

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Evaluación y rehabilitación de una macro cisterna con problemas de filtración de agua en los muros de hormigón armado, mediante inyección de poliuretano expandido, ubicada en la urbanización Valle Norte – Daule, Guayas.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Máster en Ingeniería Civil con mención en construcción y saneamiento.

Presentado por:

Edgar Anthony Sinchi Brito

Romina Denisse Sinchi Brito

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermana, cuya guía, apoyo incondicional y enseñanzas han sido la base de cada paso que doy. Gracias por estar siempre presentes, por enseñarme a luchar con valentía y por ser mi ejemplo de perseverancia y dedicación.

A mi esposa e hijas, por su amor, paciencia y comprensión, que han sido un pilar fundamental en este reto. Su apoyo me ha dado la fuerza para superar cada desafío y ha hecho que este logro sea aún más significativo.

A todos ustedes, les dedico este trabajo con profunda gratitud y respeto.

Ing. Edgar Anthony Sinchi Brito.

DEDICATORIA

A mi Dios y a la Virgencita por su inmensa misericordia y amor infinito.

A mis padres, por su apoyo incondicional y su infinito amor en cada etapa de mi vida, Gracias por inculcarme el valor del esfuerzo y por acompañarme siempre. Este logro es una pequeña muestra de todo lo que me han enseñado.

A mi hermano, quien siempre estuvo presente para darme la mano cuando más lo he necesitado. Gracias por tus palabras de ánimo, tu compañía y apoyo inquebrantable y por compartir cada reto y logro en este proceso.

Para ustedes, dedico este trabajo con sincero agradecimiento y aprecio.

Ing. Romina Denisse Sinchi Brito.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Doctor Eduardo Santos Baquerizo, tutor de nuestro proyecto de graduación, quien siempre nos guio en nuestra formación académica, ética y profesional; y a nuestro amigo el Ingeniero Jordan Vargas, quien siempre estuvo presente como una mano amiga en este viaje académico.

Ing. Edgar Anthony Sinchi Brito

Ing. Romina Denisse Sinchi Brito

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros, Edgar Anthony Sinchi Brito y Romina Denisse Sinchi Brito acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso. En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 05 de diciembre del 2024.

Edgar Anthony Sinchi Brito

Romina Denisse Sinchi Brito

EVALUADORES

.....
MSc. Nadia Rosaura Quijano Arteaga

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
PhD. Eduardo Alberto Santos Baquerizo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en la evaluación y rehabilitación de una macro cisterna ubicada en la urbanización Valle Norte en Daule, Guayas, que presenta problemas de ingreso de agua a través de su muro interno divisorio de hormigón armado. La investigación tiene como objetivo restaurar la integridad estructural de la cisterna y evitar la contaminación del agua potable, la cual es vital para los residentes de la urbanización. Para ello, se llevaron a cabo ensayos destructivos y no destructivos que permitieron diagnosticar las condiciones actuales de la estructura, así como identificar las áreas afectadas por filtraciones.

En el desarrollo del proyecto, se emplearon técnicas de inspección visual y ensayos de laboratorio, como la esclerometría, extracción de núcleos y carbonatación, para evaluar la resistencia y durabilidad del hormigón. Los resultados muestran que, si bien el hormigón mantiene una resistencia adecuada, existen fisuras y deterioro debido a deficiencias constructivas y exposición prolongada a agentes externos. Como solución, se propone la inyección de poliuretano expandido para sellar fisuras y garantizar una impermeabilización eficaz, complementada con mortero de fraguado ultrarrápido para reparaciones adicionales.

Este proyecto no solo busca rehabilitar la cisterna, sino que también está alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible #3, en su meta 3.9, contribuyendo a la preservación de la salud pública y a la sostenibilidad del sistema de provisión de agua potabilizada en la comunidad.

Palabras Clave: rehabilitación de cisternas, filtración de agua, impermeabilización, poliuretano expandido, sostenibilidad.

ABSTRACT

The present project focuses on the evaluation and rehabilitation of a large water tank located in the Valle Norte residential area in Daule, Guayas, which has issues with water infiltration through its internal concrete partition wall. The objective of the research is to restore the structural integrity of the tank and prevent the contamination of potable water, which is vital for the residents of the area. To achieve this, both destructive and non-destructive tests were conducted to diagnose the current condition of the structure and identify areas affected by leaks.

In the development of the project, visual inspection techniques and laboratory tests were employed, such as sclerometry, core extraction, and carbonation tests, to evaluate the resistance and durability of the concrete. The results show that, while the concrete maintains adequate strength, there are cracks and deterioration due to construction deficiencies and prolonged exposure to external agents. As a solution, the injection of expanded polyurethane is proposed to seal the cracks and ensure effective waterproofing, complemented by ultra-fast-setting mortar for additional repairs.

This project not only aims to rehabilitate the water tank, but it is also aligned with Sustainable Development Goal #3, particularly target 3.9, contributing to the preservation of public health and the sustainability of the potable water supply system in the community.

Keywords: cistern rehabilitation, water infiltration, waterproofing, expanding polyurethane, sustainability.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE PLANOS	IX
CAPÍTULO 1	10
1. Introducción.....	10
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Localización	12
1.3 Estudios previos	13
1.4 Problemática que resolver	13
1.5 Justificación	14
1.6 Objetivos.....	15
1.6.1 Objetivo General	15
1.6.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 2	16
2. Desarrollo del proyecto	16
2.1 Marco conceptual	16
2.1.1 Cisterna.....	16
2.1.2 Hormigón Armado.....	17

2.1.3	Filtración en estructuras de hormigón.	17
2.1.4	Evaluación Estructural.....	17
2.1.5	Rehabilitación de Estructuras de Hormigón.	18
2.1.6	Resina epóxica.....	18
2.1.7	Impermeabilización.	18
2.1.8	Membranas de poliuretano.....	19
2.1.9	Ensayos destructivos y no destructivos en hormigón armado.....	19
2.1.10	Inyección de poliuretano.	21
2.1.11	Morteros de fraguado ultra rápido.	22
2.2	Marco metodológico	22
2.2.1	Trabajo de campo	24
2.2.2	Trabajo de laboratorio o gabinete.....	25
2.2.3	Tabulación de datos	28
2.2.4	Solución a diseñar.....	31
CAPÍTULO 3.....		32
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1	Resultados.....	32
3.2	Análisis de resultados	33
	Especificaciones técnicas	34
3.3	Diseño de la solución.....	36
CAPÍTULO 4.....		39
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	39
4.1	Conclusiones	39
4.2	Recomendaciones	40
BIBLIOGRAFÍA		42
PLANOS Y ANEXOS		44

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
OD	Objetivo de Desarrollo Sostenible
H/D	Relación Altura a Diámetro
ACI	American Concrete Institute
ED	Ensayos Destructivos
END	Ensayos no Destructivos
Urb	Urbanización
IC	Índica Esclerométrico
PVC	Policloruro de Vinilo

SIMBOLOGÍA

$f'c$	Resistencia a la compresión del concreto
$f'y$	Límite de fluencia del acero
CO_2	Dióxido de carbono
pH	Potencial de Hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)
D	Diámetro
A	Área de la sección transversal
F	Carga aplicada
m^3	Metro cúbico (unidad de volumen)
kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico (densidad)
kg/cm^2	Kilogramo por centímetro cuadrado (presión o resistencia)
N/mm^2	Newton por milímetro cuadrado (unidad de resistencia)
lb	Libras
$^{\circ}C$	Grados centígrados

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Localización de la Urb. Valle Norte.....	12
Ilustración 2: Urb. Valle Norte	13
Ilustración 3. Esquema de metodología empleado	23
Ilustración 4: Visita a la Cisterna de la Urb. Valle Norte.....	24
Ilustración 5: Inspección visual a los daños	25
Ilustración 6: Ficha de inspección visual en obra.....	25
Ilustración 7: Detección de armaduras.....	26
Ilustración 8: Extracción de núcleos.....	27
Ilustración 9: Núcleo perforado	27
Ilustración 10: Rotura de núcleos.....	27
Ilustración 11: Ensayo de Carbonatación	28
Ilustración 12: Paso 1: Limpieza y pulido de muro.....	36
Ilustración 13: Paso 2. Perforación de fisuras con una broca de tungsteno a 45°	37
Ilustración 14: Paso 3. Inserción de boquillas PVC e inyección de poliuretano	37
Ilustración 15: Paso 4. Resane de fisuras.....	37
Ilustración 16: Paso 5. Recomendación. Impermeabilización con epóxico	37
Ilustración 17: Presupuesto referencial.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Coordenadas de la Urb. Valle Norte	13
Tabla 2-1: Datos del Ensayo de Esclerometría.....	29
Tabla 2-2: Datos del Ensayo de Detección de Armaduras	29
Tabla 2-3: Resultados del Ensayo a la Compresión Simple	30
Tabla 2-4: Resultados del Ensayo de Carbonatación	30
Tabla 3-1: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio	32

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO ARQ-00	Master Plan – Proyecto urbanístico Valle Norte.
PLANO EST-01	Plano Estructural – Macro Cisterna Valle Norte.
PLANO ANEXO_01	Diseño de la solución – Inyección de poliuretano expandido.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación y restauración de obras civiles son fundamentales durante la recuperación de la funcionalidad con que fue diseñada la estructura, logrando preservar la integridad de los materiales, contribuyendo a la sostenibilidad con técnicas de construcción que garanticen el equilibrio entre la protección del medioambiente, la salud, el desarrollo económico y la mejora social. Entre las obras civiles están las cisternas de hormigón armado del presente proyecto, reservas para la provisión de agua apta para el consumo del ser humano.

La provisión continua del agua potabilizada, mediante una red principal o cisterna comunal es fundamental para mantener el bienestar social, que incluye salubridad, manejo de medio ambiente y buen vivir.

La urbanización Valle Norte ubicada en el Km 7 ½ de la vía La Aurora La “T” de Daule, Daule – Guayas, está compuesta por un total de 243 viviendas y una población aproximada de 972 habitantes, en cuanto a la infraestructura, dispone de

una cisterna comunal con una capacidad de 357 metros cúbicos, que por observaciones indicadas por la administración de la urbanización a la inmobiliaria responsable de la construcción de la misma, se identifica que actualmente se encuentra con fisuras en el muro divisorio interno.

Un mal proceso constructivo en obras civiles causa patologías significativas, ya sean fisuras superficiales o profundas, las cuales son de carácter superficial y debido a su naturaleza inciden en la funcionalidad de la estructura, afectando su integridad.

Actualmente, la innovación y tecnología en lo que refiere a productos y materiales de ingeniería civil son necesarias para una correcta optimización y calidad de los procesos de rehabilitación de obras civiles.

1.1 Antecedentes

La urbanización Valle Norte, ubicada en el Km 7 ½ de la vía La Aurora La "T" de Daule, Cantón Daule, Provincia del Guayas, cuenta con un sistema de provisión de agua potable a las 243 viviendas de la urbanización, con una población aproximada de 972 habitantes, en caso de cortes o interrupciones en el abastecimiento principal, es decir una cisterna comunal. Entre las características de la cisterna, las dimensiones exteriores de la cisterna son de 17.40 metros de largo, 14.60 metros de ancho y 2.25 metros de altura, con muros y losa superior con peralte de 0.20 metros y una losa de cimentación de 18.20 metros de largo por 15.40 metros de ancho con un espesor de 0.25 metros. Para su construcción, se utilizó hormigón armado, acero con límite elástico aparente de f_y 4200 Kg/cm² y con una resistencia a la compresión de f_c 240 Kg/cm². La cisterna almacena 357 m³ de agua potable, incluyendo un factor de reserva de 1.5% aproximadamente. El sistema de bombeo de la cisterna está configurado para activarse cuando en la red de suministro de agua la presión desciende por debajo de 40 libras por pulgada cuadrada y se desactiva cuando la presión alcanza las 60 libras por pulgada cuadrada, garantizando un suministro constante y adecuado.

La construcción de la cisterna inició en el año 2020 y su finalización en el año 2021 ejecutado por la Inmobiliaria Galilea. Tras su construcción, la macro cisterna fue abandonada durante un período de 18 meses sin un adecuado revestimiento interno de impermeabilización, expuesta a aguas exteriores de riego, lluvias y agente

externos adversos que contribuyen al deterioro de la estructura. El muro interno divisorio presenta actualmente fisuras de retracción atribuidas a deficiencias en el sistema constructivo. Estas condiciones han surgido preocupaciones respecto a la posible contaminación del agua potable almacenada, incurriendo en una problemática de riesgo al bienestar y salud de los residentes de la urbanización, causando futuras enfermedades hídricas como cólera, disenterías y fiebre tifoidea.

Dada esta situación, es imprescindible realizar una evaluación exhaustiva y un plan de rehabilitación de la macro cisterna para restaurar su integridad física y garantizar las condiciones óptimas del agua potable suministrada a los habitantes de la urbanización Valle Norte. Esto incluye la reparación de las fisuras detectadas evitando el ingreso de fluidos futuros. Estas acciones son indispensables para que se cumpla una correcta administración sanitaria y se garantice que el sistema de abastecimiento de agua potable en la urbanización sea sostenible.

