Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCEDIMIENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EN RESERVORIOS ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO, PARA PREVENIR EL INCREMENTO DEL COSTO Y DILACIÓN DE TIEMPO DE ENTREGA, EN PROYECTOS HIDRÁULICOS

Línea de investigación:
Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Pompilio Trujillo, Michael Brandon

Asesor

Acruta Sánchez, Alfredo

ORCID: 0000-0002-5015-2366

Jurado

Romero Ríos, David

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Yupari Silva, Emilio Gustavo

Lima - Perú

2025

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCEDIMIENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EN RESERVORIOS ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO, PARA PREVENIR EL INCREMENTO DEL COSTO Y DILACIÓN DE TIEMPO DE ENTREGA, EN PROYECTOS HIDRÁULICOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	4%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	doczz.net Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.sedapal.com.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.perulicitaciones.com Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to uncedu	

Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS Y MEJORA DEL PROCEDIMIENTO DE IMPERMEABILIZACIÓN EN RESERVORIOS ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO, PARA PREVENIR EL INCREMENTO DEL COSTO Y DILACIÓN DE TIEMPO DE ENTREGA, EN PROYECTOS HIDRÁULICOS

Línea de Investigación:
Desarrollo Urbano-Rural, Catastro, Prevención de riesgos, Hidráulica y Geotecnia

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor
Pompilio Trujillo, Michael Brandon

Asesor
Acruta Sánchez, Alfredo
(ORCID: 0000-0002-5015-2366)

Jurado
Romero Ríos, David
Madrid Saldaña, Cesar Karlo
Yupari Silva, Emilio Gustavo

Lima – Perú
2025

Dedicatoria

A mis padres, Humberto y Miriam., por su amor incondicional, apoyo constante, empuje y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Los amo.

Agradecimientos

A mi hermana, Brenda, por ser mi compañera de vida, mi cómplice y confidente. Gracias por estar siempre a mi lado.

A mi abuela, Ambrosia, por sus sabias palabras cuidados y oración por mí. Eres una luz en mi vida.

A mi novia, Tamara, por su paciencia, comprensión y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Tu amor y apoyo me han dado la fortaleza para seguir adelante.

A Raúl, por su guía, conocimiento y por motivarme a alcanzar mis metas académicas.

Al ingeniero Alfredo Acruta, por su valioso acompañamiento como asesor de tesis, por su orientación, disposición y por compartir su experiencia, que fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN 11
ABSTRACT 12
I. INTRODUCCIÓN 13
1.1. Descripción y formulación del problema 13
1.1.1. Planteamiento del problema 13
1.1.2. Formulación del problema 24
1.1.2.1. Problema general 24
1.1.2.2. Problemas específicos 24
1.2. Antecedentes 25
1.3. Objetivos 33
1.3.1. Objetivo General 33
1.3.2. Objetivos Específicos 33
1.4. Justificación 34
1.5. Hipótesis 35
II. MARCO TEÓRICO 36
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación 36
2.1.1 Impermeabilización en el concreto 36
2.1.2 Antecedentes de rehabilitación y filtraciones en Proyectos de Saneamiento 39
2.1.2.1 Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima 39
2.1.2.2 Filtraciones detectadas en el proyecto "Mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado del C.P. Huanaco, distrito de Santiago – Ica". 42
2.1.3 Introducción al Proyecto "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima", LOTE 1 44
2.2 Marco conceptual 47
2.2.1 Durabilidad del concreto. 47
2.2.2 Permeabilidad del concreto. 48

2.2.3 Reservorios de concreto armado. 49
2.2.3.1 Tipos de Reservorios. 50
2.2.4 Fisuras y grietas. 51
2.2.5 Filtraciones. 52
2.2.6 Impermeabilización para el concreto. 53
2.2.7 Sistemas de Impermeabilización. 54
2.2.8 Tecnología de Impermeabilizante. 55
2.2.9 Rehabilitación de estructuras deterioradas. 57
2.2.10 Prueba hidráulica. 58
III. MÉTODO 59
3.1 Tipo de investigación 59
3.1.1 Enfoque de investigación 59
3.2 Ámbito temporal y espacial 59
3.2.1 Ámbito temporal 59
3.2.2 Ámbito espacial 60
3.3 Variables 60
3.3.1 Variables independientes 60
3.3.2 Variables dependientes 60
3.3.3 Definición de las Variables 60
3.3.4 Operacionalización de las Variables 61
3.4 Población y muestra 62
3.4.1 Población 62
3.4.2 Muestra 62
3.5 Instrumentos 63
3.6 Procedimientos. 64
3.6.1 Primera prueba hidráulica. 64
3.6.2 Aplicación del impermeabilizante CRYSTAL CONCENTRADO 67
3.6.3 Identificación de filtraciones por el Contratista 69

