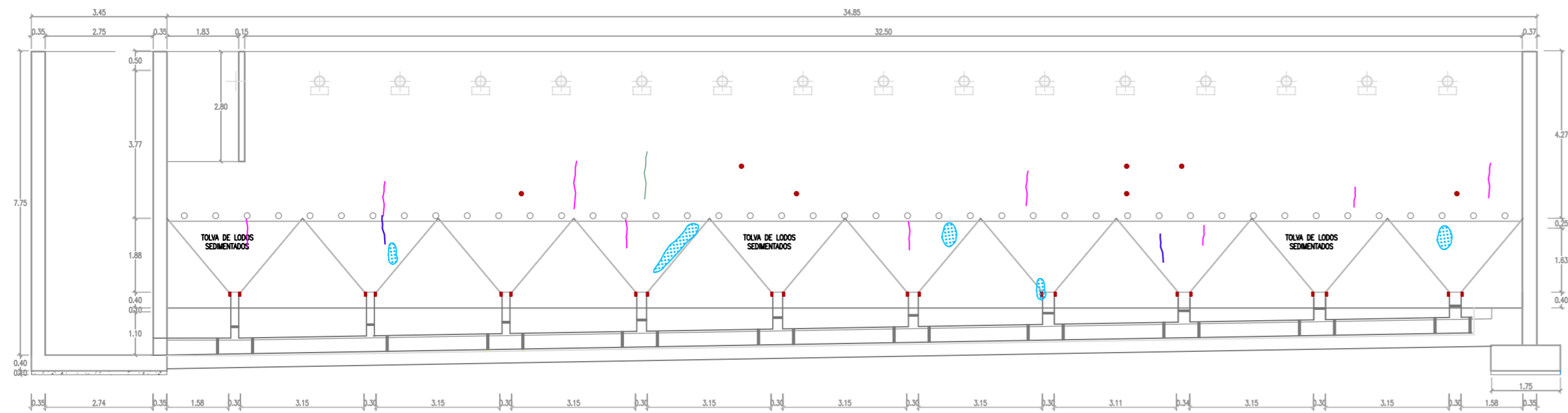
CORTE C-C (LADO "D")

SEDIMENTADOR N2B

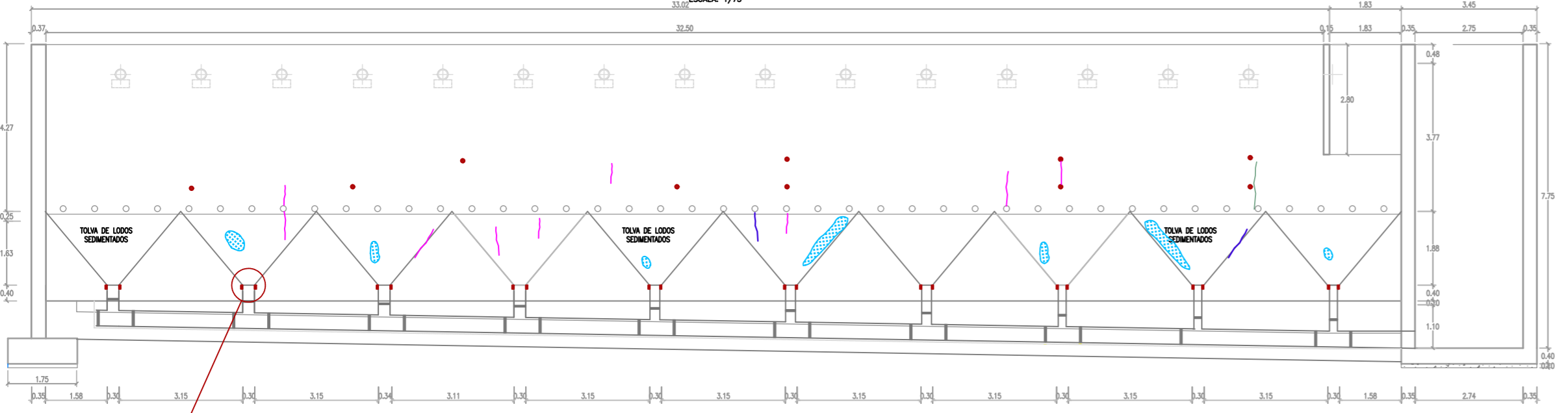


CORTE D-D (LADO "D EXTERIOR")

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		LÁMINA:
	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS SEDIMENTADOR 2A		P-S2A
	PLANO:	TESIS: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	
	TESISISTA: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	ESCALA: INDICADA	



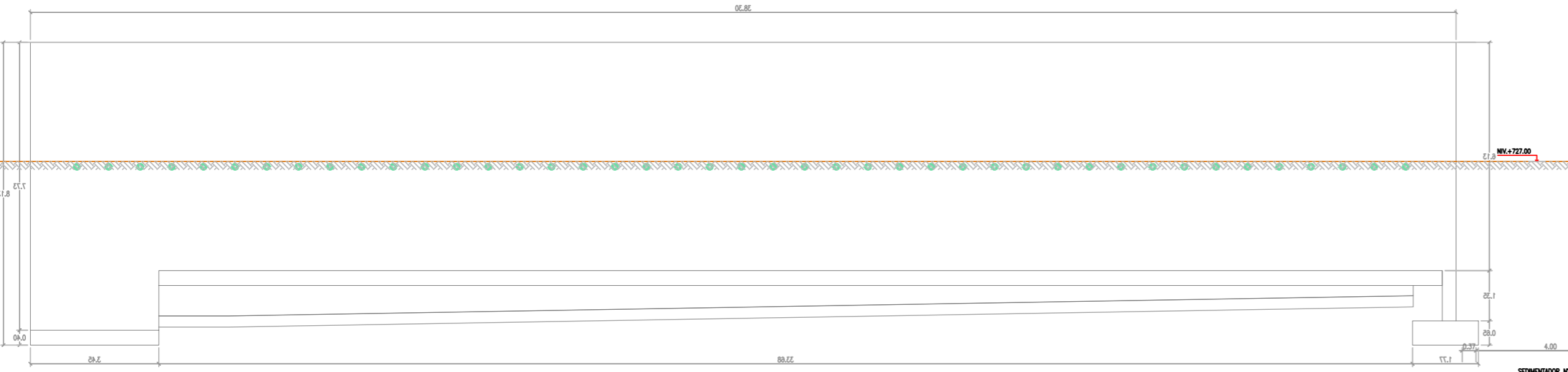
CORTE 8-8 (SEDIMENTADOR 2B LADO "A")
ESCALA: 1/75



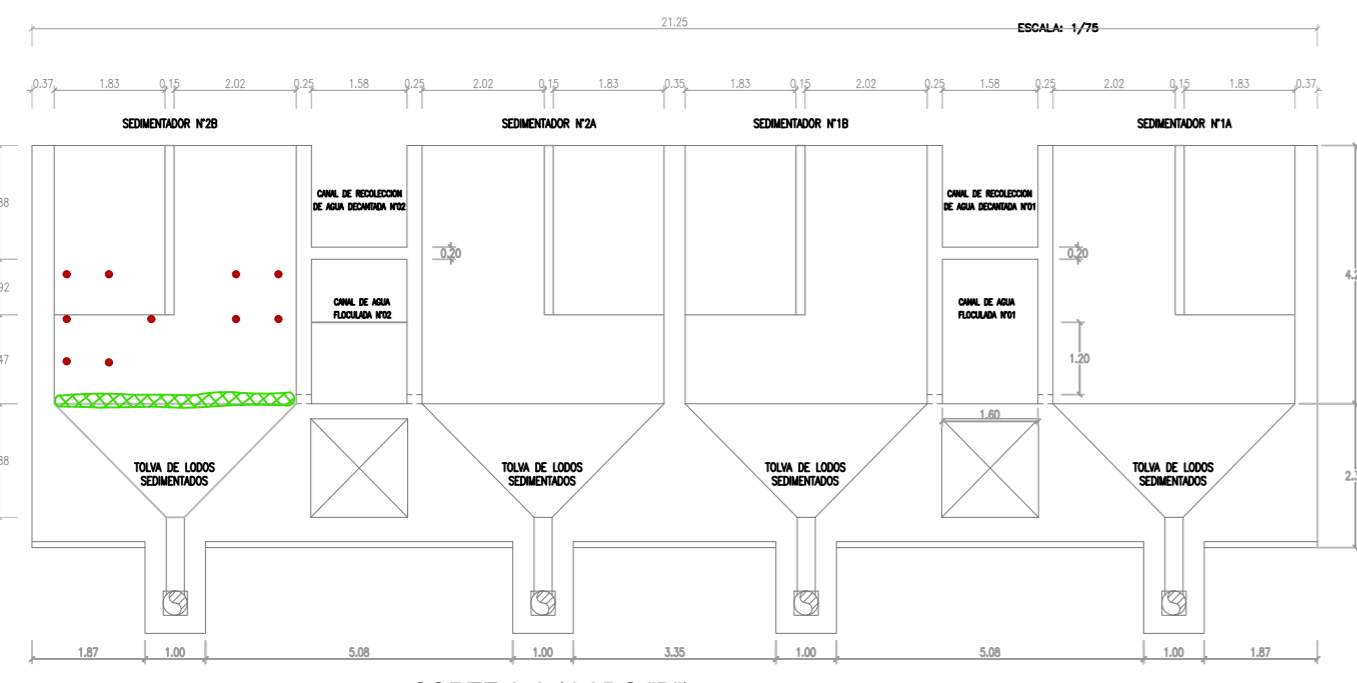
CORTE 9-9 (SEDIMENTADOR 2B LADO "C")



TUBO DE SUCCIÓN DE LODOS
DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO PROFUNDIDAD: 100MM
VISTA EN PLANTA



CORTE 10-10 (LADO "C EXTERIOR")



CORTE A-A (LADO "B")

B



Se evidencia la presencia de cangrejeras en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.

A



En la fotografía se evidencia la presencia de fisuras verticales en el muro A, así como humedad en las tolvas.



Se observa desprendimiento de concreto en el contorno del tubo de succión de lodos, con una profundidad aproximada de 10 cm.

C

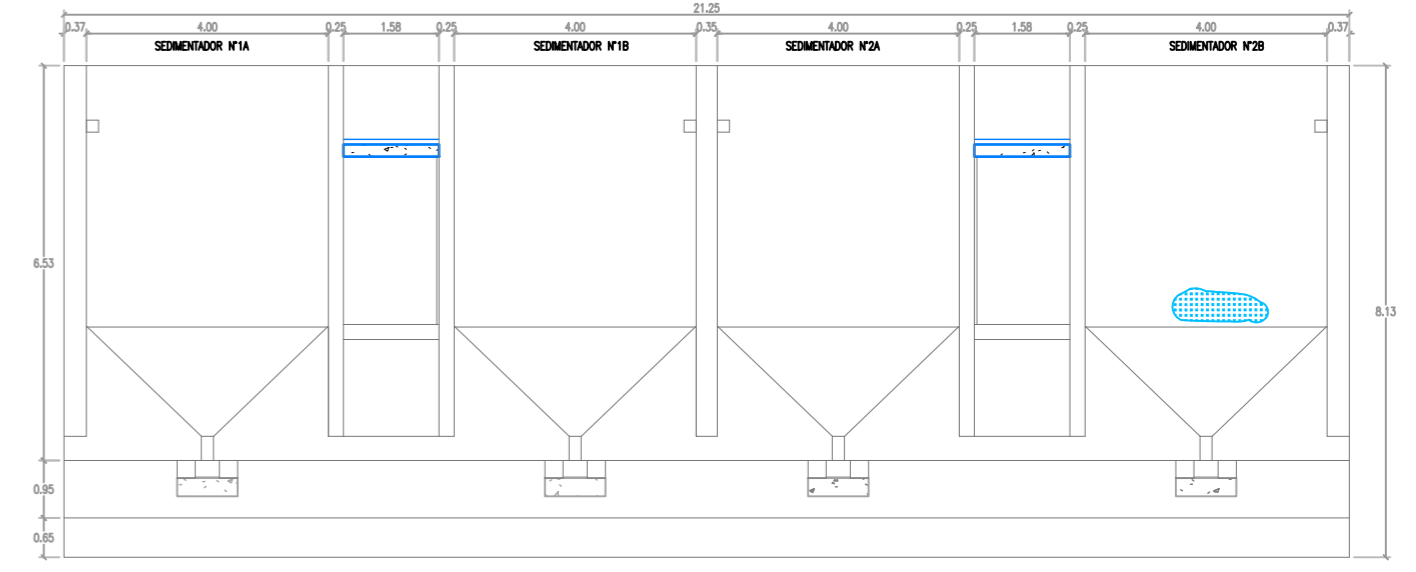


En la cara exterior del muro C se observan filtraciones de agua ocasionadas por la presencia de fisuras verticales y por obturadores deficientemente sellados.