1.2 Localización

La macro cisterna está situada en la urbanización Valle Norte, ubicada en el Km 7 ½ de la vía La Aurora La “T” de Daule, Cantón Daule, Provincia del Guayas.

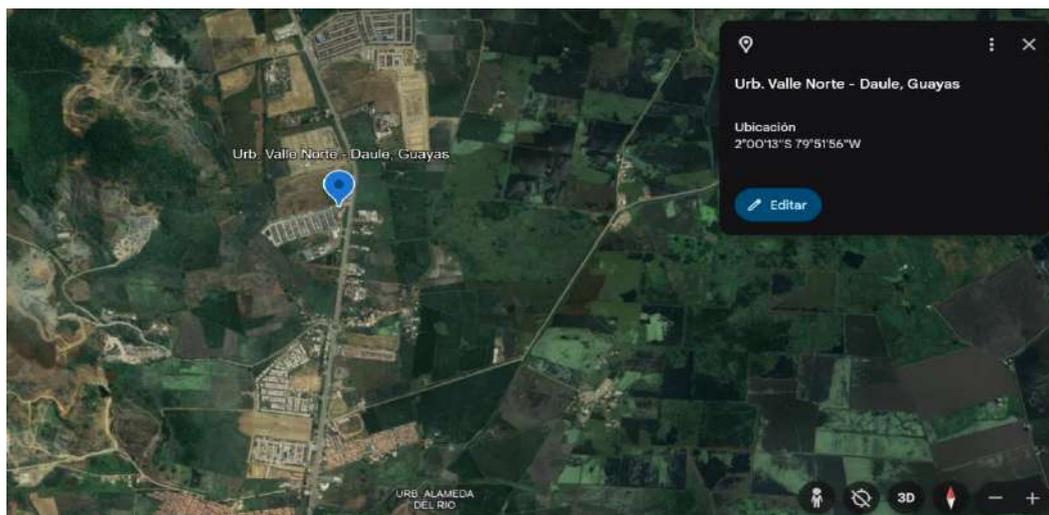


Ilustración 1: Localización de la Urb. Valle Norte

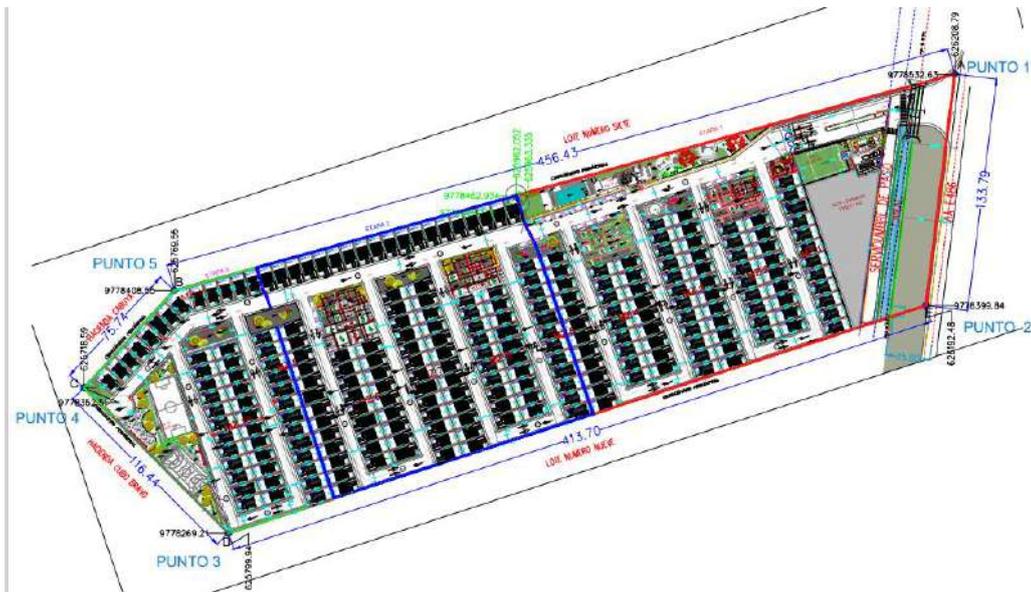


Ilustración 2: Urb. Valle Norte

Tabla 1-1: Coordenadas de la Urb. Valle Norte

HITOS	NORTE	ESTE
PUNTO 1	9778532.63	626208.79
PUNTO 2	9778399.84	626192.48
PUNTO 3	9778269.21	625799.94
PUNTO 4	9778352.51	625781.59
PUNTO 5	9778408.55	625769.55

1.3 Estudios previos

Por medio de una inspección y un informe previamente realizados por parte del cliente, se determinaron problemas de ingreso de agua a través del muro interno divisorio de hormigón armado de la macro cisterna, produciendo contaminación del agua potable almacenada; también se cuenta con planos y detalles del proceso constructivo en el Libro de Obra.

1.4 Problemática que resolver

La urbanización Valle Norte, ubicada en el Km 7 ½ de la vía La Aurora La "T" de Daule, Cantón Daule, Provincia del Guayas, cuenta con una cisterna comunal de dimensiones exteriores de 17.40 m de largo por 14.60 m de ancho y una altura de 2.25 m, siendo las paredes y losas de 0.20 m de espesor, el volumen que almacena

es de 357 m³ de agua potable y tiene un factor de reserva de 1.5% aproximadamente. Cada unidad habitacional se abastece de agua potable en la urbanización desde su red principal de agua. La cisterna es una reserva que funciona como una alternativa al fallo de la provisión de la red potable y el mecanismo de bombeo de la cisterna está calibrado para encender cuando el sistema de redes presente una disminución de presión hasta 40 lb. y se apaga cuando sube a 60 lb.

En la actualidad, el muro interior divisorio presenta fisuras de carácter de retracción por mal sistema constructivo y deterioro ya que después de ser construida la cisterna, fue abandonada por 18 meses, fue expuesta a agentes externos tales como polvo, maleza, contacto con el nivel freático, aguas exteriores de riego y aguas lluvias, ocasionando ingreso de agua a través de los muros y al momento de entrar en funcionamiento producirá contaminación del agua potable almacenada, por tanto, es imprescindible la evaluación y rehabilitación de la macro cisterna, para mantener la calidad de agua potable y evitar enfermedades como cóleras, disenterías o tifoideas que puedan provocar efectos nocivos para la salud de la urbanización en las 243 viviendas.

1.5 Justificación

La rehabilitación de la macro cisterna contribuye a la provisión de de agua potable a los habitantes de la Urbanización Valle Norte, lo cual surge de los cortes al suministro en la red principal desde los operadores AMAGUA; este proyecto está alineado al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) #3 – Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, cuya meta del objetivo a cumplir es 3.9. – Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo. Este objetivo se logrará solucionando el ingreso de agua a través del muro interno divisorio de hormigón armado, el agua potable almacenada en la macro cisterna, no se verá contaminada con el óxido del acero, con restos de hormigón desprendidos y con el impermeabilizante deteriorado expuesto.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Rehabilitar el muro interno divisorio de la cisterna mediante una evaluación técnica y económica utilizando productos eficaces que eviten el ingreso de agua a través de la estructura, evitando la contaminación del líquido vital almacenado.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las condiciones actuales del muro interno de la cisterna, mediante la identificación de todas las áreas afectadas por el ingreso de agua.
- Realizar ensayos para la selección del producto idóneo que evite el ingreso de agua en el muro interno de hormigón armado.
- Desarrollar una propuesta técnica y económica de la solución adoptada para la preservación de la calidad y provisión de agua potable.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Cisterna.

Una cisterna es una estructura de almacenamiento de agua potable o no potable, que puede estar destinada a diferentes usos como riego, consumo humano o industrial. Las cisternas pueden ser subterráneas o elevadas, y están construidas con diversos materiales como el hormigón, plástico o metal. Su diseño debe tener en cuenta factores como la impermeabilidad y la resistencia estructural, ya que deben soportar la presión hidroestática y las cargas que puedan generar esfuerzos en el interior provocado por la fuerza aplicada por el suelo en caso de estar enterradas.(Ortiz, 2016)

Una cisterna es un sistema de almacenamiento de agua potable o no potable, que puede estar destinada a diferentes usos como riego, consumo humano o industrial. Las cisternas pueden ser subterráneas o elevadas, y están construidas con diversos materiales como el hormigón, plástico o metal. Su diseño debe tener en cuenta factores como la impermeabilidad y la resistencia estructural, ya que deben soportar la presión ejercida por el agua y las cargas externas del suelo si el sistema está enterrado.(Ortiz, 2016)

2.1.2 Hormigón Armado.

El concreto armado está compuesto por barras de acero que refuerzan el material y por una mezcla conformada por materiales petreos, cemento y agua denominada como concreto. Este refuerzo de acero ayuda a soportar las tensiones a las que el concreto es débil, tal como el esfuerzo tractor, por otra parte el concreto soporta es resistente a la compresión. Esta combinación permite construir estructuras con mayor resistencia y durabilidad, como es el caso de los muros de las cisternas, que deben soportar tanto la presión hidrostática interna del agua como las tensiones del terreno circundante.(Adam M. Neville, 2015)

2.1.3 Filtración en estructuras de hormigón.

La filtración de agua, que en este proyecto se lo considera como ingreso de agua, a través de los muros de hormigón es un problema común en estructuras hidráulicas, como cisternas, debido a la porosidad inherente del concreto y a defectos en el proceso de construcción, como juntas mal selladas, fisuras o segregación del material. La filtración puede reducir la durabilidad del concreto, causar la corrosión del refuerzo de acero y comprometer la estabilidad estructural. Según (Mehta P. K. & Monteiro P. J. M., 2016), el control de la permeabilidad del concreto es esencial para prevenir estos problemas y se puede lograr mediante la selección adecuada de los materiales y aditivos, así como un buen proceso de curado.

2.1.4 Evaluación Estructural.

La evaluación estructural de una cisterna con problemas de ingreso de agua implica la identificación de las causas de la filtración, que pueden incluir defectos en el proceso de diseño, durante la construcción o en los trabajos de sostenimiento preventivo que se ejecuten a una estructura. Se utilizan técnicas no destructivas, como el ensayo de esclerometría, para determinar el estado del concreto y la termografía infrarroja, con la finalidad de ubicar el refuerzo de acero en el hormigón armado. Así mismo, se emplean inspecciones visuales y análisis de muestras de material para evaluar el grado de deterioro.(Delgado P., 2019)

2.1.5 Rehabilitación de Estructuras de Hormigón.

La rehabilitación de una estructura de hormigón, como una cisterna, implica la implementación de técnicas para restaurar su funcionalidad y durabilidad. Estas técnicas pueden incluir la inyección de resinas epóxicas para sellar fisuras, la aplicación de recubrimientos impermeabilizantes, y la reparación o reemplazo del refuerzo corroído. El uso de aditivos y selladores impermeabilizantes ayuda a prevenir futuras filtraciones, mejorando la vida útil de la estructura. (American Concrete Institute (ACI), 2017)

2.1.6 Resina epóxica

Las resinas son materiales orgánicos, generalmente de origen natural o sintético, que se caracterizan por su capacidad de solidificarse tras la exposición al calor o a un agente químico. Su estructura molecular está basada en largas cadenas de polímeros, lo que les confiere una amplia gama de propiedades mecánicas y térmicas (Núñez et al., 2018). En su estado inicial, las resinas suelen ser líquidas o semisólidas, pero pueden transformarse en sólidos duros bajo ciertas condiciones.

2.1.7 Impermeabilización.

La impermeabilización es una técnica que consiste en la aplicación de una capa protectora que impide la filtración de agua entre los muros de una cisterna. Consiste en aplicar materiales impermeables sobre la superficie del concreto para bloquear el paso del agua. Los materiales comúnmente usados incluyen membranas de poliuretano, revestimientos epóxico o aditivos impermeabilizantes en la mezcla de concreto. Según (Beushausen & Torrent, 2016), para garantizar el proceso correcto de impermeabilización no solo es necesario identificar los materiales a utilizar de acuerdo a la necesidad, sino también del acondicionamiento adecuado de la superficie y el uso apropiado de la técnica aplicada.

2.1.8 Membranas de poliuretano.

Son materiales sintéticos caracterizados por su alta elasticidad, resistencia química y durabilidad, lo que las hace ideales para aplicaciones en impermeabilización y recubrimientos protectores. Su estructura polimérica permite la creación de películas delgadas con excelente capacidad de barrera frente a líquidos y gases, manteniendo a su vez una buena permeabilidad al vapor de agua (Li et al., 2020). Estas membranas también destacan por su resistencia a la abrasión y a condiciones ambientales extremas, lo que las hace útiles en la construcción, la medicina y la industria textil (García et al., 2019)

2.1.9 Ensayos destructivos y no destructivos en hormigón armado.

2.1.9.1 Ensayos destructivos.

Los ensayos destructivos (ED) son aquellos en los que se somete una muestra de material a condiciones extremas o específicas hasta su fallo, de manera que las propiedades mecánicas y físicas puedan ser evaluadas. Estos ensayos implican la destrucción total o parcial del material, por lo que las muestras no pueden ser reutilizadas. Entre los ensayos destructivos más comunes en estructuras de hormigón se encuentran el ensayo de compresión, tracción, flexión y la prueba de corte de núcleos.(ASTM C39, n.d.)