3.6.4 Aplicación del impermeabilizante CRISTAL FLEX 70
3.6.5 Segunda prueba hidráulica para verificación de los puntos de filtraciones. 70
3.6.6 Trabajos de reparación a los puntos de filtraciones encontrados. 80
3.6.7 Tercera prueba hidráulica posterior a la reparación de la estructura 87
3.6.8 Aplicación del impermeabilizante PER IMPERMELASTIC 2C 88
3.6.9 Curado del impermeabilizante y prueba de desinfección. 94
3.6.10 Estimación de Costos de reparación e Impermeabilización. 95
3.7 Análisis de datos 99
IV. RESULTADOS 100
4.1 Resultados de la Investigación 100
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 102
5.1 Discusión de los resultados obtenidos en la investigación 102
VI. CONCLUSIONES 104
VII. RECOMENDACIONES 107
VIII. REFERENCIAS 109
ANEXOS 115

Índice de tablas

Tabla 1 *Cuadro resumen de los reservorios* 14
Tabla 2 *Paquetes del LOTE 1* 44
Tabla 3 *Definición conceptual y operacional de las Variables.* 60
Tabla 4 *Operacionalización de las Variables.* 61
Tabla 5 *Población de los reservorios con problemas de filtración.* 62
Tabla 6 *Muestra de los reservorios con problemas de filtración.* 63
Tabla 7 *Cuadro comparativo de los impermeabilizantes.* 89
Tabla 8 *Presupuesto inicial reservorio R-1 Villa del Norte (R02)* 96
Tabla 9 *Presupuesto inicial reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)* 96
Tabla 10 *Presupuesto adicional del reservorio R-1 Villa del Norte (R02)* 96
Tabla 11 *Presupuesto adicional del reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)* 97
Tabla 12 *Presupuesto final reservorio R-1 Villa del Norte (R02)* 97
Tabla 13 *Presupuesto final reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)* 98
Tabla 14 *Presupuesto final reservorio R-1 Villa del Norte (R02)* 98
Tabla 15 *Presupuesto final reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)* 98

Índice de figuras

Figura 1 *Principales partes de un reservorio elevado* 16
Figura 2 *Vista de las filtraciones en los reservorios elevados* 17
Figura 3 *Línea de tiempo del planteamiento del problema.* 20
Figura 4 *Rehabilitación del reservorio elevado de concreto armado* 21
Figura 5 *Prueba hidráulica sin el uso de impermeabilizante* 21
Figura 6 *Impermeabilización interna de la cuba* 22
Figura 7 *Llenado de cuba por prueba de impulsión* 22
Figura 8 *Colocación de impermeabilizante adicional* 23
Figura 9 *Nueva prueba hidráulica de estanqueidad* 23
Figura 10 *Impermeabilización con un nuevo impermeabilizante* 24
Figura 11 *Calificación propuesta de impermeabilizantes.* 36
Figura 12 *Reservorio TORRES DE LIMATAMBO I – R256* 39
Figura 13 *Reservorio TORRES DE LIMATAMBO I – R257* 40
Figura 14 *Método de reparación N°01: Encamicetado de muros en la cuba* 41
Figura 15 *Puntos de filtración de agua en reservorio elevado (cuba)* 43
Figura 16 *Reforzamiento de Cuba* 46
Figura 17 *Tipos de reservorios* 50
Figura 18 *Fisura y grita en el concreto* 51
Figura 19 *Vista microscópica de impermeabilizante por cristalización* 56
Figura 20 *Llenado de cuba del R-1 Villa del Norte (R02)* 64
Figura 21 *Primera medida en el R-1 Villa del Norte (R02)* 65
Figura 22 *Segunda medida en el R-1 Villa del Norte (R02)* 66
Figura 23 *Impermeabilizante Crystal Concentrado* 67
Figura 24 *Llenado de cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)* 69
Figura 25 *Puntos de filtraciones en el R-2 Programa Confraternidad (R06)* 70
Figura 26 *Puntos de filtraciones en el R-1 Villa del Norte (R02)* 71
Figura 27 *Primera medida en el R-2 Programa Confraternidad (R06)* 72
Figura 28 *Segunda medida en el R-2 Programa Confraternidad (R06)* 73
Figura 29 *Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-1 Villa del Norte (R02)* 74
Figura 30 *Filtraciones detectadas en los pases de tubería del R-1 Villa del Norte (R02)* 74
Figura 31 *Filtraciones detectadas en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02)* 75
Figura 32 *Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-2 Programa Confraternidad (R06)* 75
Figura 33 *Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-2 Programa Confraternidad (R06)* 76