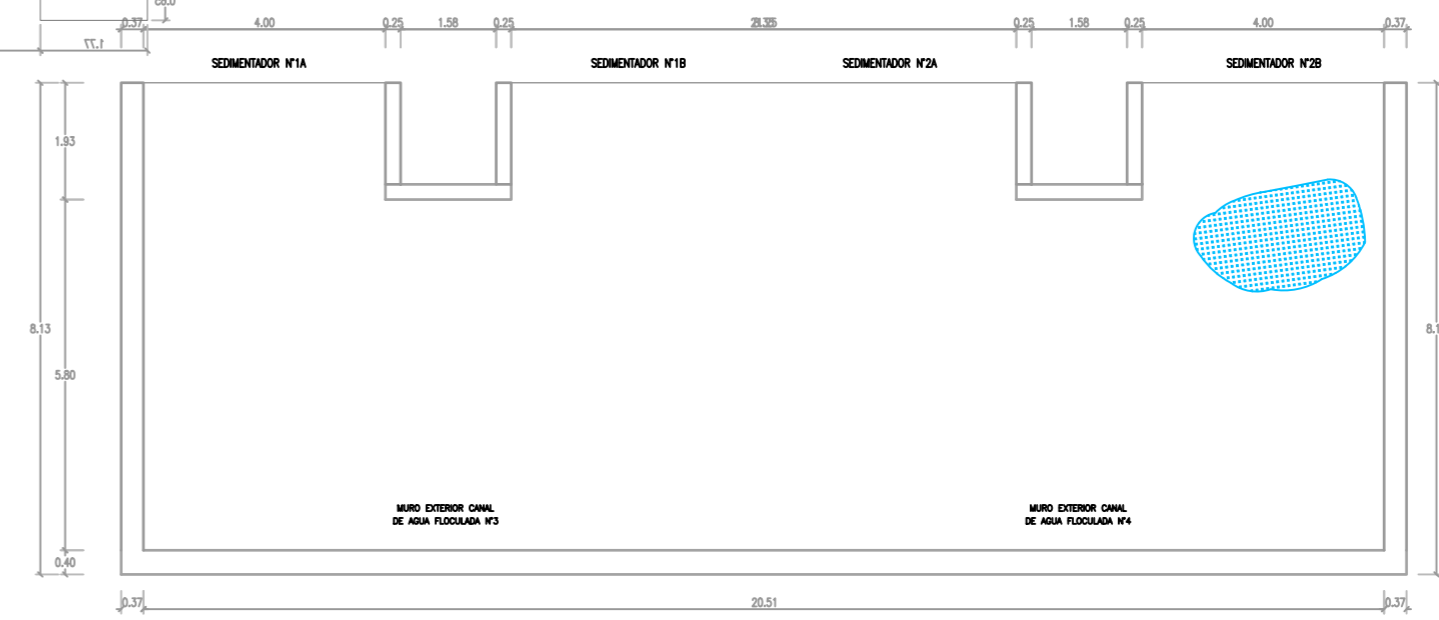


Se evidencia humedad en la parte inferior del muro D.

D



CORTE C-C (LADO "D")



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")



Se evidencia la presencia de humedad en la cara exterior del muro B.

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONAS DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

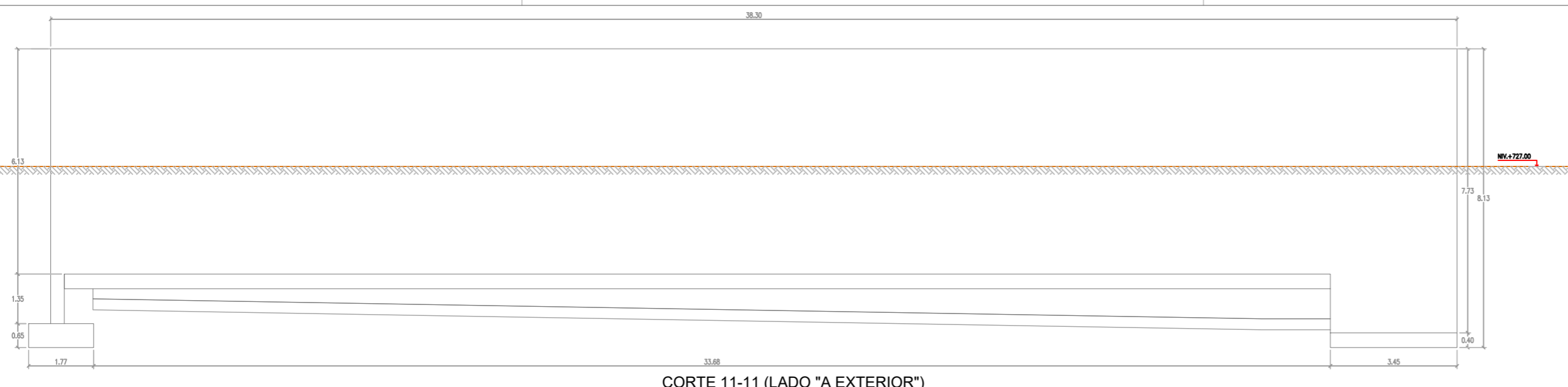
PLANO: LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS
SEDIMENTADOR 2B

FECHA: NOVIEMBRE 2025

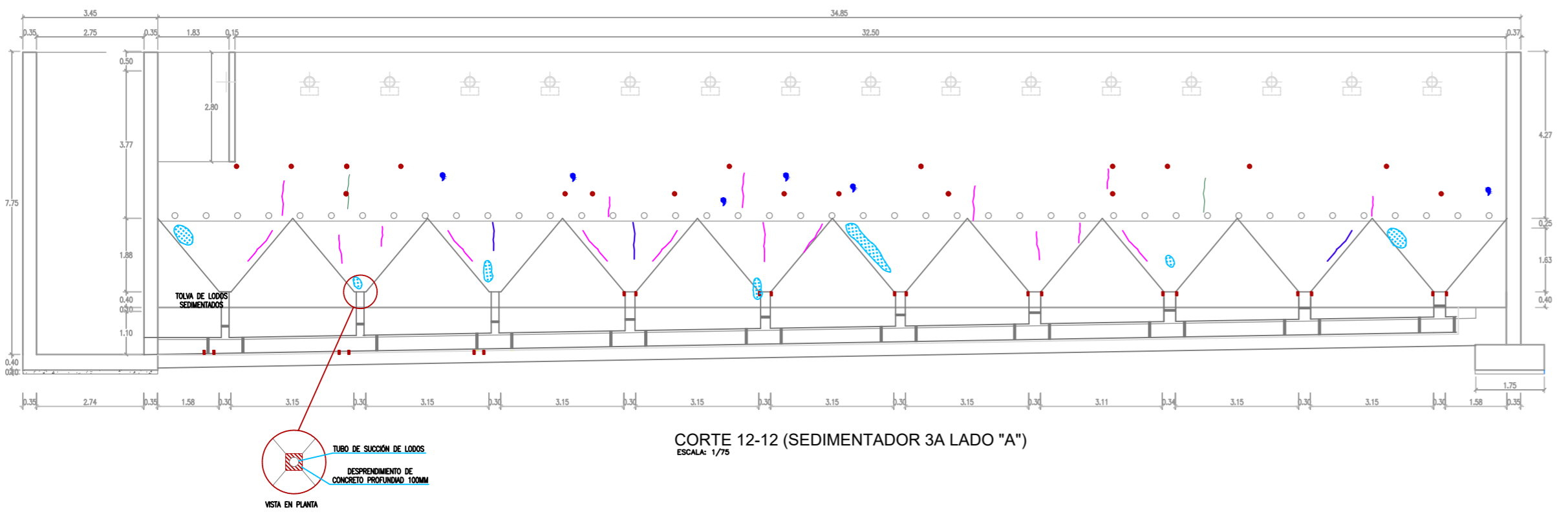
TESISTA: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA

LÁMINA:

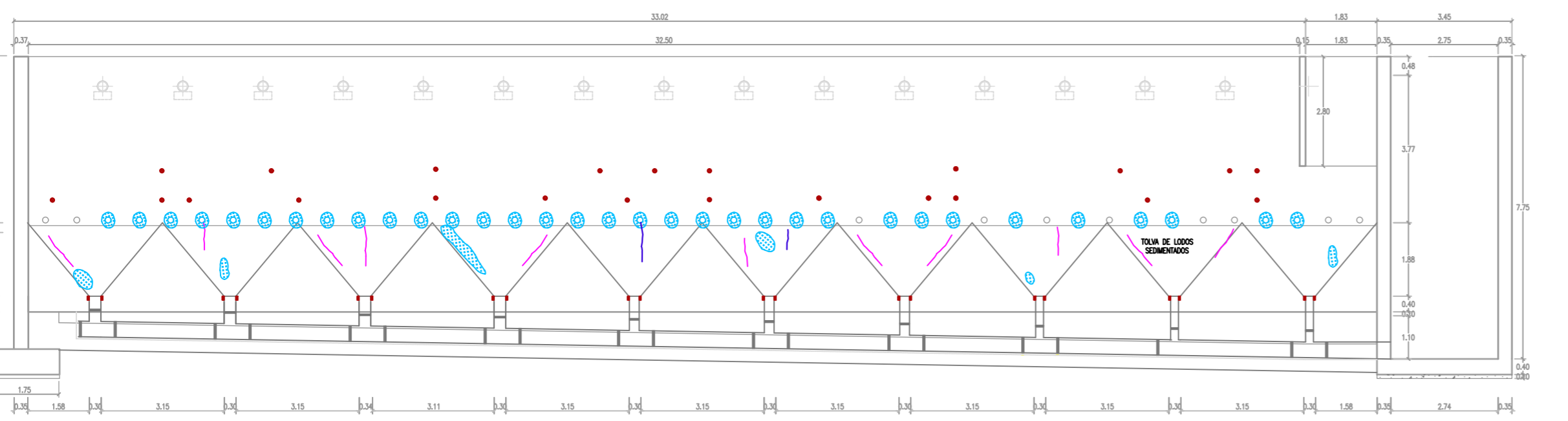
P-S2B



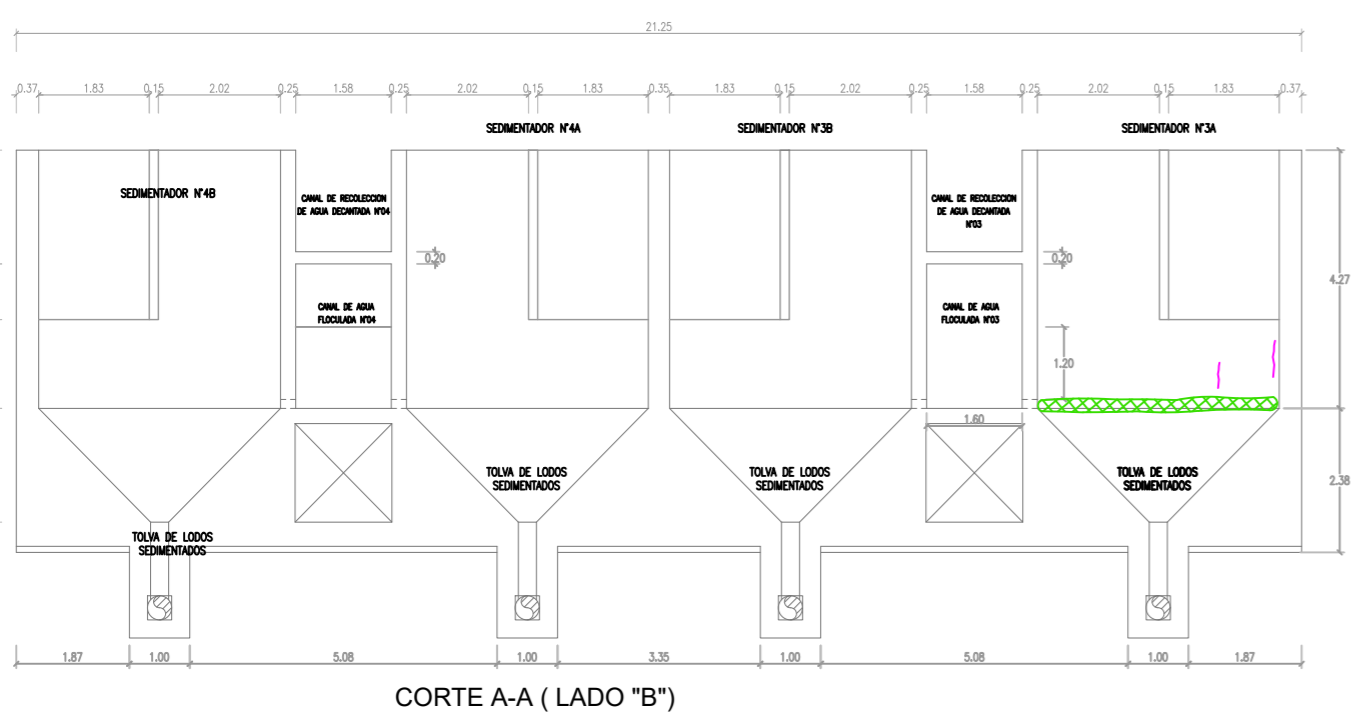
CORTE 11-11 (LADO "A" EXTERIOR")



CORTE 12-12 (SEDIMENTADOR 3A LADO "A")
ESCALA: 1/75



CORTE 13-13 (SEDIMENTADOR 3A LADO "C")
ESCALA: 1/75



CORTE A-A (LADO "B")

B



Se evidencia la presencia de cangrejas en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.