Este tipo de pruebas proporciona información precisa sobre las características de resistencia y deformabilidad del material, permitiendo la evaluación del desempeño estructural en condiciones de carga y deterioro. Aunque son precisos, los ensayos destructivos son costosos y requieren la extracción de muestras representativas, lo que limita su aplicación en estructuras en servicio.(Callister, 2018)

2.1.9.2 Ensayos no destructivos.

Los ensayos no destructivos (END) son procedimientos que determinan las condiciones físicas de los materiales sin necesidad de ocasionar un daño en su estructura. Estas técnicas son comunmente aplicadas en la ramo de la Ingeniería civil para cualificar el estado físico de una estructura de concreto armado, permitiendo la detección de

defectos, fisuras, vacíos, corrosión o fallos en el refuerzo sin necesidad de demoler o dañar la estructura.

Los END son ideales para evaluaciones de mantenimiento y diagnóstico, ya que son rápidos, menos invasivos y pueden realizarse en estructuras en funcionamiento. Según (Malhotra & Carino, 2004), el uso de END ha aumentado con el paso del tiempo debido a que brinda resultados efectivos en cuanto a la composición de una estructura sin necesidad de afectar su integridad física.

2.1.9.3 Ensayo de Esclerometría (Martillo de Schmidt).

El ensayo de esclerometría, también conocido como ensayo con martillo de Schmidt, es un método no destructivo utilizado para estimar la dureza superficial del hormigón y, por lo tanto, determinar un valor aproximado a su resistencia a la compresión mediante el uso de medidas estadísticas. El martillo de Schmidt mide el rebote de un émbolo sobre la superficie del concreto, lo que permite inferir su calidad y uniformidad. Este ensayo es rápido, económico y fácil de realizar en obra, aunque sus resultados deben ser interpretados con cautela, ya que factores como la humedad, la rugosidad de la superficie y la carbonatación pueden afectar la lectura. (Malhotra & Carino, 2004)

2.1.9.4 Detección de Armaduras.

La detección de armaduras en el concreto armado es un procedimiento no destructivo en el cual se identifican; la posición de las barras de acero, su sección transversal y el estado de corrosión a la que están sometidas. Uno de los métodos más comunes para este fin es el uso de pacómetros electromagnéticos, que emiten un campo electromagnético sobre el concreto y detectan las barras de refuerzo en función de la alteración del campo magnético. Este tipo de prueba es útil en la rehabilitación de estructuras, ya que permite planificar reparaciones o reforzamientos sin causar daños significativos a la estructura. (Delgado P., 2019)

2.1.9.5 Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón mediante la extracción de núcleos.

El procedimiento de extracción de núcleos es uno de los métodos destructivos más fiables sirve para determinar los esfuerzos producidos por las cargas por unidad de área

in situ. Este ensayo implica perforar el hormigón y extraer cilindros (núcleos) que luego son ensayados en un laboratorio bajo cargas de compresión, de acuerdo con la norma ASTM C42. Este método permite obtener una valoración precisa de la resistencia real del hormigón en una estructura, lo que es esencial en casos donde la estructura presenta deterioro o problemas de durabilidad.

El ensayo de núcleos no solo mide la resistencia a la compresión, sino que también permite realizar pruebas complementarias, como la evaluación de la profundidad de carbonatación, la densidad, la porosidad y la posible detección de fisuras internas. (Adam M. Neville, 2015)

2.1.9.6 Ensayo de carbonatación.

El ensayo de carbonatación es una técnica no destructiva que mide la profundidad de la carbonatación en el concreto armado. La carbonatación es un proceso químico mediante el cual se forma el carbonato de calcio resultante del cambio químico que ocurre cuando el dióxido de carbono (CO_2) y el hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el concreto entran en contacto. Este fenómeno reduce el pH del concreto, lo que puede despasivar las armaduras, aumentando el riesgo de corrosión del acero. La carbonatación es un problema particularmente crítico en ambientes húmedos o agresivos, como los que podrían estar presentes en una cisterna.

El ensayo se realiza aplicando una solución de fenolftaleína sobre una muestra de concreto. Si la solución no cambia de color (se mantiene incolora), significa que el concreto ha sido carbonatado. Este ensayo es sencillo y proporciona una indicación clara de la profundidad hasta la cual ha avanzado el proceso de carbonatación, lo que es crucial para evaluar la durabilidad de las armaduras. (Papadakis et al., 1991)

2.1.10 Inyección de poliuretano.

La inyección de poliuretano es particularmente útil en muros de concreto reforzado con problemas de fisuración o filtraciones de agua. En estos casos, el agua suele filtrarse a través de pequeñas fisuras, juntas de construcción o defectos en el material. El poliuretano, en contacto con el agua, crece y sella dichas filtraciones, formando una espuma densa e impermeable.

Según (Beushausen & Torrent, 2016), este método es eficaz no solo para detener las filtraciones, sino también para reforzar la integridad del concreto, ya que la espuma poliuretánica actúa como una barrera adicional contra el ingreso de agua y protege el refuerzo de acero de la corrosión.

2.1.11 Morteros de fraguado ultra rápido.

Los morteros de fraguado ultra rápido son materiales cementantes modificados especialmente para alcanzar tiempos de fraguado muy cortos, característica que permiten una solución idónea para reparaciones de emergencia y proyectos que requieren un retorno rápido a la operación normal. Estos morteros, formulados con aditivos y aglomerantes especiales, como cementos de aluminato de calcio, resinas o polímeros, permiten que la mezcla fragüe en minutos, lo que es crítico para aplicaciones donde el tiempo es un factor limitante. (Sánchez, 2020)

Los morteros de fraguado ultra rápido son ideales para sellar fisuras o grietas en superficies de concreto que requieren una rápida intervención, especialmente en áreas expuestas a agua o donde la humedad puede ser un problema recurrente.

En estructuras como cisternas, depósitos y otras instalaciones expuestas a presión hidrostática, los morteros de fraguado rápido permiten realizar reparaciones bajo condiciones severas sin necesidad de vaciar completamente el contenido de agua de la estructura. Esta propiedad es especialmente útil en instalaciones de abastecimiento de agua que requieren intervención continua sin interrupciones prolongadas.

2.2 Marco metodológico

En el presente proyecto la metodología que se ha seleccionado es la tradicional o secuencial, más conocida como modelo en cascada, en la cual se realizan las tareas de manera lineal, es decir, que cada fase del proyecto debe ser completada para continuar con la próxima fase.

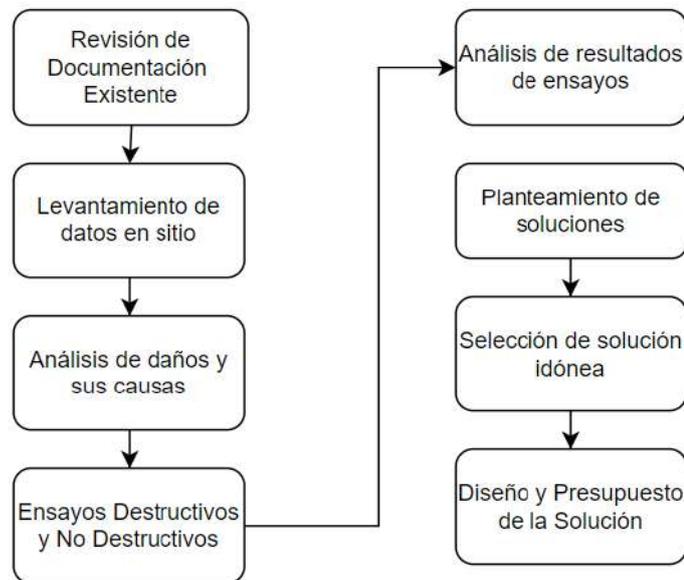


Ilustración 3. Esquema de metodología empleado

- Revisión de documentación existente: Se realizará una revisión y análisis de los planos arquitectónicos, estructurales e hidráulicos de la construcción de la macro cisterna.
- Levantamiento de datos en sitio: Consta de la inspección visual, fotográfica y estructural para identificar el estado actual de la macro cisterna.
- Análisis de daños y sus causas: A base de la inspección se generan las fichas, en las cuales se anotan los daños y sus posibles causas para ser analizados con los especialistas que se requiera.
- Ensayos destructivos y no destructivos: Al analizar los daños y sus causas, se realizan ensayos destructivos y no destructivos y/o pruebas de laboratorio que ameriten.
- Análisis de resultados de ensayos: Evaluación técnica de los resultados alcanzados en las pruebas de campo y laboratorio.
- Planteamiento de soluciones: Se presentan propuestas para la rehabilitación del muro interno divisorio de hormigón armado.
- Selección de solución idónea: Posterior a la revisión de las propuestas se elige la solución ideal, para la rehabilitación de la macro cisterna.

- Diseño y presupuesto: Seleccionada la solución adecuada, se procede a elaborar especificaciones técnicas, planos de la propuesta final y evaluación económica de la solución idónea.

2.2.1 Trabajo de campo

Se ha realizado una inspección visual in situ para evaluar las condiciones en las que se encuentra la macro cisterna, recopilando datos de los daños observados en el muro interno divisorio.



Ilustración 4: Visita a la Cisterna de la Urb. Valle Norte

Actualmente, la cisterna está dividida en dos módulos por un muro interno divisorio de hormigón armado. Mientras que uno de los módulos sigue en funcionamiento, se vació el agua del módulo inactivo para llevar a cabo la inspección visual detallada. Durante esta inspección, se identificaron varias patologías en el muro divisorio, las cuales se describen a continuación:

1. Desprendimiento del impermeabilizante y recubrimiento del hormigón, esto relacionado mayormente por el ingreso de agua y mal proceso constructivo.
2. Grietas y fisuras, relacionadas al mal proceso constructivo.
3. Corrosión de la armadura, debido al ingreso de agua y a la exposición del acero al dióxido de carbono.
4. Juntas vistas en el hormigón armado, debido al mal proceso constructivo, al ser hormigonado por tramos se generan estas juntas vistas, lo cual debió ser construido y fundido en un solo cuerpo.



Ilustración 5: Inspección visual a los daños

INSPECCIÓN VISUAL - LEVANTAMIENTO DE DATOS													
PROYECTO:	Evaluación y rehabilitación de una macro cisterna con problemas de ingreso de agua a través del muro interno divisorio de hormigón armado, ubicada en la urbanización Valle Norte – Daule, Guayas.												
OBRA:	Urbanización Valle Norte												
CIUDAD:	Daule												
UBICACIÓN:	Km 7 ½ de la vía La Aurora La "T" de Daule, Cantón Daule, Provincia del Guayas.												
LEVANTAMIENTO:	Ing. Edgar Sinchi Brito, Ing. Romina Sinchi Brito												
FECHA:	26 de junio del 2024												
NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	DETALLE GRÁFICO	FOTOGRAFÍA EN OBRA
		ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL	ANCHO	ALTURA	ESPESOR		GRIETA	FISURA	OTROS			
N+2,05	Cisterna módulo 2	Muro interno divisorio de hormigón armado		15.60 M	1.80 M	0.20 M	Constructiva	X	X	X	Se observan: * Desprendimiento de impermeabilizante y recubrimiento de hormigón * Fisuras y Grietas * Corrosión del armado de acero * Juntas marcadas por mal proceso constructivo		

Ilustración 6: Ficha de inspección visual en obra

Luego del levantamiento de datos in situ, se analizó con el especialista estructural, especialista en construcción, especialista en materiales y hormigones y se determinó que se requiere realizar ensayos destructivos y no destructivos en el muro interno divisorio para evaluar el estado interno de la macro cisterna.

2.2.2 Trabajo de laboratorio o gabinete

De acuerdo a las observaciones y análisis de los especialistas, se considera indispensable realizar ensayos destructivos y no destructivos, con la finalidad de realizar un análisis de datos con los resultados.

Considerando los resultados se presentarán las propuestas de las soluciones respectivas para la rehabilitación de la estructura en estudio, considerando las

características, tiempos de ejecución, ventajas y desventajas de los productos propuestos.

Ensayo #1. – Ensayo de esclerometría. Este ensayo no destructivo, aunque no mida directamente la resistencia del concreto, el rebote que se registra por el martillo nos puede verificar si la resistencia superficial del concreto es uniforme en varias áreas de la estructura, detectando si existen variaciones o zonas débiles en la estructura.

Ensayo #2. – Detección de armaduras. mediante este ensayo no destructivo, con el pachómetro se identificó la localización de las barras de acero de refuerzo en el muro interno divisorio para lograr realizar la perforación del núcleo sin la necesidad de cortar la armadura.



Ilustración 7: Detección de armaduras.

Ensayo #3. – Determinación de la resistencia a la compresión del hormigón mediante la extracción de núcleos. Con este método destructivo se perforó el muro interno divisorio de la cisterna, con el objetivo de obtener la capacidad de soporte de presión del concreto en cuatro puntos específicos de la estructura, se verifica que el hormigón cumpla con la resistencia dada en las especificaciones técnicas de diseño y que mantenga la capacidad estructural después de los 18 meses de abandono de la estructura.