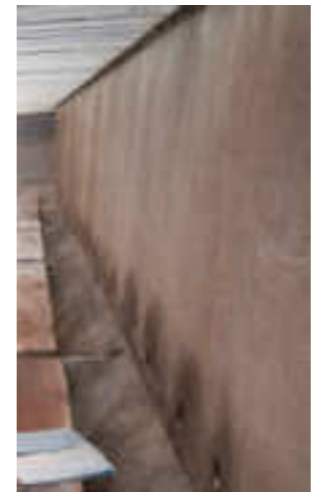


En la parte exterior del muro B se observa presencia de humedad como consecuencia de fisuras verticales.



En la imagen se observa la parte exterior del muro A, donde se evidencia desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad, así como la presencia de fisuras verticales.

A

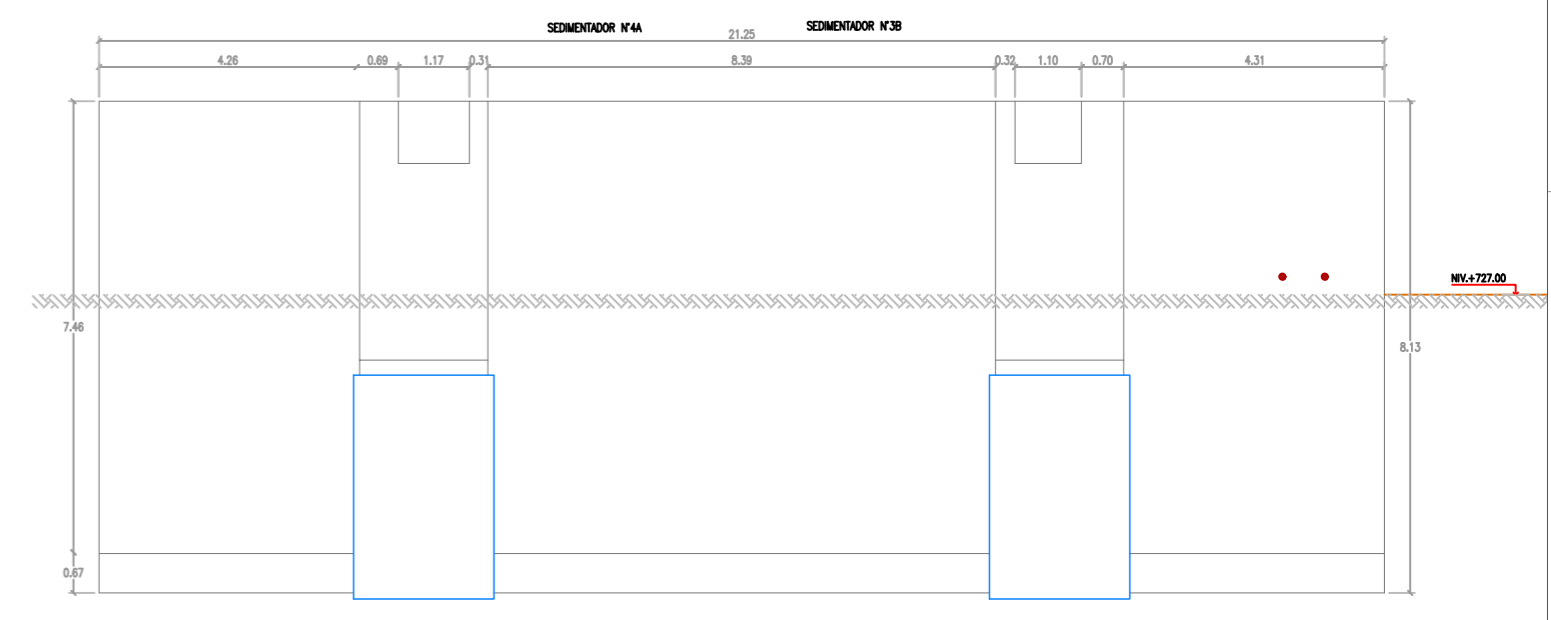


En la imagen se observa el muro C con presencia de fisuras verticales, así como humedad en la parte inferior del muro y en las tolvas.

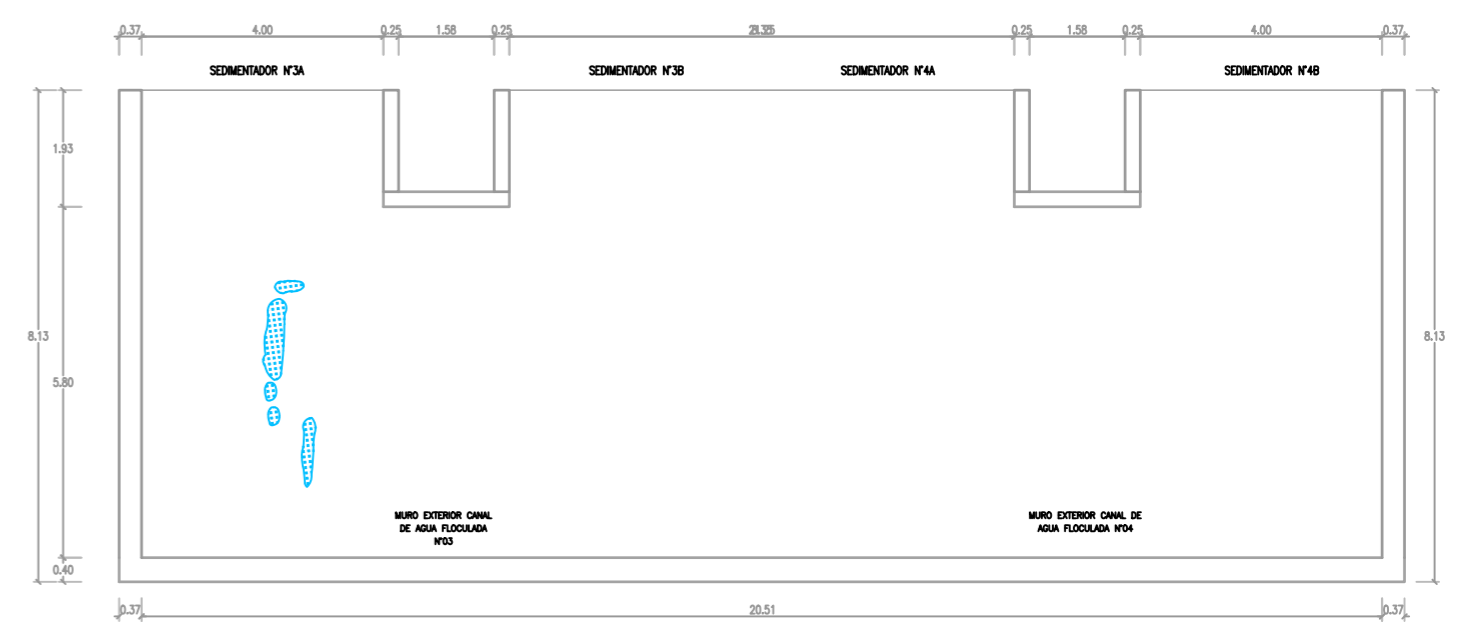


En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad en la cara exterior del muro D; asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.

C



CORTE D-D (LADO "D" EXTERIOR")



CORTE B-B (LADO "B" EXTERIOR")

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONA DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERIA DE SUCCION
	HUMEDAD

ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS
SEDIMENTADOR 3A

LÁMINA:
P-S3A

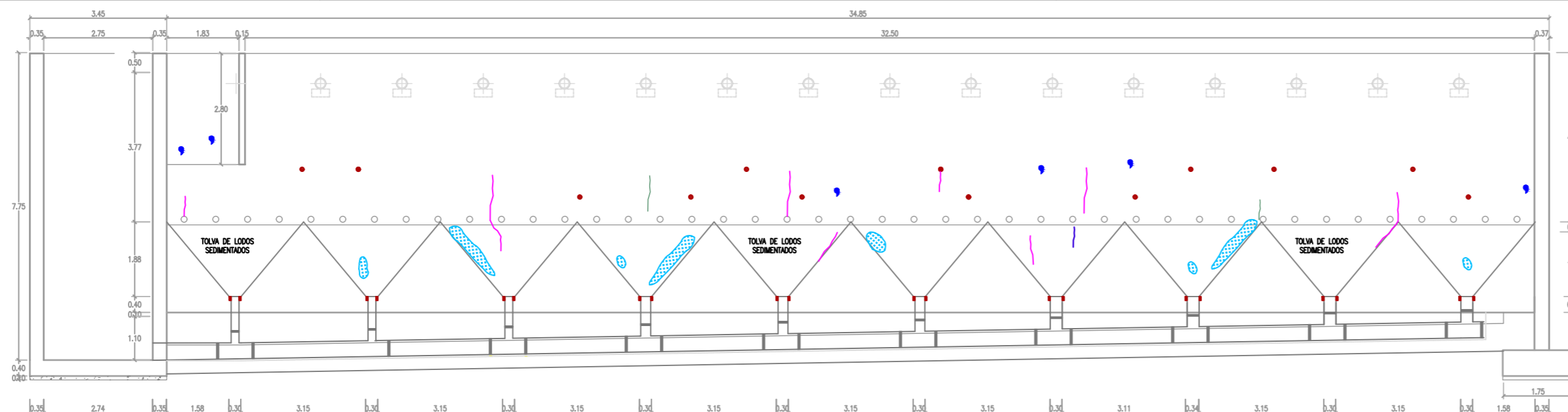
PLANO: LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS SEDIMENTADOR 3A

TESIS: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"

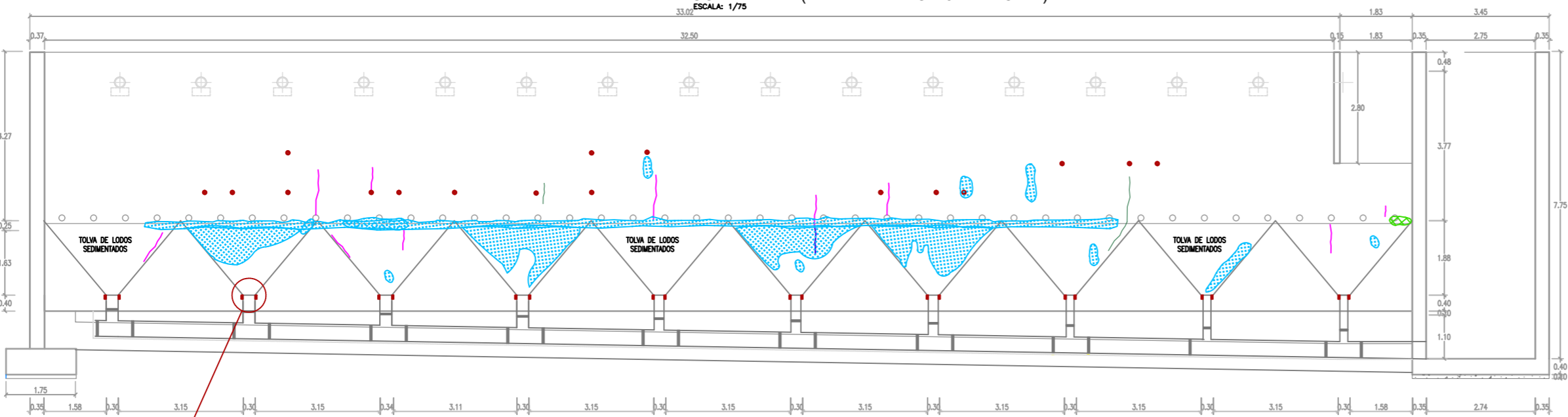
TESISTA: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA

FECHA: NOVIEMBRE 2025

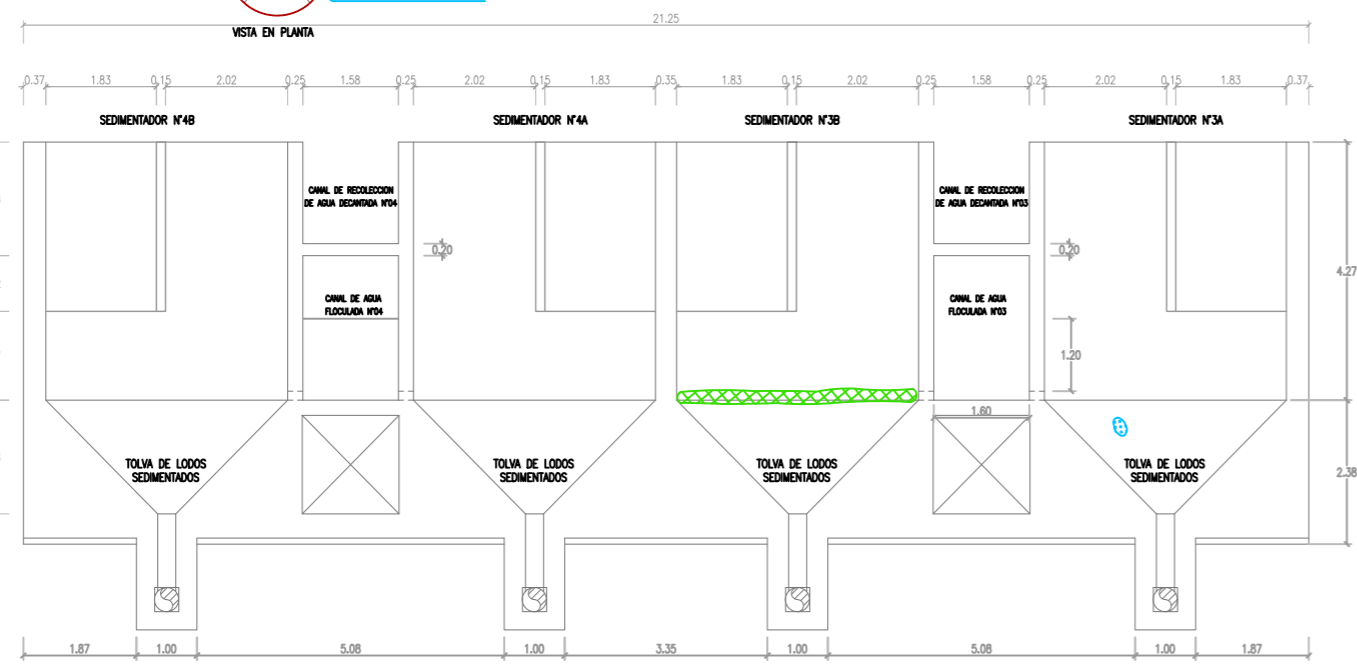
ESCALA: INDICADA



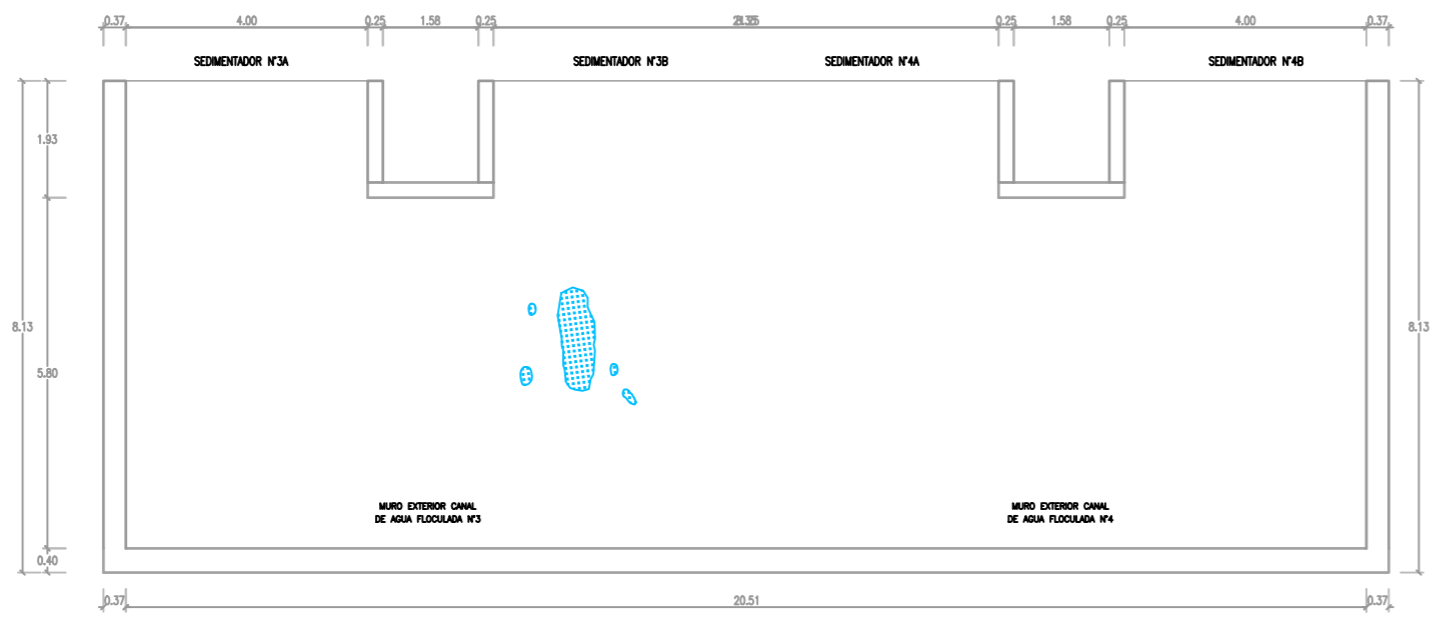
CORTE 14-14 (SEDIMENTADOR 3B LADO "A")
ESCALA: 1/75



CORTE 15-15 (SEDIMENTADOR 3B LADO "C")
ESCALA: 1/75



CORTE A-A (LADO "B")



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")

A



En la imagen se observa el muro A con presencia de fisuras verticales, así como humedad en las tolvas.

C



En la imagen se observa el muro C con presencia de fisuras verticales, así como humedad en la parte inferior del muro y en las tolvas.

B



Se evidencia la presencia de cangrejeras en la parte inferior del muro B, con una profundidad aproximada de 15 cm y un ancho de 25 cm.



Se observa desprendimiento de concreto en el contorno del tubo de succión de lodos, con una profundidad aproximada de 10 cm.

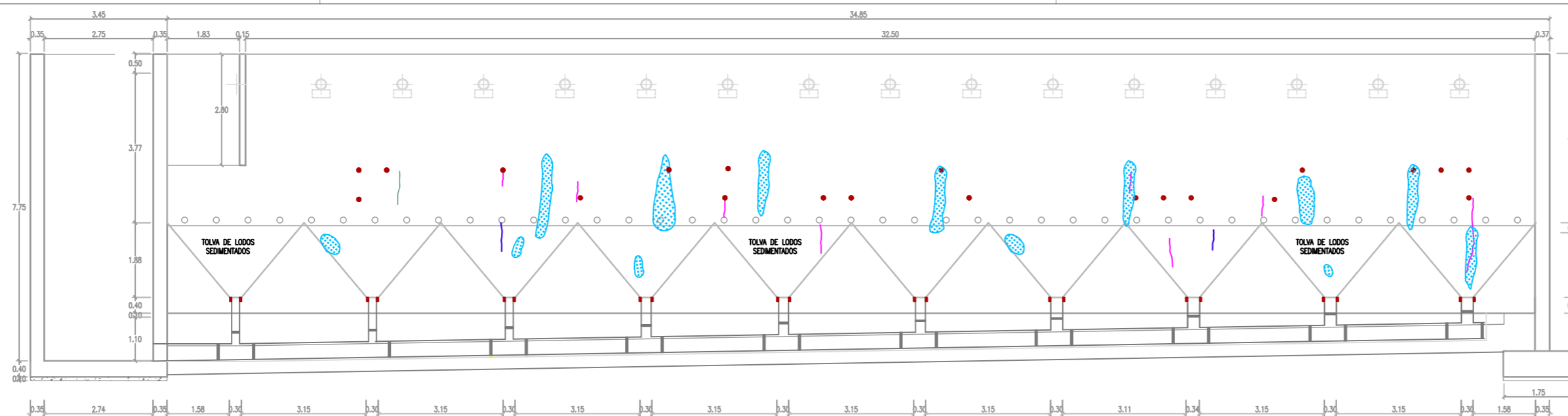


En la imagen se evidencia la presencia de humedad en la parte exterior del muro B.

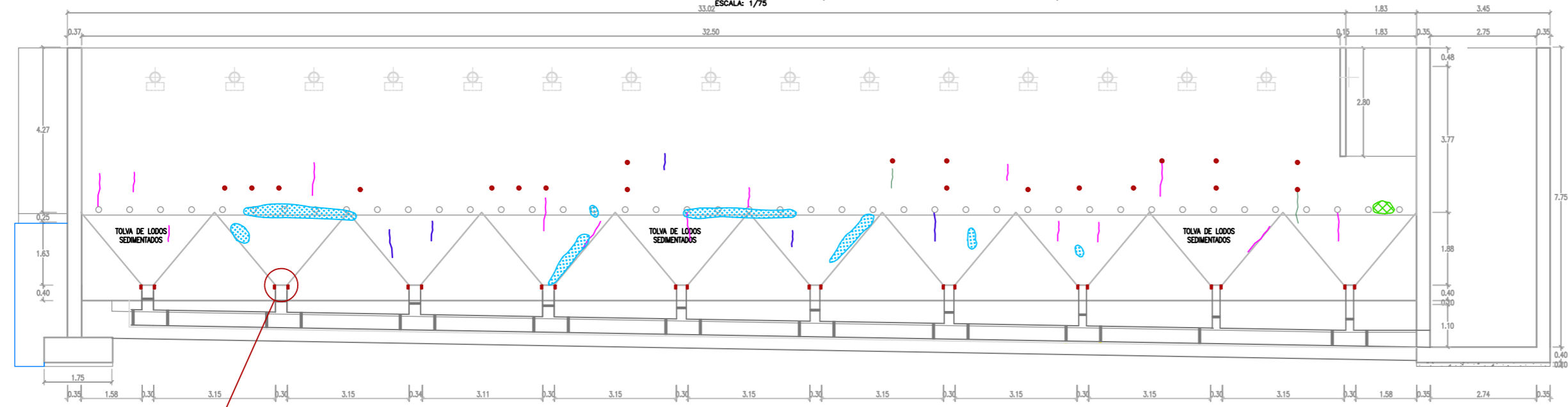
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONA DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

ANCHO DE APERTURA DE FISURA IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	

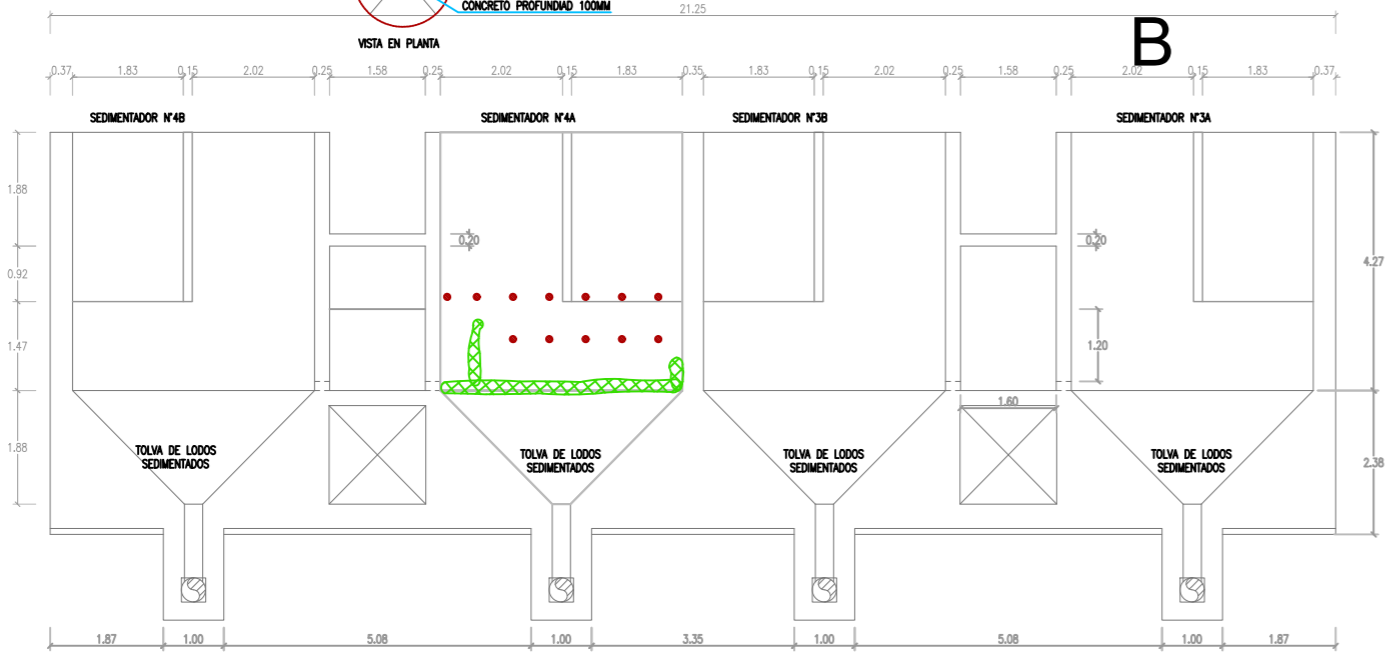
	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		LÁMINA:
	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGIAS SEDIMENTADOR 3B		P-S3B
	PLANO:	FECHA: NOVIEMBRE 2025	
	TESIS: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"		ESCALA: INDICADA
TESIS: BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA			



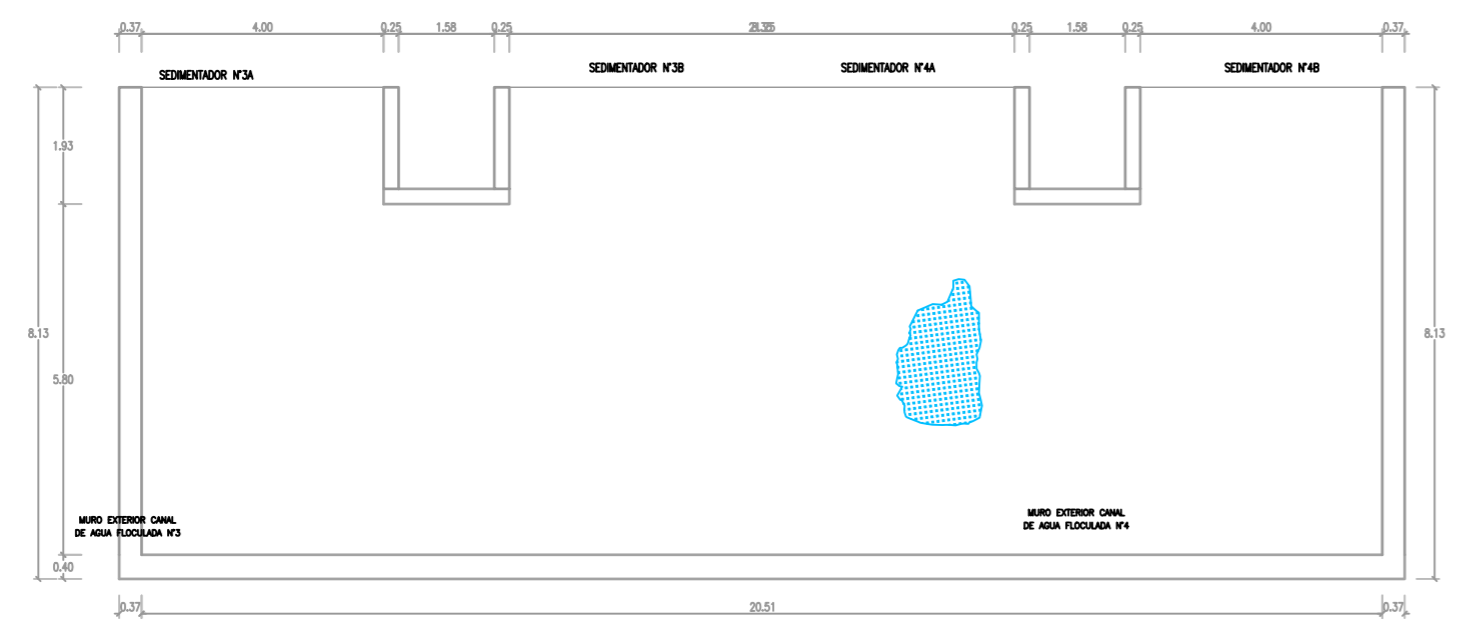
CORTE 16-16 (SEDIMENTADOR 4A LADO "A")



CORTE 17-17 (SEDIMENTADOR 4A LADO "C")



CORTE A-A (LADO "B")



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")



En la imagen se evidencia la presencia de cangrejeras en la parte inferior del muro B, así como el desprendimiento del sellado de los obturadores de estanqueidad.



Se evidencia la presencia de humedad en la cara exterior del muro B.

A



En la imagen se observa la presencia de fisuras verticales en el muro A, así como humedad asociada a dichas fisuras.

C



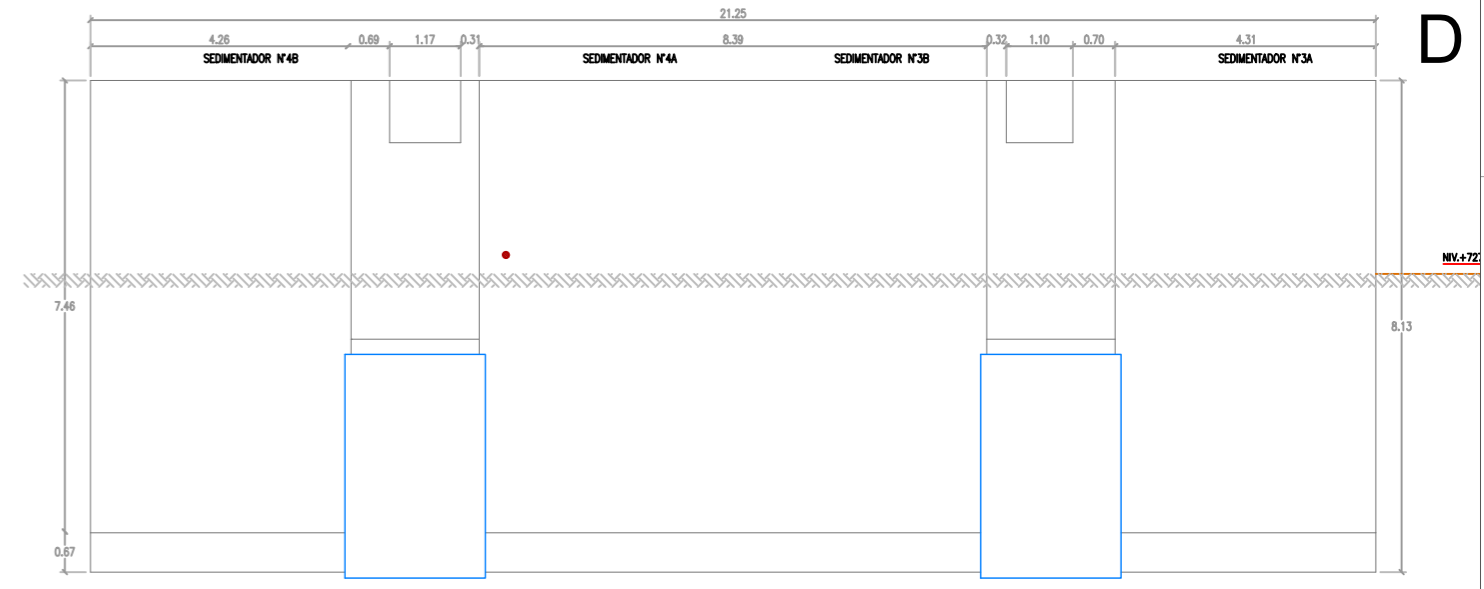
En la imagen se evidencia la presencia de cangrejeras en la parte inferior del muro C, con exposición del acero de refuerzo.



En la fotografía se evidencia el desprendimiento del sellado del obturador de estanqueidad, asimismo, se observa la ausencia de la roseta de estanqueidad, elemento necesario en estructuras destinadas a la contención de agua.

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONAS DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

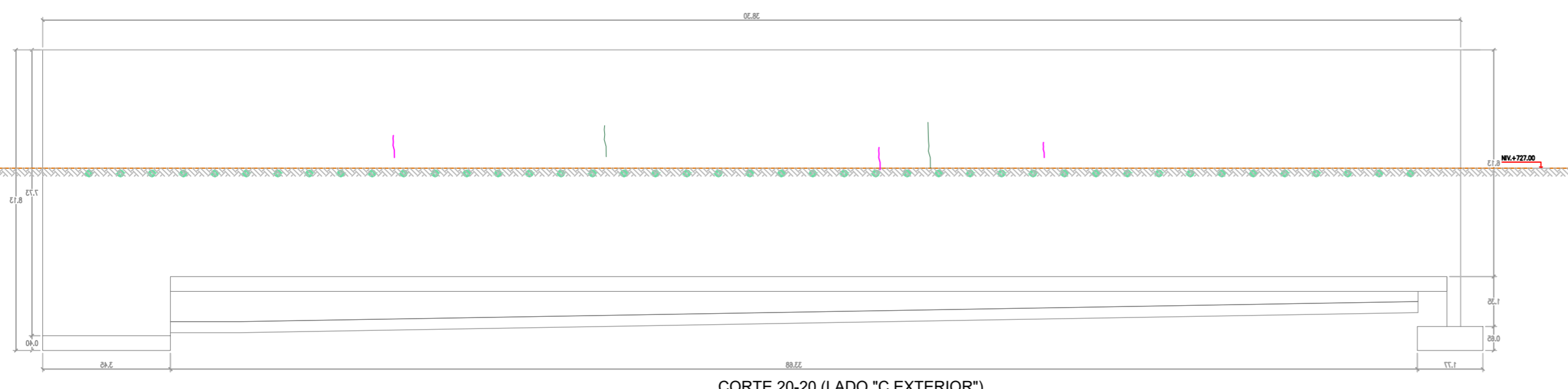
ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	



CORTE D-D (LADO "D EXTERIOR")

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	FISURAS
	GRIETAS
	CANGREJERAS
	ALAMBRE EXPUESTO
	DESPRENDIMIENTO (EN ZONA DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD)
	DESPRENDIMIENTO EN ZONA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN
	HUMEDAD

ANCHO DE APERTURA DE FISURAS IDENTIFICADAS	
0.10 mm	
0.20 mm	
0.30 mm	
0.60 mm	



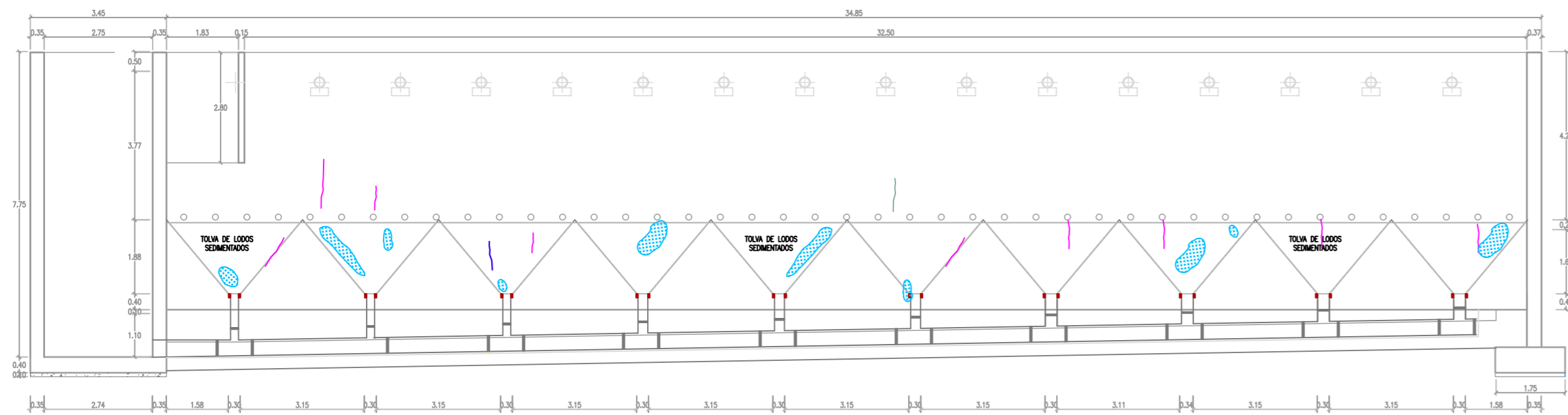
CORTE 20-20 (LADO "C EXTERIOR")



En la imagen se observa la presencia de fisuras verticales en el muro A.



En la imagen se evidencia la presencia de humedad en las tolvas, así como humedad asociada a fisuras.



CORTE 18-18 (SEDIMENTADOR 4B LADO "A")

A

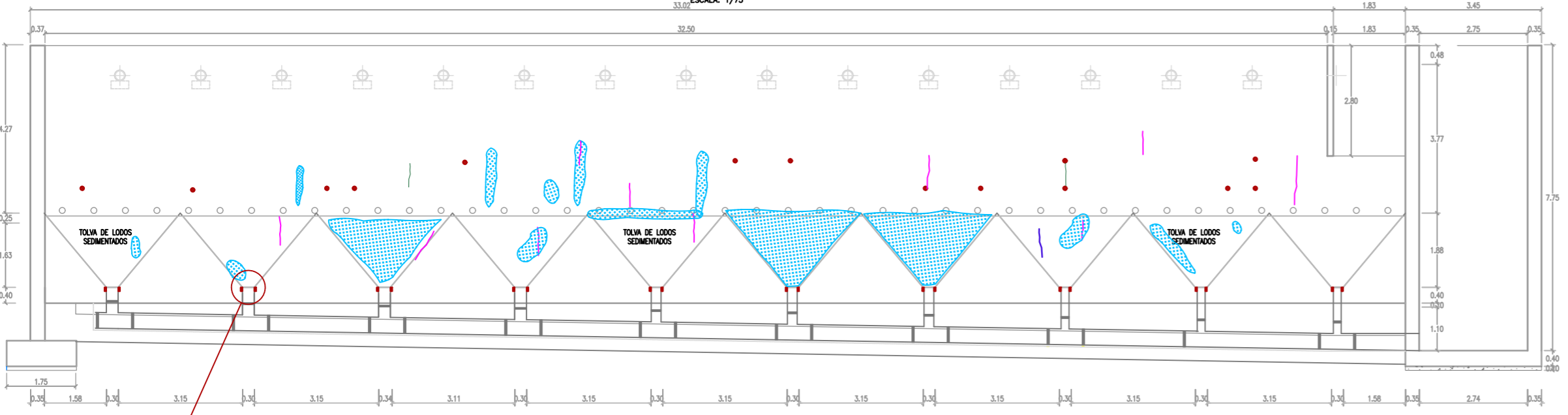


En la fotografía se evidencia filtración de agua en la cara exterior del muro C, ocasionada por la presencia de fisuras verticales.