Ilustración 8: Extracción de núcleos



Ilustración 9: Núcleo perforado



Ilustración 10: Rotura de núcleos

Ensayo #4. – Ensayo de Carbonatación. Previo a la rotura de los cuatro cilindros de concreto, mediante este ensayo, se determina el grado de penetración del dióxido de carbono (CO₂) en el concreto y se analiza si las barras de acero presentan una posible corrosión. Con este ensayo se garantiza la durabilidad y seguridad de las estructuras de concreto armado especialmente en ambientes con las patologías encontradas en la macro cisterna.



Ilustración 11: Ensayo de Carbonatación

2.2.3 Tabulación de datos

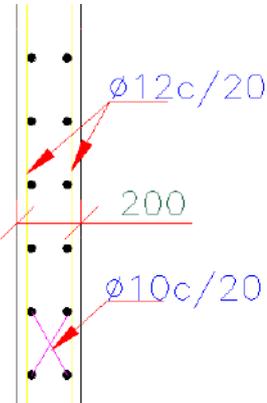
A continuación, se presenta el registro de datos resultantes de pruebas de laboratorio realizados en el muro interno divisorio de la macro cisterna. Entre los ensayos se ejecutaron, pruebas de esclerometría, para obtener la resistencia asociada, ensayo no destructivo de armaduras, para determinar posicionamiento y recubrimiento de acero y extracción de núcleos y carbonatación, para definir el estado actual del concreto. Los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio van a permitir evaluar y determinar las condiciones estructurales del muro en cuanto a fisuras y otros posibles deterioros para validar las soluciones propuestas en este análisis. La información se presenta de acuerdo con las normativas correspondientes, lo cual garantiza la fiabilidad de los resultados.

Tabla 2-1: Datos del Ensayo de Esclerometría

Proyecto: Macro Cisterna - Valle Norte							Ubicación: Vía a la Aurora la T de Daule								
Alcance: Ensayo de Esclerometría (ASTMC805)							Zona de referencia: Muro interno divisorio								
Elemento	Ángulo	Índice Esclerométrico (IC)											Valor Medio	Resistencia Asociada (kg/cm ²)	
Punto B	0°	28	36	34	30	34	34		34	34	32	36	36	33,45	280
Punto E	0°	33	36	36	37		28	28	36	35	28	35	34	33,27	280
Nota aclaratoria: Se descartan las lecturas de los puntos A, C y D, ya que presentaban valores fuera del promedio. De las lecturas B y E se descarta 1 valor fuera del promedio															

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-2: Datos del Ensayo de Detección de Armaduras

Proyecto: Macro Cisterna - Valle Norte					
Alcance: Ensayo de detección de armaduras					
Ubicación: Vía a la Aurora la T de Daule					
Zona de referencia: Muro interno divisorio					
IDENTIFICACIÓN		Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3A	Núcleo 3B
Detección de Armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R -98		Doble malla de ϕ 12 c / 20 cm	Doble malla de ϕ 12 c / 20 cm	Doble malla de ϕ 12 c / 20 cm	Doble malla de ϕ 12 c / 20 cm
Esquema estructural:					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-3: Resultados del Ensayo a la Compresión Simple

Proyecto: Macro Cisterna - Valle Norte		Alcance: Ensayo a la Compresión Simple (ASTM C39 - ASTM C42)		
Ubicación: Vía a la Aurora la T de Daule				
Zona de referencia: Muro interno divisorio				
IDENTIFICACIÓN	Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3A	Núcleo 3B
Fecha de extracción	2/7/2024	2/7/2024	2/7/2024	2/7/2024
Fecha de rotura	9/7/2024	9/7/2024	9/7/2024	9/7/2024
Edad T (días)	7	7	7	7
Diámetro D (cm)	4,44	4,44	4,44	4,44
Altura H (cm)	9,1	9,15	8,95	8,88
Peso W (gr)	306,26	326,57	302,19	301,6
Carga F (kgf)	4650	4699	4755	4780
Densidad ρ (kg/cm ³)	2174	2305	2181	2194
H/D	2,05	2,06	2,02	2
Factor de corrección	1	1	1	1
Tipo de rotura	3	3	3	3
Resistencia ensayo f'_c (kg/cm ²)	300,33	303,49	307,11	308,72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-4: Resultados del Ensayo de Carbonatación

Proyecto: Macro Cisterna - Valle Norte				
Alcance: Ensayo de Carbonatación (ASTM C856)				
Ubicación: Vía a la Aurora la T de Daule				
Zona de referencia: Muro interno divisorio				
IDENTIFICACIÓN	Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3A	Núcleo 3B
Tipología estructural	Concreto Armado	Concreto Armado	Concreto Armado	Concreto Armado
Examinación visual - (ACI 201.1R-ASTM C823)	Sí	Sí	Sí	Sí
Detección de Armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R -98	Sí	Sí	Sí	Sí
Detección de armadura (descubrimiento de acero)	No	No	No	No
Corrosión del acero estructural (exposición)	No	No	No	No
Agrietamiento estructural	No	No	No	No
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856) (medida en núcleo)	5 mm	3 mm	4 mm	4 mm

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Solución a diseñar

Luego de la inspección visual y realizar los ensayos del concreto armado del muro interno divisorio de la macro cisterna, detectando fisuras y grietas, se analizaron los resultados de los ensayos con los expertos, por lo tanto, se proponen dos soluciones para abordar estos daños, con el fin de rehabilitar la integridad del muro y garantizar la impermeabilización del mismo.

2.2.4.1 Inyección de Poliuretano Expandido

Una solución eficaz para el sellado de fisuras en elementos de hormigón armado comprometidos a la humedad es la inyección de poliuretano expandido. Este material es ideal para fisuras que permiten el ingreso de agua, ya que este material tiene la capacidad de expandirse al contacto con el agua, sellando las fisuras y proporcionando una barrera impermeable.

Las ventajas de este material son la impermeabilización, la expansión controlada que se adapta a la forma y tamaño de la fisura, rellenando incluso las pequeñas discontinuidades y su flexibilidad, debido a que tiene gran capacidad de adaptación a movimientos del concreto, lo que previene nuevas fisuras o grietas en el hormigón armado. La barrera creada es resistente a productos químicos, creando una protección contra la corrosión en un tiempo prolongado y su rápida aplicación no requiere tiempos prolongados de curado, lo cual facilita la intervención sin períodos largos de inactividad de la macro cisterna.

2.2.4.2 Mortero de fraguado ultrarrápido.

Esta solución se adopta para reparaciones rápidas en fisuras y daños estructurales que requieran una solución inmediata y robusta. Este tipo de morteros se caracteriza por su capacidad de fraguado y curado rápido, permitiendo que la cisterna no esté inactiva durante un período largo de tiempo.

Las ventajas de este mortero son su fraguado rápido, alta resistencia inicial y su facilidad de aplicación, ya que es adecuado para reparaciones urgentes y en condiciones de operación continua.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

A continuación, se muestran los resultados más relevantes que se obtuvieron en los ensayos de laboratorios correspondientes que permiten evaluar la situación actual del muro interno divisorio en términos de su resistencia a la compresión, durabilidad del concreto y otras propiedades relevantes.

En los anexos se detallan los resultados obtenidos por cada muestra.

Tabla 3-1: Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio

Ensayo	Norma/Referencia	Ubicación	Parámetro Medido	Valor Final Adoptado	Observaciones
Esclerometría	ASTM C805	Punto B	Resistencia a la Compresión Simple	280 kg/cm ²	Se obtuvo un Índice Esclerométrico (IC) de 33.36
Extracción de Núcleos	ASTM C39/39M	Muro Interno divisorio	Resistencia a la Compresión Simple	304.91 kg/cm ²	Densidad: 2213.50 kg/m ³
Carbonatación	ASTM C856	Muro Interno divisorio	Profundidad de oxidación de las armaduras	5 mm	Adecuada durabilidad

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Análisis de resultados

Los ensayos de compresión de núcleos al determinar la resistencia a la compresión muestran que el hormigón tiene una resistencia promedio entre 300.33 kg/cm^2 y 308.72 kg/cm^2 , lo cual se considera adecuado para una estructura de este tipo, corroborando la resistencia de diseño (en los planos existentes) $f'c 240 \text{ kg/cm}^2$ para su construcción, manteniendo una capacidad de carga suficiente para su función.

Los resultados de la esclerometría indican una capacidad de soporte asociada de 280 kg por cm^2 en los puntos evaluados. Si bien esta medida es inferior a la obtenida en los núcleos, está dentro de los rangos aceptables para confiar en la resistencia de diseño de una estructura que ha estado en servicio durante un tiempo.

Por otro lado, los ensayos de carbonatación indican una profundidad de penetración de entre 3 mm y 5 mm en los núcleos analizados. Si bien estos niveles no son alarmantes, reflejan un proceso de deterioro gradual del hormigón, lo que podría comprometer la protección de las armaduras en el futuro (actualmente no existe degradación en la armadura existente).

En cuanto a la variación en densidad y homogeneidad del hormigón, los núcleos presentaron una densidad que varía entre 2174 kg/m^3 y 2305 kg/m^3 , lo que indican ligeras diferencias en la calidad del hormigón a lo largo de la estructura. Esta variación podría estar relacionada con las fisuras en el mal proceso constructivo ejecutado, que podría influir en la distribución de esfuerzos en la estructura. Así mismo, la densidad de los núcleos dependerá de la toma correcta de la muestra.

Para tratar las fisuras y evitar el avance de la carbonatación, la inyección de poliuretano expandido en las fisuras es una solución óptima, ya que proporcionará una impermeabilización efectiva, capacidad de adaptación a movimientos del concreto y protección contra la degradación estructural, evitando la corrosión en las armaduras. Esta medida, combinada con otras soluciones posteriores, ayudará a prolongar la vida útil del muro y mejorar su capacidad de resistencia.

Especificaciones técnicas

Materiales:

Poliuretano Expandido:

- Tipo: Poliuretano expandido hidrorreactivo de baja viscosidad.
- Tiempo de expansión: 35 segundos al contacto con el agua, alcanzando su expansión máxima en 240 segundos.
- Expansión: Deberá ser capaz de expandirse 40 veces su volumen original, dependiendo de las condiciones de humedad.
- Densidad: Aproximadamente 1.1 g/cm³ tras su curado.
- Resistencia a la compresión: Mínimo 10 MPa (100 kg/cm²) después del curado.
- Impermeabilidad: Deberá formar una barrera impermeable al agua.
- Estabilidad química: Resistente a la mayoría de los productos químicos, ácidos débiles y agentes corrosivos presentes en el agua.

Preparación de la superficie:

Limpieza de la fisura:

Las fisuras deben estar limpias de polvo, aceites y contaminantes que puedan interferir con la adherencia del poliuretano.

Si las fisuras son muy pequeñas o están obstruidas, se puede utilizar aire comprimido o agua a presión para abrirlas y limpiarlas adecuadamente.

Humedad:

Es recomendable que las fisuras contengan algo de humedad, ya que el poliuretano es hidrorreactivo y necesita agua para expandirse completamente.

Detección de la fisura:

Se deben marcar los puntos de inyección a intervalos regulares para asegurar la distribución uniforme del material.

Método de inyección:

Perforación:

Se perforan las fisuras con una broca de tungsteno a 45°, retirando las perforaciones 5 cm de la filtración en el muro. Se introducen boquillas de PVC y se verifica la comunicación entre las perforaciones con aire comprimido

Instalación de inyectores:

Se insertan inyectores de acero o plástico en las perforaciones y se sellan los alrededores con mortero de fraguado rápido o adhesivo epóxico para evitar que el material se escape.

Inyección:

Se coloca el poliuretano a presión suficiente para vencer la presión hidrostática, asegurando el sellado de la fisura. El poliuretano se expande dentro de la fisura formando una espuma flexible que sella y permite los micro movimientos estructurales

Sellado final:

Después de la inyección, se permite que el poliuretano se expanda completamente, y los inyectores se retiran una vez que el material ha curado.

Las perforaciones se sellan con mortero de reparación para garantizar una superficie homogénea y sin filtraciones.

Criterios y control de calidad:

Expansión y curado:

Verificar que el poliuretano haya expandido y rellenado completamente las fisuras. Esto puede realizarse mediante inspección visual de las áreas inyectadas y pruebas de estanqueidad.

Inspección visual de adherencia:

Se realizará una inspección visual para verificar que todo el material se haya expandido adecuadamente dentro de la fisura y que no existan vacíos.

Pruebas de estanqueidad:

Una vez finalizada la inyección y el curado del poliuretano, se realizarán pruebas de estanqueidad para garantizar que no haya filtraciones en las zonas reparadas.

Condiciones ambientales:

Temperatura de aplicación: La temperatura ambiente y del sustrato debe estar entre 5°C y 35°C para asegurar el correcto comportamiento del poliuretano durante la inyección.

Humedad: Se recomienda realizar la inyección cuando el muro no esté completamente seco, ya que el poliuretano expandido reacciona mejor en presencia de humedad.

Seguridad y medio ambiente:

El talento humano encargado de realizar la inyección deberá utilizar los elementos necesarios para su protección personal como guantes, gafas protectoras y mascarillas, ya que el poliuretano puede ser irritante.

Se debe asegurar una adecuada ventilación durante el proceso de inyección para evitar la acumulación de vapores.

En caso de derrames, se debe evitar respirar los vapores y se debe usar materiales inertes y absorbentes para la limpieza. Si existiese contacto con la piel, realizar un lavado con gran cantidad de agua y jabón y desechar la ropa que se encuentre contaminada. En el supuesto de producirse contacto con los ojos, se debe lavar al menos por 15 minutos con suficiente cantidad de agua.

3.3 Diseño de la solución

En el proyecto de diseño, presentaremos detalles en los planos anexos, en los cuales se ilustran los detalles técnicos de la solución idónea junto con su procedimiento de ejecución con el objetivo de asegurar una comprensión integral del proceso de rehabilitación propuesto. A continuación, se presentan extractos del diseño:

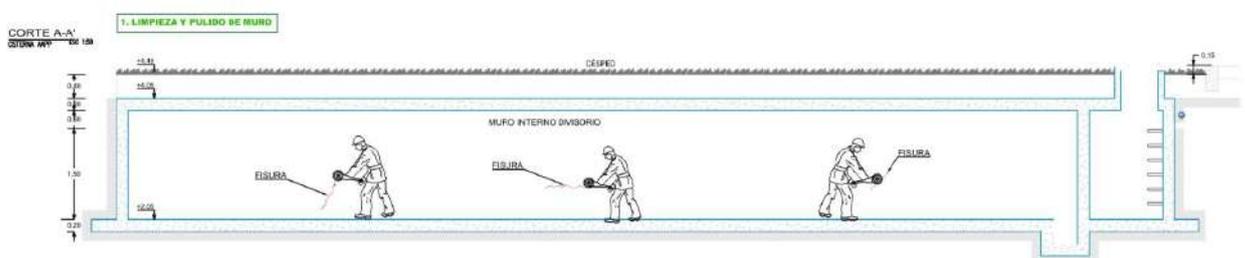


Ilustración 12: Paso 1: Limpieza y pulido de muro.

Fuente: Elaboración propia

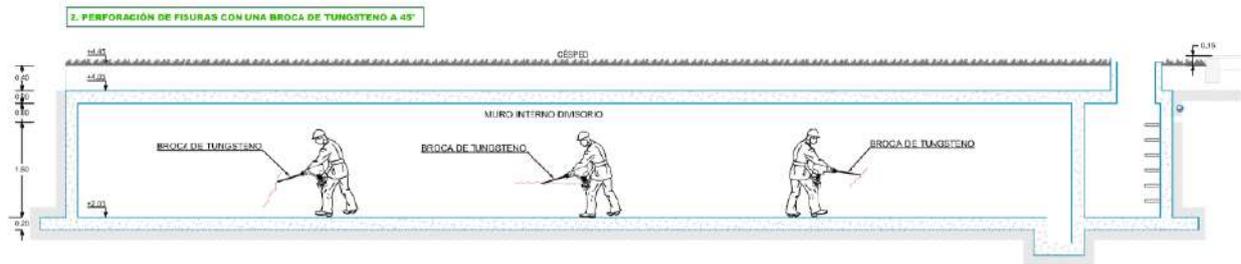


Ilustración 13: Paso 2. Perforación de fisuras con una broca de tungsteno a 45°

Fuente: Elaboración propia

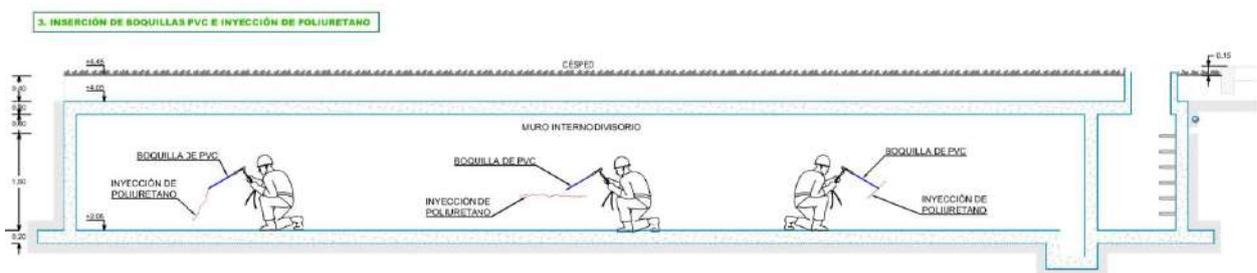


Ilustración 14: Paso 3. Inserción de boquillas PVC e inyección de poliuretano

Fuente: Elaboración propia

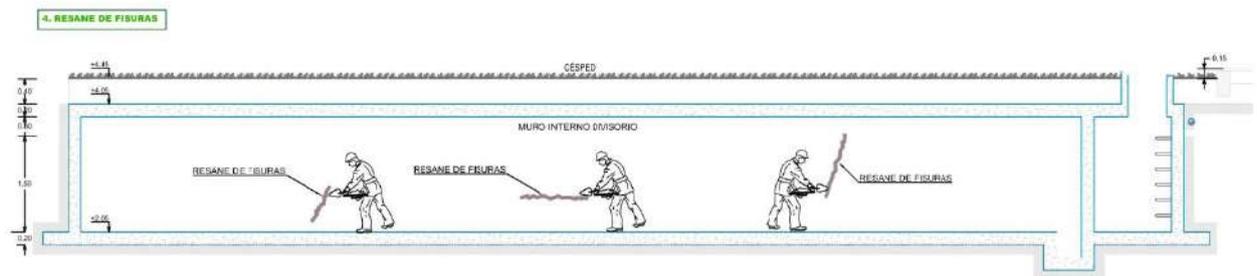


Ilustración 15: Paso 4. Resane de fisuras

Fuente: Elaboración propia

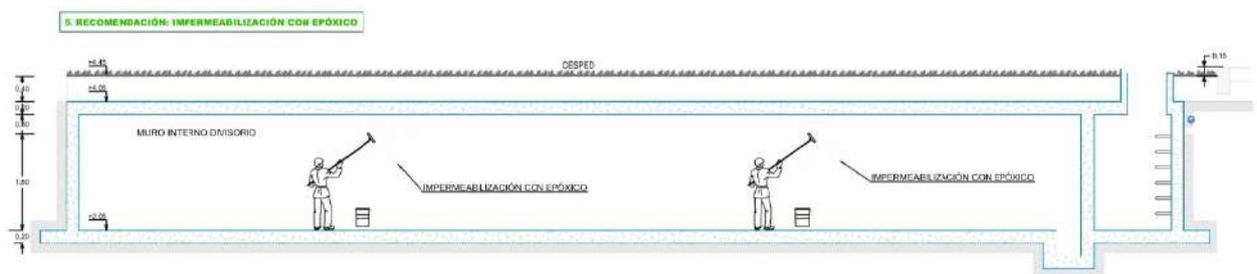


Ilustración 16: Paso 5. Recomendación. Impermeabilización con epóxico

Fuente: Elaboración propia

También se muestra un presupuesto referencial detallado, en el que se especifican los costos asociados a la rehabilitación del muro interno divisorio de la macro cisterna, considerando tanto los materiales propuestos, como el talento humano en obra y equipos necesarios:

CLIENTE:		URBANIZACIÓN VALLE NORTE.			
PROYECTO:		REHABILITACIÓN DE MACRO CISTERNA.			
PRESUPUESTO REFERENCIAL					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRESUPUESTO		
			CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
A	MACRO CISTERNA				\$ 26.490,80
1	PULIDO Y LIMPIEZA DE SUPERFICIE DE MURO INTERNO DIVISORIO.	M2	61,20	\$ 5,50	\$ 336,60
2	PERFORACIÓN E INYECCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (inc. Colocación de boquillas pvc) CANTIDAD VARIABLE DE ACUERDO A APARICIONES DE NUEVAS FISURAS.	U	110,00	\$ 4,50	\$ 495,00
3	INYECCIÓN COMPRIMIDA DE POLIURETANO (inc. Retiro de boquilla pvc y sellado con mortero de fraguado ultrarrápido) CANTIDAD VARIABLE DE ACUERDO A APARICIONES DE NUEVAS FISURAS.	KG	88,00	\$ 95,00	\$ 8.360,00
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE IMPERMEABILIZACIÓN CON EPOXICO.	M2	720,80	\$ 24,00	\$ 17.299,20
	SUBTOTAL				\$ 26.490,80
	IVA 15%			15,00%	\$ 3.973,62
	TOTAL INCLUIDO IVA				\$ 30.464,42

Ilustración 17: Presupuesto referencial

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

La evaluación y rehabilitación de la cisterna comunal de la urbanización Valle Norte son fundamentales para garantizar un suministro de agua potable seguro y sostenible para sus 972 habitantes. A lo largo del estudio, se identificaron problemas en la estructura, incluyendo fisuras en el muro divisorio interno, que han surgido como resultado de un mal proceso constructivo y un abandono prolongado de la cisterna. Estas condiciones no solo afectan la funcionalidad de la cisterna, sino que también injieren en una grave problemática para la salud pública, dado el potencial de contaminación del agua potable almacenada.

Los ensayos realizados han demostrado que, a pesar del deterioro, la resistencia del hormigón sigue siendo adecuada para el tipo de estructura. Sin embargo, la presencia de fisuras observadas sugiere que se necesita una intervención urgente para evitar daños mayores en la estructura. La inyección de poliuretano expandido

se presenta como una solución eficaz para sellar fisuras brindando flexibilidad al movimiento del concreto y proporcionando una barrera impermeable, protegiendo así la calidad del agua y la integridad estructural del muro.

Además, este proyecto está alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible #3, que pretende asegurar el bienestar físico de los seres humanos a través del mejoramiento en la calidad del agua.

Implementar las soluciones propuestas no solo contribuirá a la rehabilitación de la macro cisterna, sino que también fomentará el progreso económico y desarrollo social de la comunidad, al asegurar el acceso continuo al agua potable de buena calidad.

La rehabilitación de la macro cisterna comunal no solo es necesaria para la preservación de la infraestructura, sino que es una inversión importante en la salud e higiene de los habitantes de la urbanización Valle Norte.

4.2 Recomendaciones

Es fundamental llevar a cabo la inyección de poliuretano expandido en las fisuras detectadas, asegurando una impermeabilización efectiva. Esta intervención debe realizarse sin demoras evitando la filtración del líquido vital y la posterior contaminación del agua potable almacenada.

Establecer un programa de mantenimiento preventivo para la cisterna, que incluya inspecciones periódicas y monitoreo de las condiciones estructurales. La detección temprana de nuevos daños o fisuras permitirá mitigar el problema previniendo situaciones críticas a futuro.

Es esencial capacitar al talento humano delegado en la operación y conservación de la macro cisterna sobre las técnicas adecuadas de gestión y preservación de la estructura. Esto incluye la identificación de signos de deterioro y el correcto uso de los equipos de bombeo.

Fomentar la participación de la comunidad en preservar la macro cisterna a través de campañas relacionadas con el cuidado del agua y la salud pública. Involucrar a los residentes en la preservación y cuidado de la infraestructura puede fortalecer el sentido de responsabilidad colectiva.