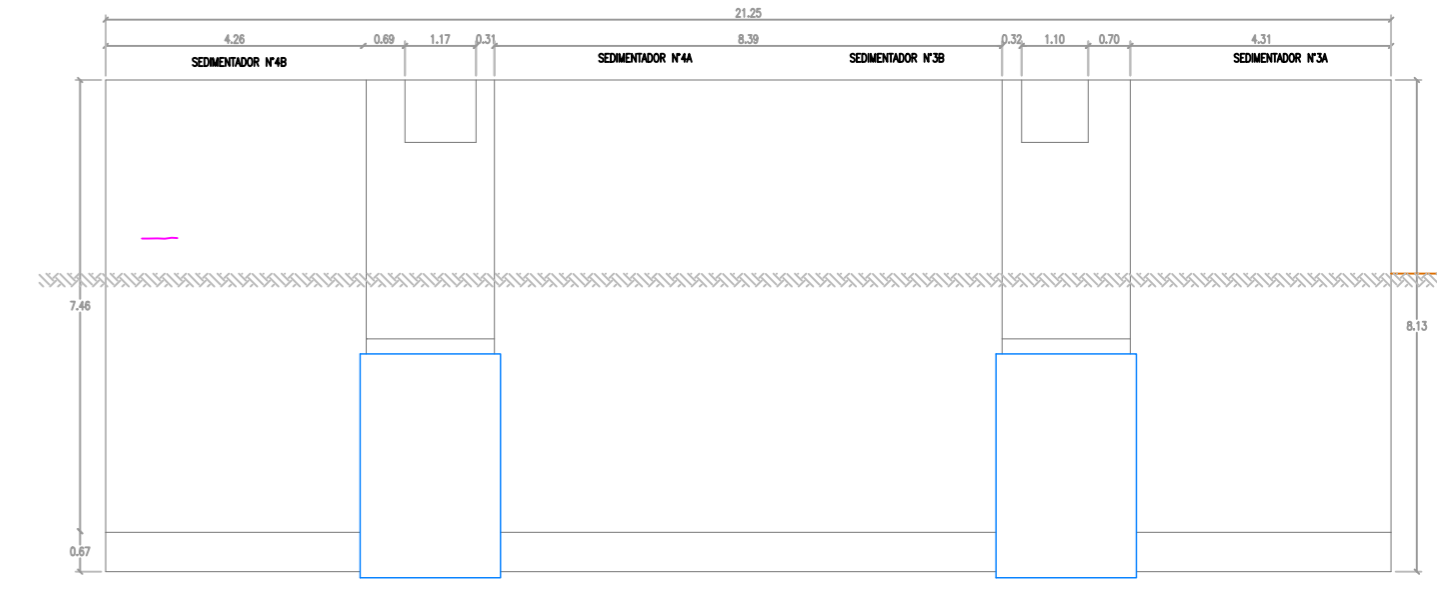
En la fotografía se evidencia la filtración de agua a través de una fisura horizontal localizada en la cara exterior del muro D.

D



CORTE 19-19 (SEDIMENTADOR 4B LADO "C")

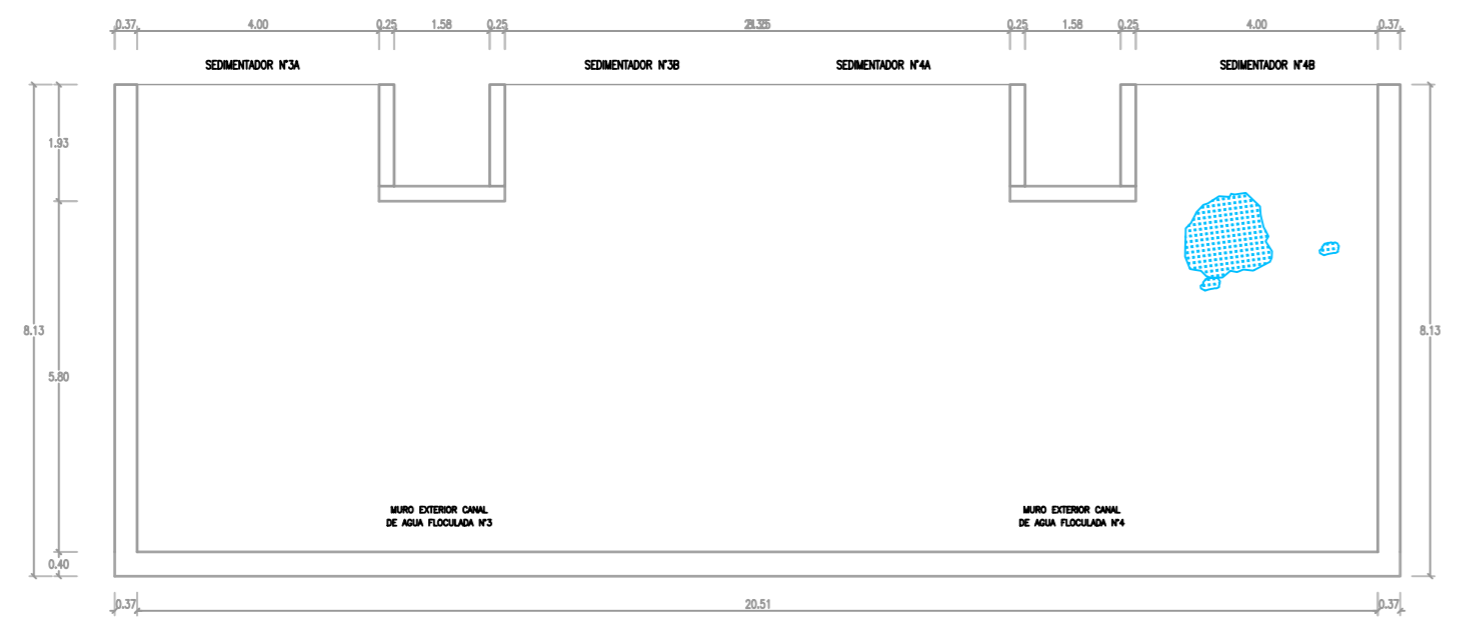
C



CORTE D-D (LADO "D EXTERIOR")



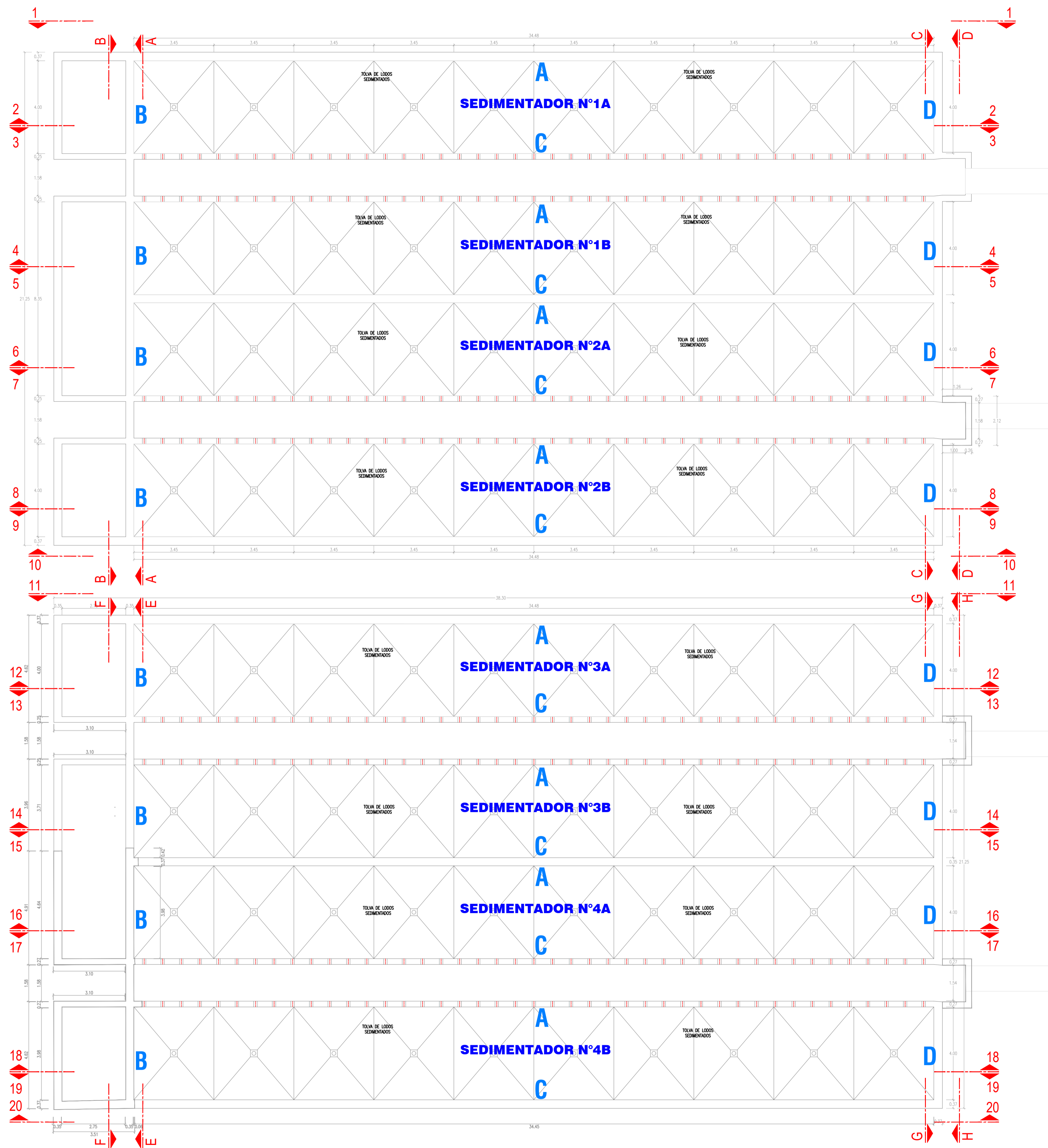
VISTA EN PLANTA



Se evidencia la presencia de humedad en la cara exterior del muro B.

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		LÁMINA:
	PLANO:	LEVANTAMIENTO DE PATOLOGÍAS SEDIMENTADOR 4B	FECHA:
	TESIS:	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	NOVIEMBRE 2025
	TESISTA:	BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	ESCALA:
			INDICADA
			P-S4B