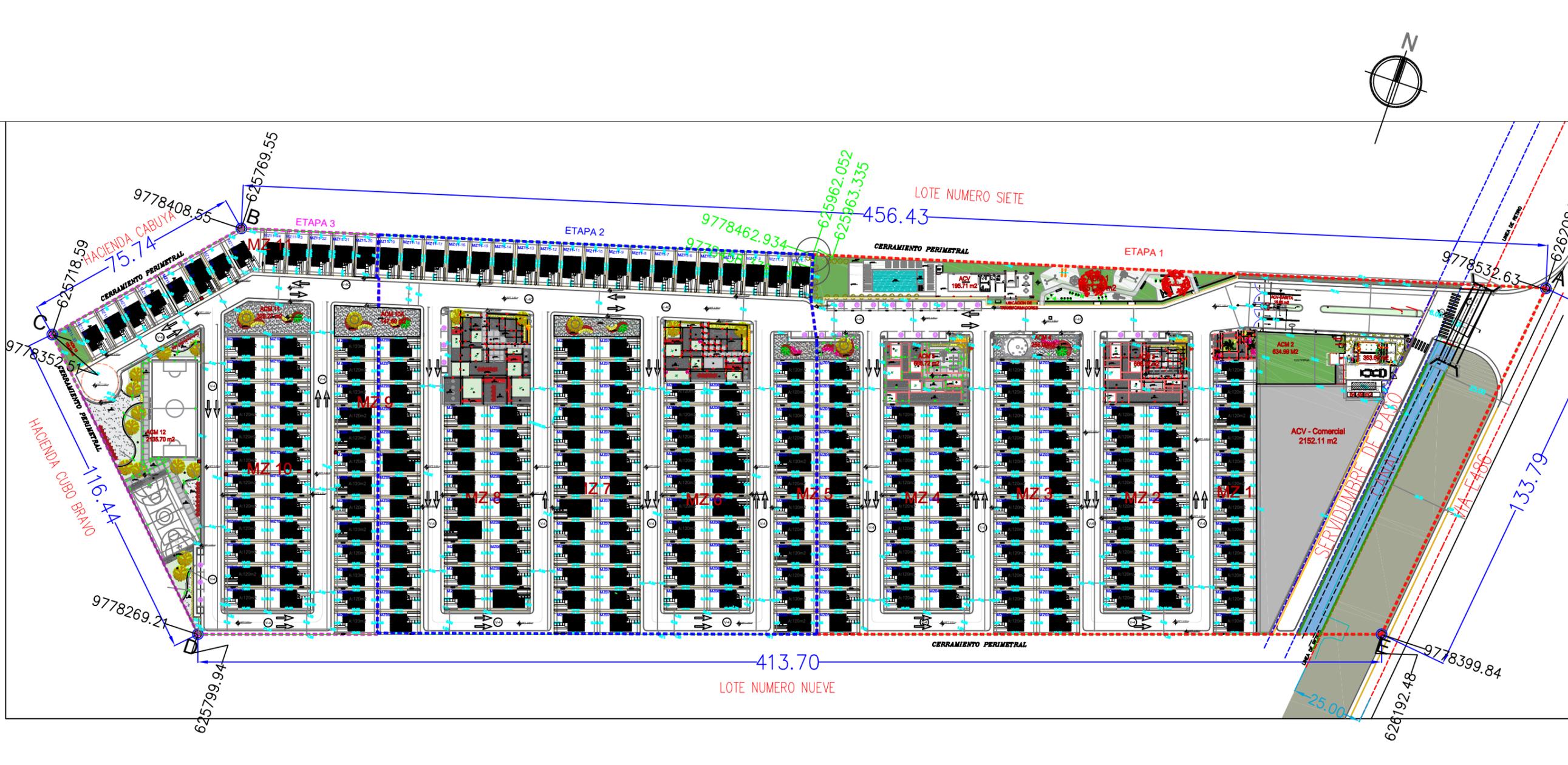
Mantener un registro detallado de las inspecciones realizadas y sus resultados para evaluar la efectividad de las soluciones implementadas. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en futuras rehabilitaciones de obras civiles similares.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam M. Neville. (2015). *Properties of Concrete*. In *Ed. Reverté*.
https://www.google.com.ec/books/edition/Properties_of_Concrete/mKEeAQAAIAAJ?hl=es&gbpv=1&bsq=Properties+of+Concrete%22+de+A.+M.+Neville&dq=Properti+es+of+Concrete%22+de+A.+M.+Neville&printsec=frontcover
- American Concrete Institute (ACI). (2017). *Guide To Concrete Repair of Concrete Structures. ACI 546R-14*. <https://es.scribd.com/document/709864716/546R-14-Guide-to-Concrete-Repair>
- ASTM C39. (n.d.). *Astm C39 - Resistencia A La Compresion de Concreto | PDF | Fractura | Hormigón*. Retrieved September 8, 2024, from <https://es.scribd.com/document/587155228/ASTM-C39-RESISTENCIA-A-LA-COMPRESION-DE-CONCRETO>
- Beushausen, H., & Torrent, R. (2016). Performance-based specifications and control of concrete durability. *RILEM Publications*.
- Callister, W. D. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. John Wiley & Sons.
https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_ciencia_e_ingnier%C3%ADa/38n7DwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1
- Delgado P. (2019). Métodos de evaluación estructural en construcciones de hormigón armado. *Revista de Ingeniería Estructural*, 37(2), 85–102.
- García, P., Sánchez, M., & Torres, J. (2019). Uso de membranas de poliuretano en la industria textil y de construcción. *Journal of Polymer Science*, 17(3), 89–97.
- Li, X., Chen, Y., & Wang, Q. (2020). Polyurethane membranes for gas separation and water vapor permeability. *Polymer Materials Science*, 12(4), 45–53.
- Malhotra, V. M., & Carino, N. J. (2004). *Handbook on Nondestructive Testing of Concrete*. CRC-Press.
- Mehta P. K., & Monteiro P. J. M. (2016). *Concrete: Microstructure, Properties and Materials* (McGraw-Hill, Ed.). McGraw-Hill.
<https://www.google.com.ec/books/edition/Concrete/3j5EAQAIAAJ?hl=es&gbpv=0&bsq=Concrete:%20Microstructure,%20Properties,%20and%20Materials>

- Núñez, A., González, P., & Santos, M. (2018). Propiedades físicas y químicas de las resinas sintéticas. *Materiales Avanzados*, 28(5), 133–150.
- Ortiz, J. (2016). Almacenamiento de agua: una revisión sobre las cisternas. *Revista de Ingeniería Civil*, 45(3), 123–135.
- Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., & Fardis, M. N. (1991). Fundamental modeling and experimental investigation of concrete carbonation. *ACI Materials Journal*, 88(4), 363–373.
- Sánchez, M. (2020). Tecnologías modernas en impermeabilización de estructuras. *Ingeniería de La Construcción*, 58(1), 201–215.

PLANOS Y ANEXOS



UBICACIÓN
 CODIGO CATASTRAL:
 #16-1-0-09
 UBICACIÓN:
 PROVINCIA: GUAYAS
 CANTÓN: DAILE
 PARROQUIA SATELITAL: LA AURORA
 LINDEROS:
 NORTE: LOTE NUMERO SIETE CON 450 MTS.
 SUR: LOTE NUMERO NUEVE CON 405 MTS.
 ESTE: VIA E-486 CON 137 MTS.
 OESTE: HACIENDA CABUYA CON 76 MTS Y HACIENDA CUBO BRAVO CON 115 MTS TERMINANDO EN PUNTA.

PROYECTO:
URBANIZACIÓN VALLE NORTE
 DISEÑO ARQUITECTÓNICO:
GA CONSULTING GROUP CONSULTORA VERA & ASOCIADOS

SELLOS MUNICIPALES:

1 IMPLANTACIÓN GENERAL
 ESCALA: 1:750

AREAS	M2	
AREA SEGÚN ESCRITURA	61883,80	
AREA AFECTACION 25M	2543,26	
AREA BRUTA - TERRENO	59340,54	
AREA AFECTACION CANAL	1080,84	
AREA AFECTACION TALUD CANAL	1084,38	
AREA UTIL - TERRENO	57175,32	100,00%

CUADRO GENERAL DE USOS DE SUELO			
USOS	SUPERFICIE (m2)	PORCENTAJE (%)	
AREA UTIL VENDIBLE	Área Residencial	29279,46	51,21%
ACM	ACM: Áreas Verdes	8573,98	15,00%
ACV	Lotés de Servicio (Planta de Tratamiento/Garita/Centro de Acopio)	441,09	0,77%
	Club Social	195,71	0,34%
	Área Comercial Vendible	2152,11	3,76%
VIAS	Área de Vías (Vehicular/Peatonal/Área Verde No Computable)	16532,97	28,92%
	TOTAL	57175,32	100,00%
TOTAL LOTES		243,00	
Afectación Vial 25m		2543,26	
Afectación de Canal		1080,84	
Afectación Talud Canal		1084,38	
AREA TOTAL		61883,80	
TOTAL UNIDADES HABITACIONALES		243	
TOTAL UNIDADES DE PARQUEOS		24	

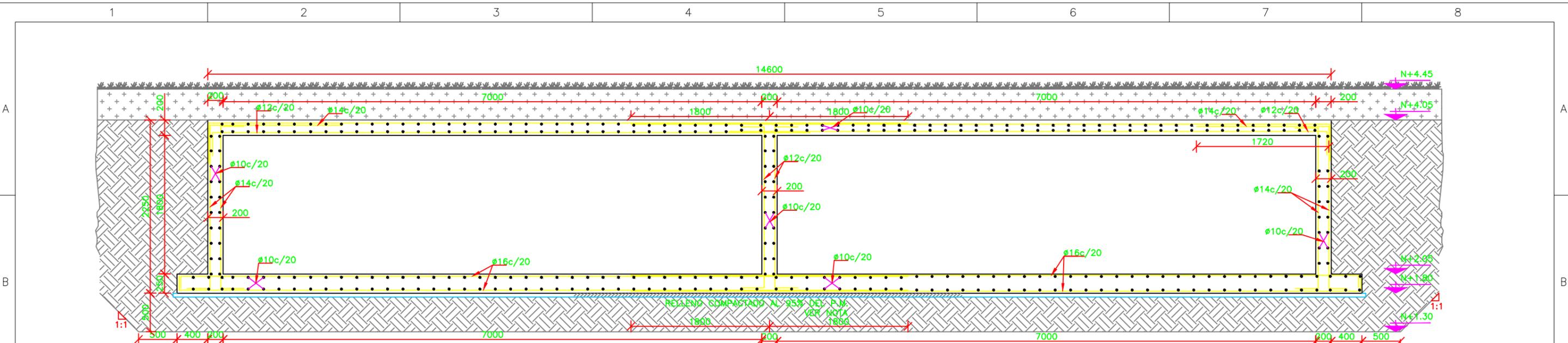
- SIMBOLOGIA
- MZ N° DE MANZANAS
 - 01 N° DE LOTE
 - 1.00m² AREA DE LOTE
 - LOTES UNIFAMILIARES
 - ACM AREAS VERDES
 - ACV COMERCIAL
 - ACV
 - AFECTACION CANAL
 - AFECTACION TALUD
 - LINDERO TERRENO
 - INDICA TIPO DE VIA
 - INDICA DIRECCION DE VIA
 - INDICA N° DE PARQUEO
 - INDICA RADIOS CURVAS
 - INDICA EJE DE VIA

COORDENADAS UTM WGS 84

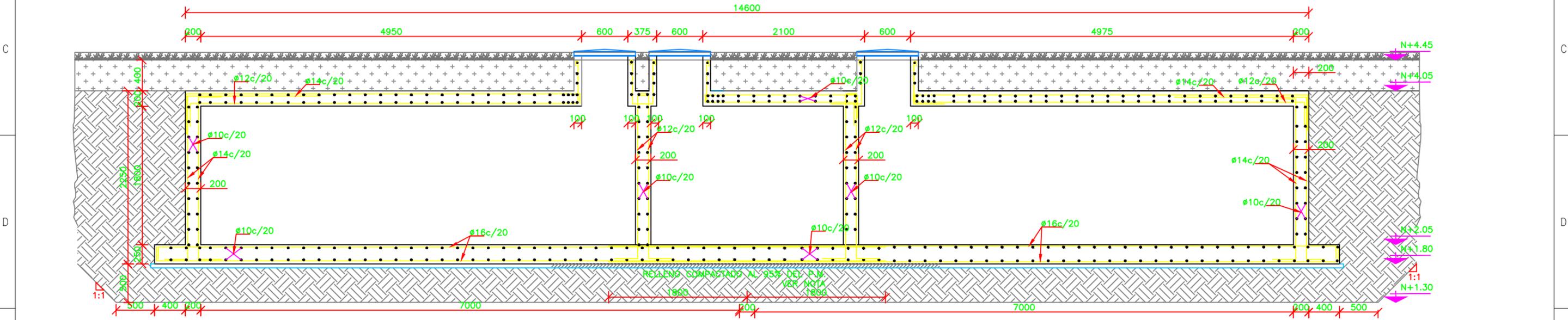
VERTICE	NORTE	ESTE
A	626208.79	9778532.63
B	625769.55	9778408.55
C	625718.59	9778352.51
D	625799.94	9778269.21
E	626192.48	9778399.84

CONTIENE:
PROYECTO URBANISTICO VALLE NORTE

ARCHIVO: ARQ-01/IMPLANTACION
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: JULIO 2020
 DIBUJO: LSA
 DISEÑO ARQUITECTÓNICO: RESPONSABILIDAD TECNICA:
 PROPIETARIO: LÁMINA:
ARQ-00