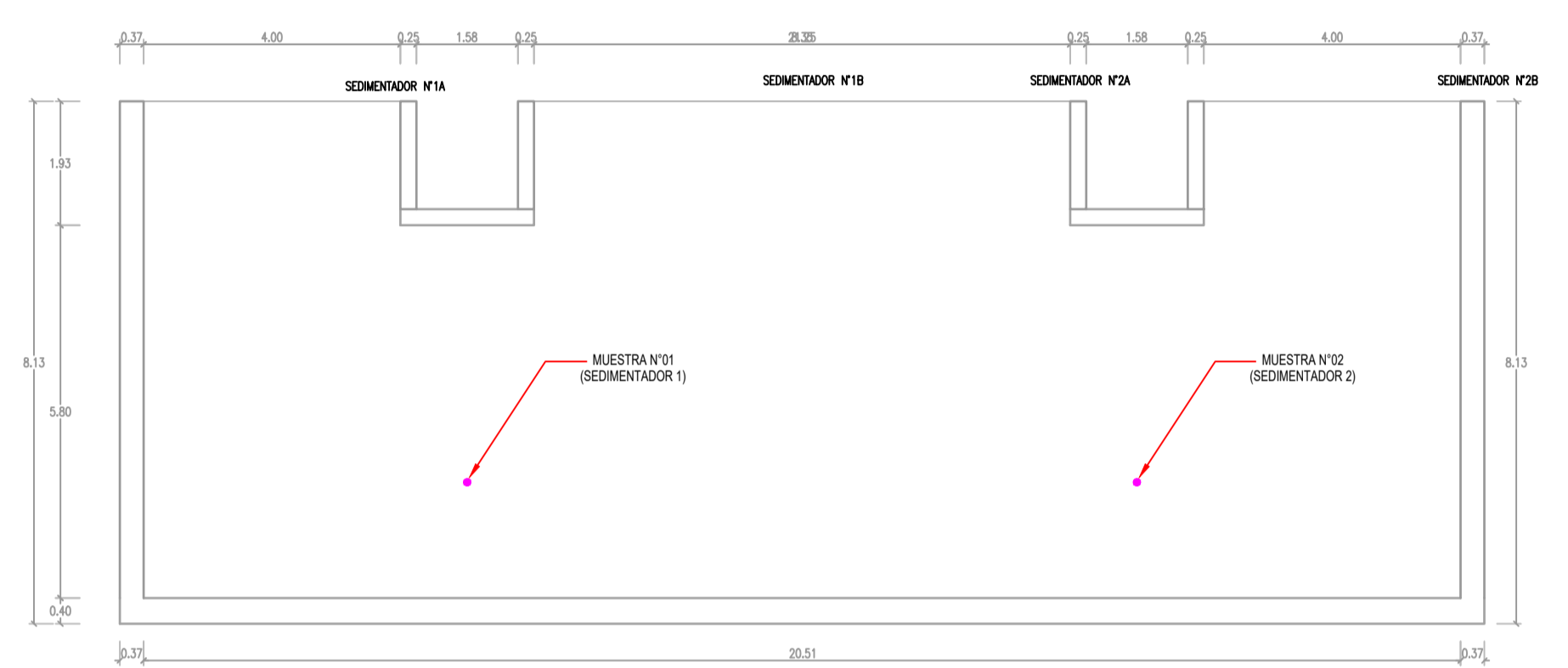
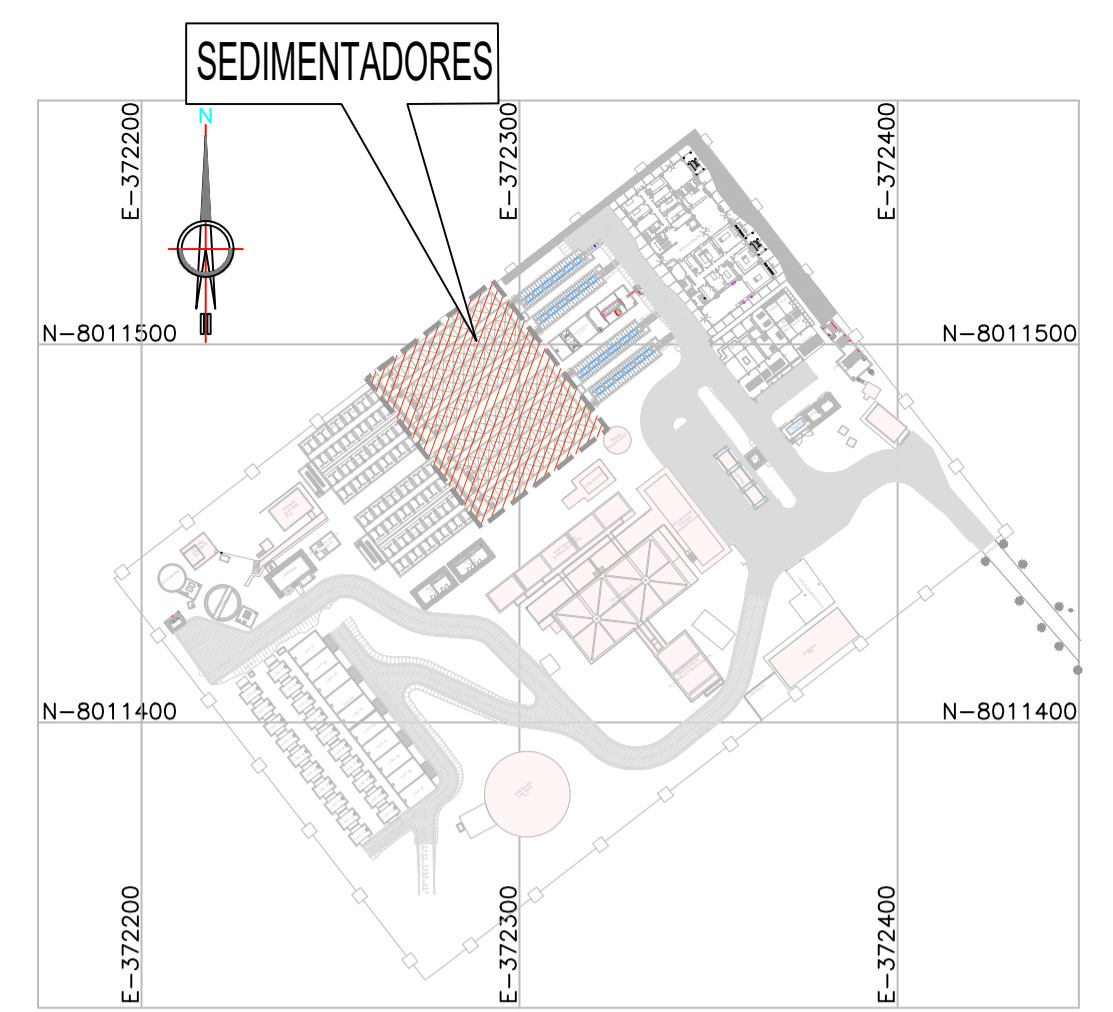
Anexo 6: Plano de ubicación de extracción de diamantina de concreto



PLANTA ZONA SEDIMENTADORES
ESC. 1/75



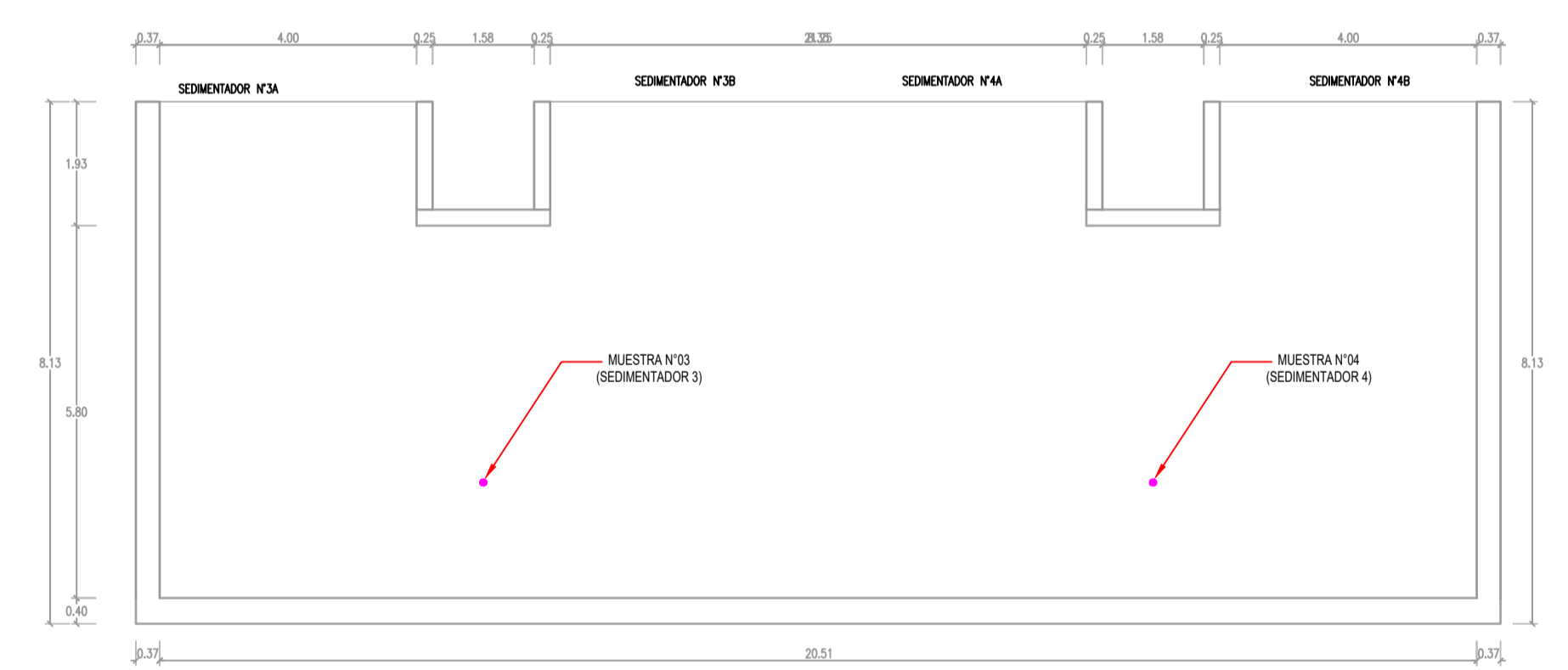
Se evidencian patologías en la cara exterior del muro B de los sedimentadores 1 y 42 correspondiente a la zona donde se realizó la extracción de muestras mediante núcleo diamantado.



CORTE B-B (LADO "B EXTERIOR")



Extracción de muestra de núcleo de concreto mediante perforación diamantada.



CORTE F-F (LADO "B EXTERIOR")



Extracción de muestra de núcleo de concreto mediante perforación diamantada.



Se evidencian patologías en la cara exterior del muro B de los sedimentadores 3 y 4, correspondiente a la zona donde se realizó la extracción de muestras mediante núcleo diamantado.

NOTA :
1.- LA ESCALA GRAFICA MOSTRADA ES PARA EL FORMATO A-1. PARA A-3 CONSIDERAR EL DOBLE.
2.- LAS DIMENSIONES Y COTAS SE ENCUENTRAN EN METROS (m) SALVO INDICADO.
3.- LA EJECUCION DE LAS OBRAS SE SUJETAN A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS VIGENTES.

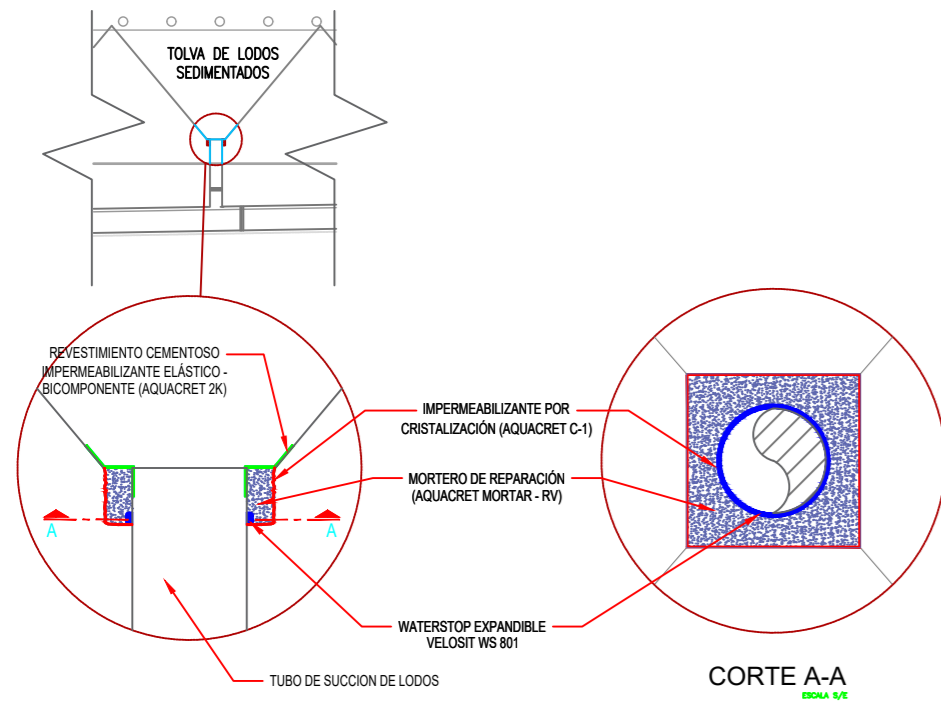


ESCALA GRAFICA: 1:100

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		LAMINA:
	PLANO:	UBICACION DE MUESTRA DE NUCLEO DE CONCRETO SEDIMENTADORES	FECHA:
	TESES:	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANA - TACNA 2025"	NOVIEMBRE 2025
	TESISTA:	BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA	ESCALA: INDICADA
			PM-S

Anexo 7: Planos de propuesta de reparación de patologías

REPARACIÓN DE DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO EN CONTORNO DE TUBERÍA DE SUCCIÓN DE LODOS



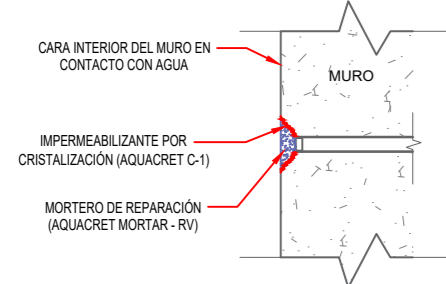
En la imagen se observa el desprendimiento de concreto en el contorno de la tubería de succión de lodos del sedimentador.

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN:

1. Ingresamos a las tolvas y ubicamos la tubería HDP de succión de lodos, procedemos a retirar el concreto desprendido al contorno del tubo a una profundidad de 10cm como mínimo.
2. Limpiamos la zona picada con agua a presión para eliminar restos de polvo, seguidamente limpiamos el tubo HDP.
3. Una vez limpio la superficie procedemos a colocar una capa de IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN (AQUACRET C-1).
4. Una vez limpio el tubo HDP, colocamos en la parte inferior del tubo la tira de WATERSTOP EXPANDIBLE VELOSIT WS 801 al rededor del tubo con un traslape de 10cm, fijando ambos extremos del con cianoacrilato y se le mantiene fijo unos segundos. El traslape asegura la estanqueidad de los extremos evitando se produzca un vacío.
5. Una vez instalado el WATERSTOP EXPANDIBLE VELOSIT WS 801, en superficie húmeda, rellenamos el contorno del tubo y cubriendo por completo la tira de WATERSTOP EXPANDIBLE VELOSIT WS 801 con MORTERO DE REPARACIÓN (AQUACRET MORTAR - RV) hasta la superficie inicial del tubo HDP y esperamos que fragüe.
6. Posterior al fraguado del MORTERO DE REPARACIÓN, humedecemos la superficie y colocamos dos capas de REVESTIMIENTO CEMENTOSO IMPERMEABILIZANTE ELÁSTICO - BICOMPONENTE (AQUACRET 2K), para proteger la reparación del agua.

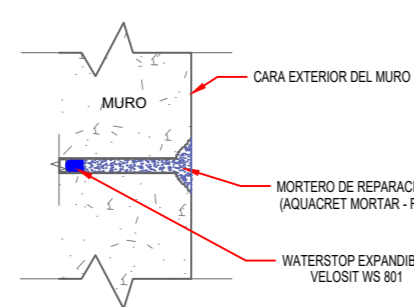
REPARACIÓN DE DESPRENDIMIENTO EN SELLADO DE OBTURADORES DE ESTANQUEIDAD

CASO N° 01:



En la imagen se evidencia el desprendimiento del concreto en el área del sellado del obturador de estanqueidad, ubicado en la cara interna del muro del sedimentador.

CASO N° 02:



En la imagen se evidencia el desprendimiento del concreto en el área del sellado del obturador de estanqueidad, ubicado en la cara externa del muro del sedimentador.

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN:

Caso N°01: Para reparación de obturadores de estanqueidad en caras interiores del muro:

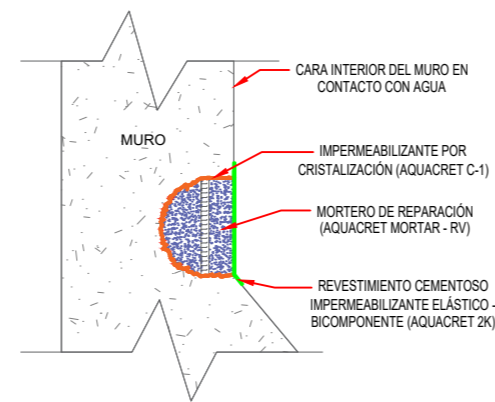
- Una vez ubicada el punto de filtración por el obturador de estanqueidad procedemos a picar y retirar el concreto en forma de cono hasta encontrar el tubo de PVC.
1. Limpiamos el tubo de PVC y colocamos un tapón a presión con pegamento PVC azul.
 2. Seguidamente sopletear la zona picada y usar pistola de agua a presión, para eliminar cualquier agente de la superficie, eliminar el polvo y mantener húmeda la zona a reparar.
 3. Con una brocha colocar en la superficie a reparar una capa generosa de IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN (AQUACRET C1) para sellar los poros por cristalización y a su vez como adherente para el mortero reparador.
 4. Seguidamente colocar el MORTERO DE REPARACIÓN (AQUACRET MORTAR - RV) hasta alcanzar la superficie del sustrato.
 5. Una vez fraguado el MORTERO DE REPARACIÓN (AQUACRET MORTAR - RV), humedecer y colocar dos capas de REVESTIMIENTO CEMENTOSO IMPERMEABILIZANTE ELÁSTICO - BICOMPONENTE (AQUACRET 2K), para proteger la reparación del agua.

Caso N°02: Cuando la estructura esta con agua, la reparación del obturador para detener la filtración de agua se hará por la cara exterior del muro

- Una vez ubicada el punto de filtración por el obturador de estanqueidad procedemos a picar y retirar el concreto en forma de cono hasta encontrar el tubo de PVC.
1. Limpiamos el tubo de PVC y colocamos una tira de 5cm de WATERSTOP EXPANDIBLE VELOSIT WS 801 doblado y colocado al fondo del tubo hasta tener contacto con el tapón interno, de tal manera que cuando tenga contacto con agua se expanda y taponee el tubo para controlar la filtración de agua.
 2. Seguidamente rellenamos el tubo con MORTERO DE REPARACIÓN DE FRAGUADO RÁPIDO (WATER PLUG) hasta el nivel del sustrato.

Fuente: Procedimientos de reparación basados en fichas técnicas de materiales de la marca Aquacret y en la evaluación y asesoría del Ing. Genaro López Santiago, con validación del procedimiento por el especialista en estructuras, Ing. Julio Rafael Terrones Vásquez, CIP N.º 103497.

REPARACION DE CANGREJERAS



En la imagen se observa una cangrejera con el acero de refuerzo expuesto; además, se evidencia que ha sido rellenada de manera inadecuada con una bolsa de cemento.



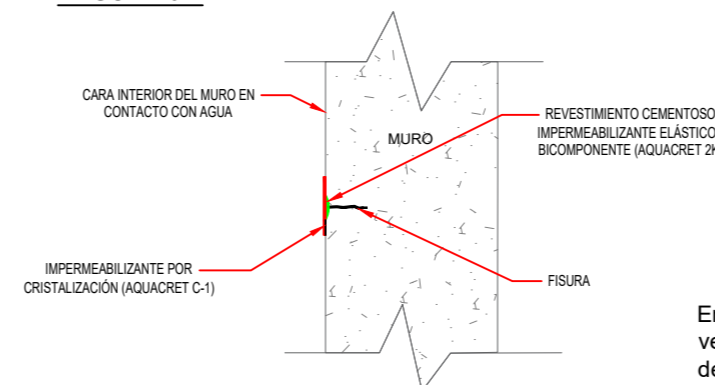
En la imagen se observa cangrejas con acero expuesto en la junta fría entre tola de lodos y muro del sedimentador.

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN:

1. Una vez identificada la cangrejera, con un martillo demoledor procedemos a retirar el concreto suelto hasta encontrar concreto firme, si se encuentra acero de refuerzo picar hasta detrás del acero.
2. Para una adhesión adecuada, el sustrato de concreto debe tener un perfil de agregado fracturado. Todo el refuerzo de acero expuesto debe limpiarse hasta obtener un acabado de metal blanco e imprimarse con una capa anticorrosión.
3. Sopletear la zona picada y usar pistola de agua a alta presión para limpiar la superficie, eliminar el polvo y mantener humedad la zona a reparar.
4. Seguidamente aplicar IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN (AQUACRET C-1) en la superficie húmeda y en la barra de acero expuesto para protegerla del ataque de cloruros y corrosión respectivamente. Además, que sirve como adherente para el MORTERO REPARADOR (AQUACRET MORTAR - RV)
5. Seguidamente colocar el MORTERO DE REPARACIÓN (AQUACRET MORTAR - RV) en capas de 10cm de espesor hasta alcanzar la superficie del sustrato. Para una unión mecánica óptima en sucesivas capas, marque minuciosamente cada capa y deje que alcance el fraguado inicial antes de aplicar la siguiente capa. El tiempo de espera entre capas: 2 - 3 horas.
6. Finalmente colocamos dos capas de REVESTIMIENTO CEMENTOSO IMPERMEABILIZANTE ELÁSTICO - BICOMPONENTE (AQUACRET 2K) en dos tiempos sobre la superficie de reparación para proteger y aislar la zona reparada del agua.

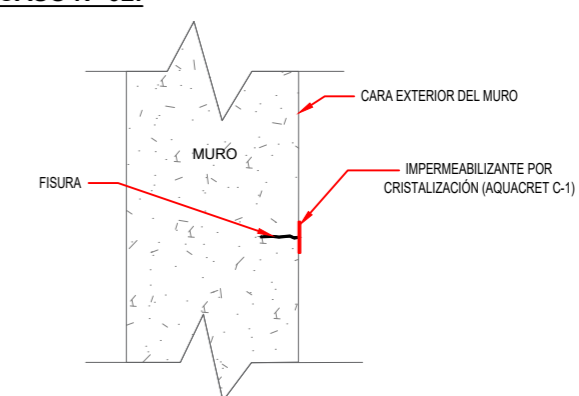
REPARACIÓN FISURAS

CASO N° 01:



En la imagen se observa las fisuras verticales en la cara interior del muro del sedimentador.

CASO N° 02:



En la imagen se observan fisuras verticales en la cara exterior del muro del sedimentador, cuyo espesor está siendo medido mediante un medidor de fisuras.

PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN:

Caso N°01: Para fisuras verticales con ancho de hasta 0.6mm de espesor, en la cara interior del muro, y previo vaciado del agua del sedimentador, se propone utilizar el método de reparación con REVESTIMIENTO CEMENTOSO IMPERMEABILIZANTE ELÁSTICO - BICOMPONENTE (AQUACRET 2K), de la siguiente manera:

1. Una vez ubicada las fisuras verticales en las caras interiores del muro, con un disco de copa lijar el concreto en la misma dirección de las fisuras en forma de baden a una profundidad de 2.5mm y un ancho de 10mm.
2. Limpiar con escobilla y agua a chorro la superficie para eliminar cualquier agente que pudiera perjudicar una buena adherencia.
3. La zona de soporte a reparar debe mantenerse húmedo, sin llegar a estar mojado, y conservar una temperatura no menor a 8 °C.
4. Preparar el REVESTIMIENTO CEMENTOSO MONOCOMPONENTE (AQUACRET 2K), de acuerdo a ficha técnica (VER ANEXO)
5. Aplicar la mezcla homogénea AQUACRET 2K sobre la superficie preparada en dos capas mediante brocha. La aplicación de la segunda capa se realiza una vez que la primera haya secado al tacto. El tiempo de espera entre capas: 4 - 6 horas, dependiendo de la temperatura y humedad. La segunda capa debe exceder el ancho en 1".
6. No requiere curado.

Caso N°02: Para fisuras verticales con un ancho de hasta 0.4mm de espesor, en la cara exterior del muro, en las cuales no hay contacto directo con el agua, pero hay presencia de humedad, se propone utilizar el método de reparación con IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN (AQUACRET C1), de la siguiente manera:

1. Una vez ubicada las fisuras verticales exteriores del muro, se procede a limpiar la superficie a fondo antes de la instalación con una pistola de agua de alta presión para realizar la limpieza de la superficie.
2. Es importante mantener la superficie húmeda sin apariencia de agua, para que las partículas de cristalización penetren por los poros y fisuras ya humedecidos y en contacto con el agua se cristalicen y sellen los puntos de filtración de agua.
3. Preparar la pasta IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN (AQUACRET C-1) según ficha técnica (ver anexo x)
4. Utilice brocha para pintar uniformemente sobre la superficie a reparar, espere al término de la primera capa, hasta que la superficie este seca.
5. Luego iniciamos con la segunda capa de AQUACRET C-1, si el intervalo es superior a 12 horas, use atomizador de agua para rociar en la superficie, luego aplique la siguiente capa hasta lograr el acabo deseado.
6. Con atomizador de agua curar la zona reparada durante no menos de 72 horas, el mejor período de curado es de 2 días.

LEYENDA	
SIMBOLOGÍA / COLOR	MATERIAL DE REPARACIÓN PROPUESTO
	Revestimiento cementoso impermeabilizante elástico - bicomponente (Aquacret 2K)
	Waterstop expandible Velosit WS 801
	Impermeabilizante por cristalización (Aquacret C-1)
	Mortero de reparación (Aquacret Mortar - RV)

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			LÁMINA:
PLANO:	PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍAS SEDIMENTADORES	FECHA:	NOVIEMBRE 2025
TESIS:	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍA DE CONCRETO EN LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CALANÁ - TACNA 2025"	ESCALA:	INDICADA
TESISTA:	BACH. XSENIA AMARILIS COTRADO CABRERA		

PR-S

Anexo 9: Validación de propuesta de reparación

FICHA DE VALIDACIÓN DE PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DE CONCRETO

1. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres del experto:
- 1.2 Profesión:
- 1.3 N° de colegiatura:
- 1.4 Institución donde trabaja:
- 1.5 Cargo que desempeña:
- 1.6 Tiempo de experiencia en el rubro de reparaciones de estructuras de concreto:
- 1.7 Título de la investigación: “Diagnóstico y propuesta de reparación de patología de concreto en la nueva planta de tratamiento de agua potable en el distritito de Calana – Tacna 2025”
- 1.8 Autor de la investigación: Bach. Xsenia Amarilis Cotrado Cabrera.
- 1.9 Mención: Título profesional de ingeniería civil.
- 1.10 Nombre del instrumento: Propuesta de reparación de patologías de concreto.

2. PROPUESTA

- 2.1 INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN PARA LA PROPUESTA DE REPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DE CONCRETO EN SEDIMENTADORES DE LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CALANA.

Metodología	Criterios	Grado de validez		
		Alto	Medio	Bajo
		71-100%	31-70%	0- 30%
Proceso 1 Propuesta de reparación de fisuras y grietas verticales	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de fisuras y grietas verticales en muros de sedimentadores?			
Proceso 2 Propuesta de reparación de fisuras y grietas horizontales	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de fisuras y grietas horizontales en losa de fondo y tolvas de sedimentadores?			
Proceso 3 Propuesta de reparación de juntas frías verticales y horizontales	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de juntas frías verticales y horizontales en muros de sedimentadores?			
Proceso 4 Propuesta de reparación de cangrejeras en juntas frías horizontales	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de cangrejeras en juntas frías horizontales en muros de sedimentadores?			

Proceso 5 Propuesta de reparación de alambre expuesto	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de alambres expuestos en muros de sedimentadores?
Proceso 6 Propuesta de reparación de eflorescencia y/o humedad	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de eflorescencia y/o humedad en muros de sedimentadores?
Proceso 7 Propuesta de reparación de obturadores de estanqueidad	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación de obturadores de estanqueidad en muros de sedimentadores?
Proceso 8 Propuesta de reparación y sellado de contorno de tubería de succión de lodos	¿Qué grado de validez le otorga efectuar a la propuesta de reparación y sellado de contorno de tubería de succión de lodos en sedimentadores?
Sub total	
Total	

3. RESULTADOS

Valoración cuantitativa (total x 0.025): _____

Valoración cualitativa: _____

Opinión de aplicabilidad: _____