CORTE
CORTE A-A'
ESC:1:25



CORTE
CORTE B-B'
ESC:1:25

NOTAS GENERALES

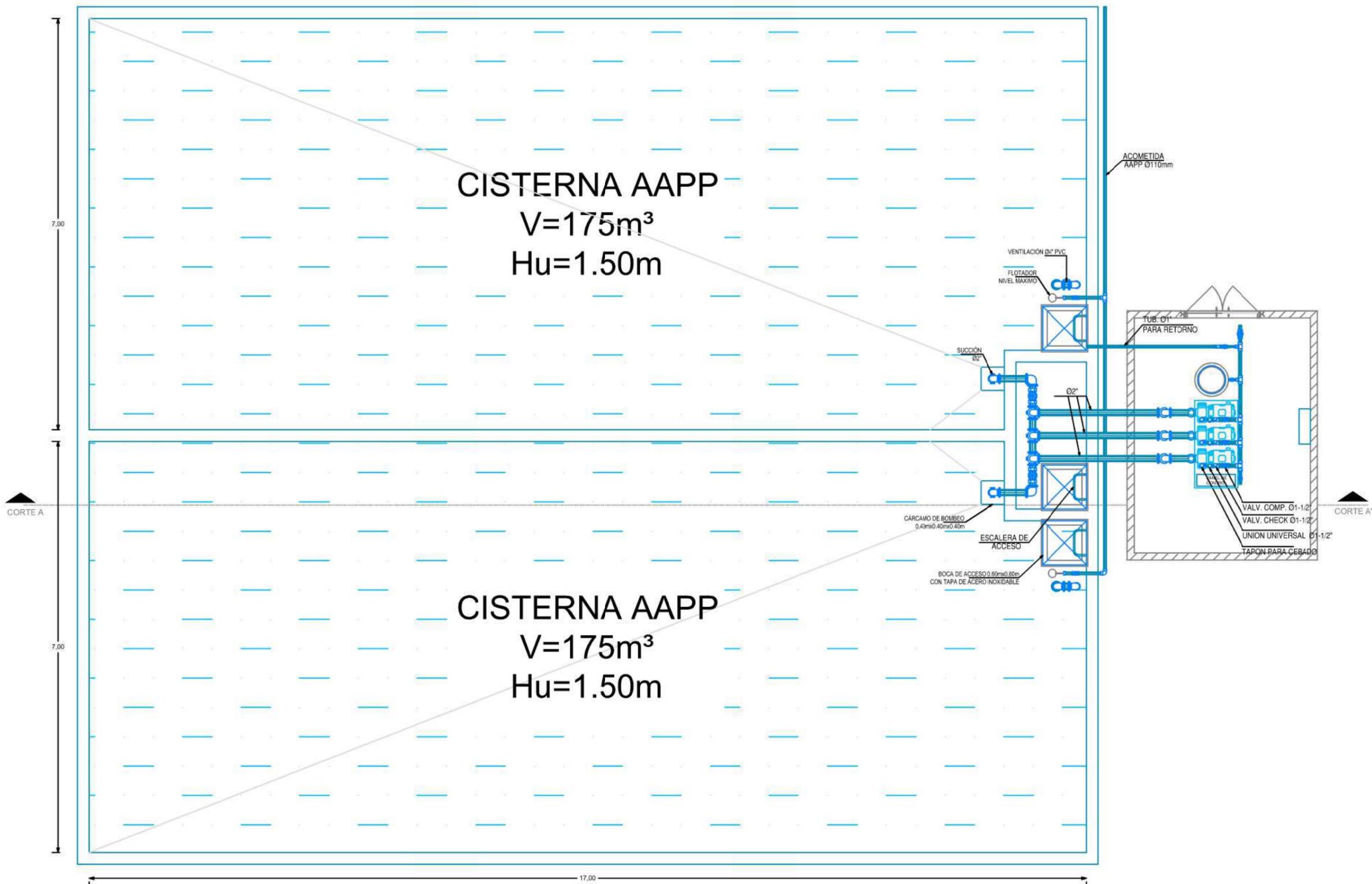
1. LAS DIMENSIONES SE INDICAN EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS A EXCEPCION DE SE MENCIONE OTRA.
2. COORDINAR CON PLANOS ARQUITECTONICOS, ANTES DE EMPEZAR LABORES DE CONSTRUCCION.
3. VERIFICAR TODAS LAS DIMENSIONES, DISPOSICION DE ELEMENTOS Y ELEVACIONES ANTES DE INICIAR CUALQUIER ACTIVIDAD DE CONSTRUCCION.
4. HORMIGON DE CIMENTACION $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$
5. ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
6. RELLENO CON MATERIAL SELECCION COMPACTADO AL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DEL PROCTOR MODIFICADO CARACTERISTICAS DEL MATERIAL
 - TAMARO MAXIMO DEL AG. GRUESO 10cm
 - PASANTE TAMIZ N. 4 30-70%
 - PASANTE TAMIZ N. 200 0-20%
 - LIMITE LIQUIDO MAX 35%
 - INDICE PLASTICO MAX 12%

EL RELLENO DEBE ESTAR LIBRE DE TODO MATERIAL ORGANICO, EN GENERAL LIBRE DE TODO TIPO DE IMPURESAS SERA COMPACTADO EN CAPAS DE 20 CM DE ESPESOR CON 2% AL 3% SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA ESTABLECIDO PARA EL MATERIAL.
SE DEBERA GARANTIZAR LA OCUPABILIDAD DE UN MODULO DE LA CISTERNA SIEMPRE.

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION DE PROPIEDAD CONFIDENCIAL, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE XX XXXXXXXXX. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF XX XXXXXXXXX.

DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DIBUJO	REVISÓ	APROBO	
PLANS ARQUITECTONICOS	FECHA RECEPCION: 2020-12-02		COORDINACION	03/12/2020	SNF	MFP	JVG	

	CLIENTE :	
	PROYECTO :	URBANIZACION VALLE NORTE PLAN MAESTRO
	DESCRIPCION :	DETALLE ESTRUCTURAL DE CISTERNA AAPP SECCIONES
	CVA DOC No :	2018-EST-32-100
TAMARO :	A1	DIBUJO N° :
ESCALA :	S/E	38-EA-405
		HOJA :
		3 DE 3
		REV. :
		A



UBICACIÓN



CODIGO CATASTRAL:
#18-1-0-0-9

UBICACIÓN:
PROVINCIA: GUAYAS
CANTON: DAULE
PARROQUIA SATELITAL: LA AURORA

LINDEROS:
NORTE: LOTE NUMERO SIETE CON 450 MTS.
SUR: LOTE NUMERO NUEVE CON 405 MTS.
ESTE: VIA E406 CON 137 MTS.
OESTE: HACIENDA CABUYA CON 76 MTS Y HACIENDA CUBO BRAVO CON 115 MTS TERMINANDO EN PUNTA.

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE UNA MACRO CISTERNA UBICADA EN LA URBANIZACIÓN VALLE NORTE, DAULE, GUAYAS, ECUADOR.

CONTIENE:

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN URBANIZACIÓN VALLE NORTE INYECCIÓN DE POLIURETANO EXPANDIDO EN FISURAS

ARCHIVO:

ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2024

DIBUJO:

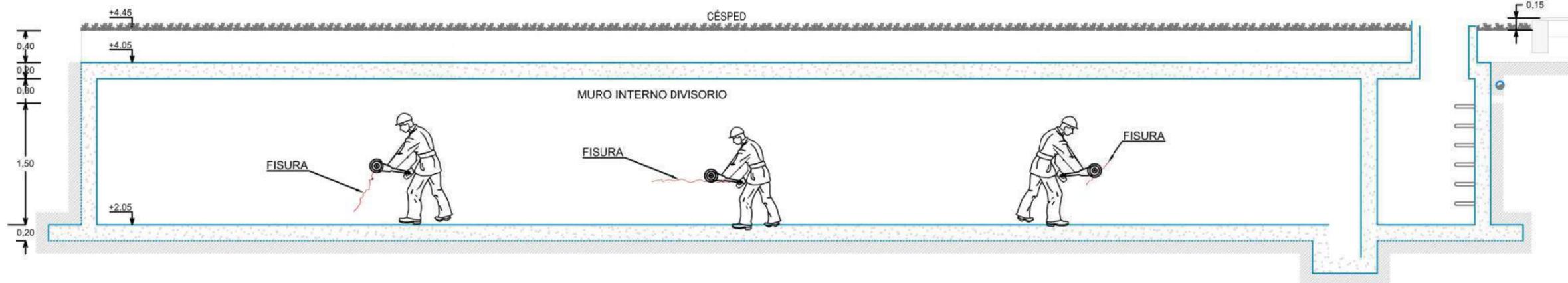
ELABORADO POR:

ING. EDGAR SANCHEZ C.I. # 19082018

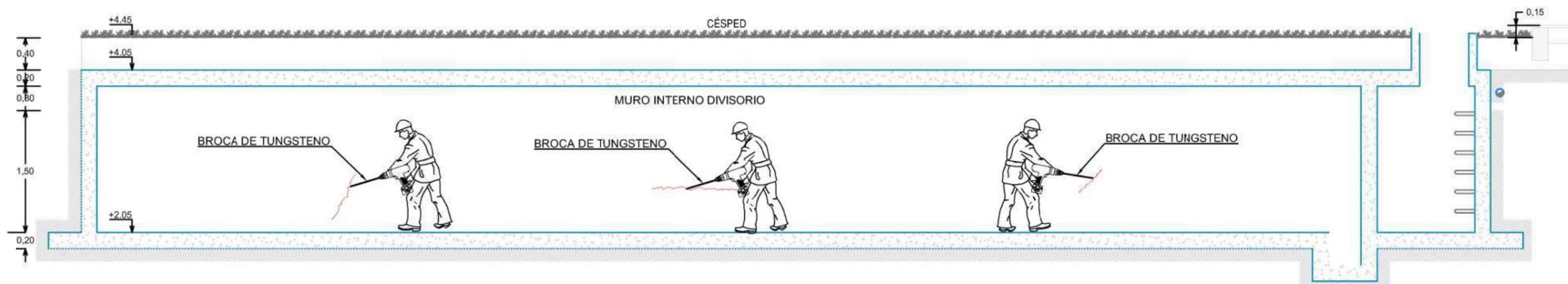
ING. ROYANA SANCHEZ C.I. # 19082018

LÁMINA:

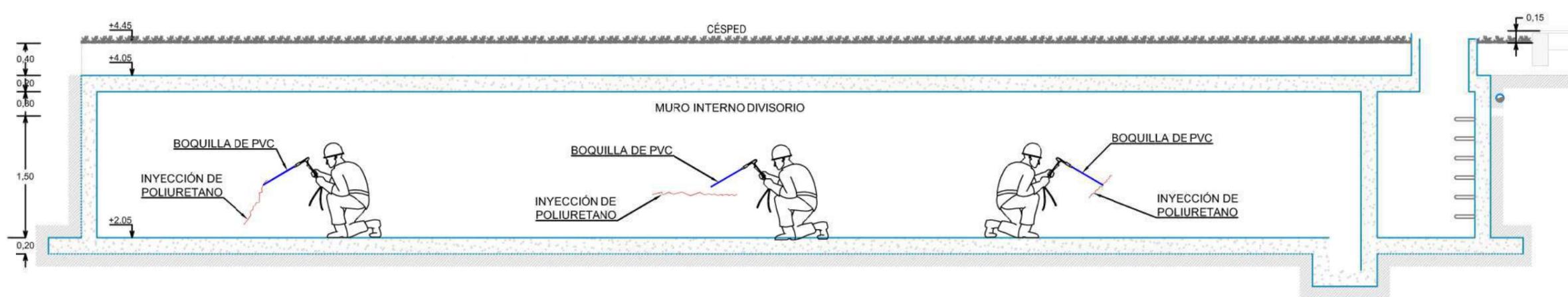
1. LIMPIEZA Y PULIDO DE MURO



2. PERFORACIÓN DE FISURAS CON UNA BROCA DE TUNGSTENO A 45°



3. INSERCIÓN DE BOQUILLAS PVC E INYECCIÓN DE POLIURETANO



METODOLOGÍA DE INYECCIÓN

- 1) Pulido y limpieza: Escarificación del muro
- 2) Se perforan las fisuras con una broca de tungsteno a 45°, retirando las perforaciones 5cm de la filtración en el muro.
- 3) Se introducen boquillas de PVC y se verifica la comunicación entre las perforaciones con aire comprimido y se insertan inyectores con mortero de fraguado rápido o adhesivo epóxico para evitar que el material se escape.
Se coloca el poliuretano expandido a presión suficiente para vencer la presión hidrostática, asegurando el sellado en la fisura, el poliuretano se expande dentro de la fisura formando una espuma flexible que sella y permite los micro movimientos estructurales.
- 4) Resane de fisuras: Se sellan las fisuras con mortero de fraguado ultrarrápido.
- 5) Recomendación: después de la inyección y espuma completamente expandida, se recomienda impermeabilizar la macro cisterna en su totalidad con epóxico.

RESUMEN DE CANTIDADES (con posible variación en caso de aparición de más fisuras)		
Elemento	Unidad	Cantidad
Muro interno divisorio	m2	61.20
Perforación e inyección de poliuretano expandido	Unidad	110.00
Inyección de poliuretano expandido	kg	88.00
Impermeabilización con epóxico	m2	720.80



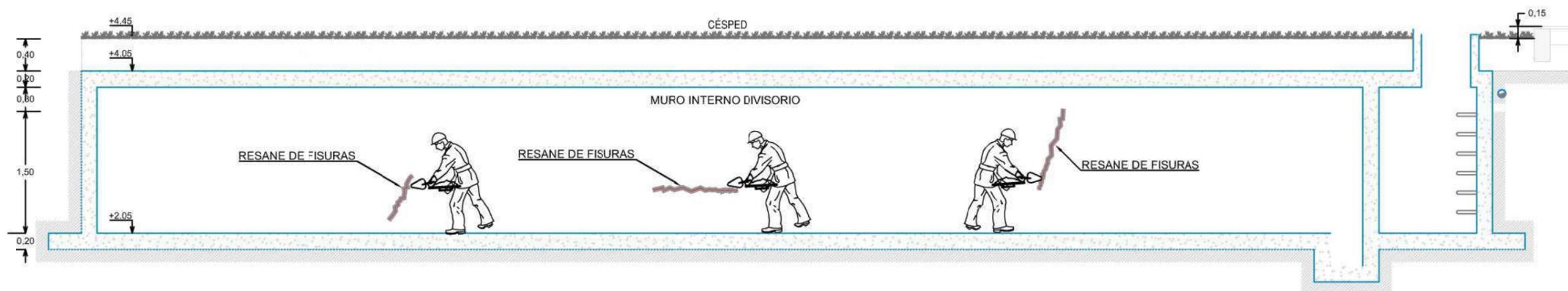
UBICACIÓN:
CODIGO CATASTRAL:
#18-1-0-0-9
UBICACIÓN:
PROVINCIA: GUAYAS
CANTON: DAULE
PARROQUIA SATELITAL: LA AURORA
LINDEROS:
NORTE: LOTE NUMERO SIETE CON 450 MTS.
SUR: LOTE NUMERO NUEVE CON 405 MTS.
ESTE: VIA E46 CON 137 MTS.
OESTE: HACIENDA CABUYA CON 76 MTS Y HACIENDA CUBO BRAVO CON 115 MTS TERMINANDO EN PUNTA.

PROYECTO:
REHABILITACIÓN DE UNA MACRO CISTERNA UBICADA EN LA URBANIZACIÓN VALLE NORTE, DAULE, GUAYAS, ECUADOR.

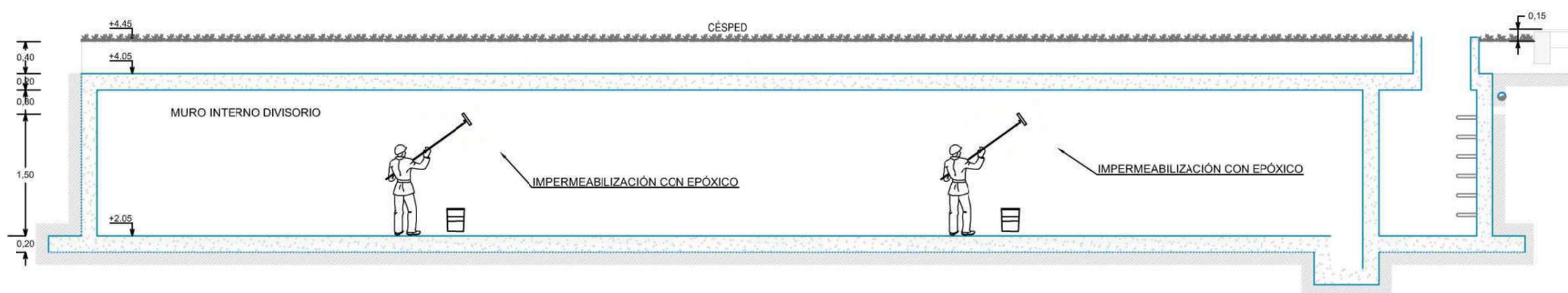
CONTIENE:
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN
URBANIZACIÓN VALLE NORTE
INYECCIÓN DE POLIURETANO EXPANDIDO EN FISURAS

ARCHIVO:
ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2024
DIBUJO:
ELABORADO POR:
ING. EDGAR SPOCH BRITO C.I. # 180042015
ING. ROMANA SPOCH BRITO C.I. # 001182027
LÁMINA:

4. RESANE DE FISURAS



5. RECOMENDACIÓN: IMPERMEABILIZACIÓN CON EPÓXICO



METODOLOGÍA DE INYECCIÓN

- 1) Pulido y limpieza: Se perforan las fisuras con una broca de tugstero a 45°, retirando las perforaciones 5cm de la filtración en el muro.
- 2) Se introducen boquillas de PVC y se verifica la comunicación entre las perforaciones con aire comprimido.
- 3) Se insertan inyectores con mortero de fraguado rápido o adhesivo epóxico para evitar que el material se escape.
- 4) Se coloca el poliuretano expandido a presión suficiente para vencer la presión hidrostática, asegurando el sellado en la fisura, el poliuretano se expande dentro de la fisura formando una espuma flexible que sella y permite los micro movimientos estructurales.
- 5) Recomendación: después de la inyección y espuma completamente expandida, se recomienda impermeabilizar la macro cisterna en su totalidad con epóxico.

RESUMEN DE CANTIDADES (con posible variación en caso de aparición de más fisuras)		
<i>Elemento</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>
Muro interno divisorio	m2	61,20
Perforación e inyección de poliuretano expandido	Unidad	110,00
Inyección de poliuretano expandido	kg	88,00
Impermeabilización con epóxico	m2	720,80



UBICACIÓN:
 CODIGO CATASTRAL:
 #18-1-0-0-9
 UBICACIÓN:
 PROVINCIA: GUAYAS
 CANTÓN: DAULE
 PARROQUIA SATELITAL: LA AURORA
 LINDEROS:
 NORTE: LOTE NUMERO SIETE CON 450 MTS.
 SUR: LOTE NUMERO NUEVE CON 405 MTS.
 ESTE: VIA E46 CON 137 MTS.
 OESTE: HACIENDA CABUYA CON 76 MTS Y HACIENDA CUBO BRAVO CON 115 MTS TERMINANDO EN PUNTA.

PROYECTO:
 REHABILITACIÓN DE UNA MACRO CISTERNA UBICADA EN LA URBANIZACIÓN VALLE NORTE, DAULE, GUAYAS, ECUADOR.

CONTIENE:
 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN
 URBANIZACIÓN VALLE NORTE
 INYECCIÓN DE POLIURETANO EXPANDIDO EN FISURAS

ARCHIVO:
 ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2024
 DIBUJO:
 ELABORADO POR:
 ING. EDGAR SPOCH BRITO C.I. # 180042015
 ING. ROMANA SPOCH BRITO C.I. # 1801182078
 LÁMINA:

ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

1. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA
2. ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS
3. RESUMEN DEL ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS
4. ENSAYO DE CARBONATACIÓN



SIKA ECUATORIANA S.A.
DEPARTAMENTO TÉCNICO CONCRETO

LUGAR DEL PROYECTO Vía Salitre Urb. Valle Norte
CLIENTE: Constructora Galilea SA
FECHA DEL ENSAYO: 30/5/2024

RESISTENCIA COMPRESION ASOCIADA CON EL INDICE ESCLEROMETRICO (RA)

ELEMENTO	ANGULO	LOCALIZACION	INDICE ESCLEROMETRICO (IC)												VALOR MEDIO	RESISTENCIA ASOCIADA (KG /CM2)
Punto B	0°	Pared compartida centro	28	36	34	30	34	34		34	34	32	36	36	33,45	280
Punto E	0°	Pared contra terreno centro	33	36	36	37		28	28	36	35	28	35	34	33,27	280

Observaciones: Se descartan las lecturas de los puntos A, C y D debido a que presentaban mas de 2 valores fuera del promedio.
De las lecturas B y E se descarta 1 valor fuera del promedio.

Andrea Sotelo
Asesora técnica comercial
Trade Reseller
Sika Ecuatoriana

Wilson Barahona
Asesor técnico
Concreto
Sika Ecuatoriana

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: EXTRACCIÓN DE NÚCELOS

Ficha No. <p align="center">01</p>	Contrato. Urb. Valle Norte I	
	Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I	
	Año de construcción:	
	Zona de referencia:	Pantalla de muro Cisterna
	Nivel:	
	ID: N1	Elemento: Muro Central
	Dimensiones:	L: m <i>Largo</i> B: m <i>Ancho</i> h: m <i>Altura</i>
	Tipología estructural:	
Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Con pachómetro -----
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Desintegración / Degradación del concreto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Extracción de núcleos (ASTM C42/42M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Determinación de la Densidad (ASTM 642)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2174 kg/m ³ -----
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5mm (Nucleo) -----
Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Ensayo de compresión simple (ASTM C39/39M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	300,33 kg/cm ² -----

Observaciones adicionales: ----- ----- ----- -----	Reponsable de la evaluación: Ing.Erick barriga
	Fecha Extracción: 9/7/2024

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: EXTRACCIÓN DE NÚCELOS

Ficha No.

02

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N2

Elemento: Muro central

Dimensiones:

L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Con pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ficha Auscultación
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Desintegración / Degradación del concreto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Extracción de núcleos (ASTM C42/42M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Determinación de la Densidad (ASTM 642)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2305 kg/m ³
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3mm (Nucleo)
Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Ensayo de compresión simple (ASTM C39/39M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	303,49 kg/cm ²

Observaciones adicionales:

Reponsable de la evaluación:

Ing.Erick barriga

Fecha Extracción:

9/7/2024

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: EXTRACCIÓN DE NÚCELOS

Ficha No.

03-A

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N3A

Elemento: Muro central

Dimensiones:

L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Con pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ficha Auscultación
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Desintegración / Degradación del concreto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Extracción de núcleos (ASTM C42/42M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Determinación de la Densidad (ASTM 642)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2181
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4mm (Núcleo)
Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Ensayo de compresión simple (ASTM C39/39M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	307,11 kg/cm ²

Observaciones adicionales:

Reponsable de la evaluación:

Ing.Erick barriga

Fecha Extracción:

9/7/2024

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: EXTRACCIÓN DE NÚCELOS

Ficha No. 03-B	Contrato. Urb. Valle Norte I		
	Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I		
	Año de construcción:		
	Zona de referencia:	Pantalla de muro Cisterna	
	Nivel:		
	ID: N3B	Elemento: Muro central	
	Dimensiones:	L: m <i>Largo</i>	B: m <i>Ancho</i>
	h: m <i>Altura</i>		
Tipología estructural:			
Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Con pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ficha Auscultación
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Desintegración / Degradación del concreto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Extracción de núcleos (ASTM C42/42M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Determinación de la Densidad (ASTM 642)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2194 kg/m ³
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4mm (Nucleo)
Ensayo de Esclerometría (ASTM C805)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Ensayo de compresión simple (ASTM C39/39M)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	308,72 kg/cm ²

Observaciones adicionales: ----- ----- ----- -----	Reponsable de la evaluación: Ing.Erick barriga
	Fecha Extracción: 9/7/2024

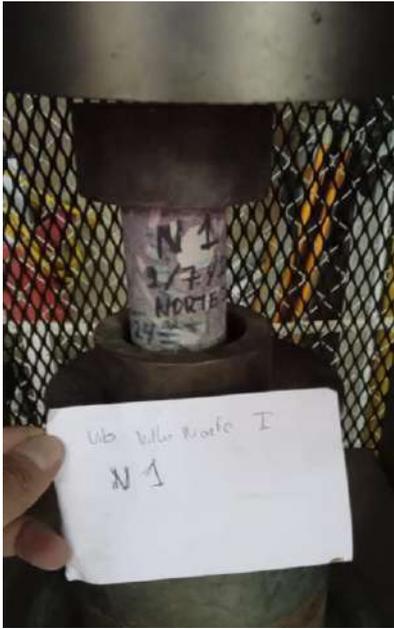
RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: ENSAYO DE CARBONATACIÓN

Ficha No.

01

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N1 **Elemento:** Muro Central

Dimensiones:
L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 mm (Medida en núcleo)

Observaciones adicionales:

Responsable de la evaluación:

Ing. Erick Barriga Pineda

Fecha de Toma:

9/7/2024

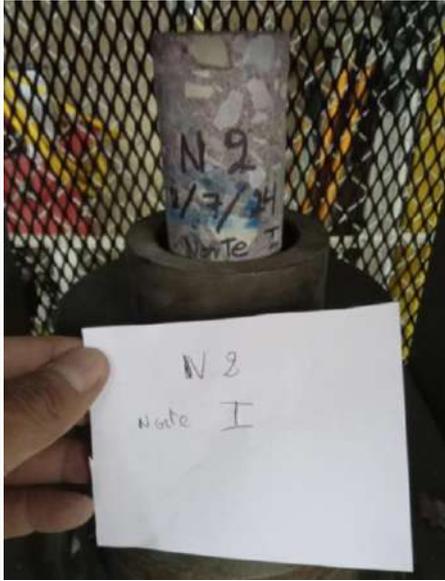
RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: ENSAYO DE CARBONATACIÓN

Ficha No.

02

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N2 **Elemento:** Muro Central

Dimensiones:
L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3 mm (Medida en núcleo)

Observaciones adicionales:

Responsable de la evaluación:

Ing. Erick Barriga Pineda

Fecha de Toma:

9/7/2024

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: ENSAYO DE CARBONATACIÓN

Ficha No.

03-A

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N3A **Elemento:** Muro Central

Dimensiones:
L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>		

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 mm (Medida en núcleo)

Observaciones adicionales:

Responsable de la evaluación:

Ing. Erick Barriga Pineda

Fecha de Toma:

9/7/2024

RELEVAMIENTO ESTRUCTURAL: ENSAYO DE CARBONATACIÓN

Ficha No.

03-B

Contrato.

Urb. Valle Norte I



Nombre del Proyecto: Urb. Valle Norte I

Año de construcción:

Zona de referencia: Pantalla de muro Cisterna

Nivel:

ID: N3B **Elemento:** Muro Central

Dimensiones:
L: m *Largo*
B: m *Ancho*
h: m *Altura*

Tipología estructural:

Madera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Hormigón Armado
Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	H. A. prefabricado
Mixta (acero y hormigón)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Evaluación Cualitativa

	SI	NO	Observaciones
Examinación Visual (ACI 201.1R - ASTM C823)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
Detección de armadura (Pachómetro - Ferroskan) ACI 228.2R-98	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pachómetro
Detección de armadura (Descubrimiento de acero)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Corrosión del acero estructural (Exposición)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Agrietamiento estructural	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-----
Análisis Petrográfico - Carbonatación (ASTM C856)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 mm (Medida en núcleo)

Observaciones adicionales:

Responsable de la evaluación:

Ing. Erick Barriga Pineda

Fecha de Toma:

9/7/2024