Figura 34 *Filtraciones detectadas en el pase de tuberías del R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..76
Figura 35 *Filtraciones detectadas en la linterna de ingreso del R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..77
Figura 36 *Desprendimiento del impermeabilizante en el domo inferior del R-1 Villa del Norte (R02)* ..78
Figura 37 *Desprendimiento del impermeabilizante en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02)* ..78
Figura 38 *Burbujas de agua en las paredes de cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..79
Figura 39 *Removedor químico* ..80
Figura 40 *Retiro del impermeabilizante en el R-1 Villa del Norte (R02) con herramienta manual* ..81
Figura 41 *Retiro del impermeabilizante en el R-2 Programa Confraternidad (R06) con amoladora*. 81
Figura 42 *Impermeabilizante desprendido del R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..82
Figura 43 *Picado en el recubrimiento del concreto de la pared de la cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..83
Figura 44 *Picado en el recubrimiento del concreto de la pared de la cuba del R-1 Villa del Norte (R02)* ..84
Figura 45 *Picado en el recubrimiento del concreto en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02*) ..84
Figura 46 *Vista del aditivo PER GROUT MORTAR*..85
Figura 47 *Aplicación del aditivo PER GROUT MORTAR en el R-2 Programa Confraternidad (R06)* ..85
Figura 48 *Encofrado del recubrimiento repuesto* ..86
Figura 49 *Protocolo de prueba hidráulica en el R-1 Villa del Norte (R02)* ..87
Figura 50 *Protocolo de prueba hidráulica en el R-2 Programa Confraternidad (R06)*..88
Figura 51 *Impermeabilizante PER IMPERMELASTIC 2C*..89
Figura 52 *Humedecimiento de la superficie de la cuba*..90
Figura 53 *Preparación de la mezcla del impermeabilizante* ..91
Figura 54 *Aplicación del impermeabilizante* ..92
Figura 55 *Sistema de abastecimiento de un reservorio típico* ..94
Figura 56 *Llenado de reservorio R-1 Villa del Norte (R02)* ..95

Índice de Anexos

Anexo A. Matriz de Consistencia 115
Anexo B. Operacionalización de Variables 116
Anexo C. Ficha Técnica CRYSTAL CONCENTRADO 117
Anexo D. Ficha Técnica CRYSTAL FLEX 120
Anexo E. Ficha Técnica PER GROUT MORTAR 122
Anexo F. Prueba hidráulica del R-1 Villa del Norte (R02) 124
Anexo G. Prueba hidráulica del R-2 Programa Confraternidad (R06) 126
Anexo H. Ficha Técnica PER IMPERMELASTIC 2C 128
Anexo I. Ficha Técnica CHEMA REMOVE (NC) 130

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo principal describir el óptimo procedimiento en la aplicación del impermeabilizante para evitar la presencia de filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado. Esta investigación posee un enfoque cuantitativo y es del tipo descriptico, explicativo, no experimental y correlacional, con el fin de explicar y describir el problema de las filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado. Los resultados obtenidos se basan en pruebas hidráulicas realizadas; el resultado destacado reveló filtraciones presentes en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado, atribuidas al incumplimiento de las especificaciones técnicas del fabricante y al uso de un impermeabilizante no aprobado. Posteriormente, se realizaron reparaciones y se aplicó un nuevo impermeabilizante aprobado, cumpliendo con las especificaciones técnicas. Como resultado, se logró la hermeticidad de los reservorios elevados de concreto armado; sin embargo, se obtuvo un incremento en el costo por los trabajos de reparación e impermeabilización. En conclusión, las pruebas hidráulicas fueron fundamentales para identificar las filtraciones y posteriormente para corroborar el trabajo de impermeabilización. Se realizó un procedimiento óptimo en la aplicación del impermeabilizante, siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante y utilizando un impermeabilizante aprobado.

Palabras clave: impermeabilizante, pruebas hidráulicas, filtraciones

ABSTRACT

The main objective of this research is to describe the optimal procedure for applying waterproofing to prevent leaks in the rehabilitation of elevated reinforced concrete reservoirs. This research has a quantitative approach and is descriptive, explanatory, non-experimental, and correlational in nature, with the aim of explaining and describing the problem of leaks in the rehabilitation of elevated reinforced concrete reservoirs. The results obtained are based on hydraulic tests carried out; the most notable result revealed leaks in the rehabilitation of elevated reinforced concrete reservoirs, attributed to non-compliance with the manufacturer's technical specifications and the use of an unapproved waterproofing agent. Subsequently, repairs were made and a new approved waterproofing agent was applied, complying with the technical specifications. As a result, the elevated reinforced concrete reservoirs were made watertight; however, there was an increase in the cost of the repair and waterproofing work. In conclusion, the hydraulic tests were essential for identifying the leaks and subsequently for corroborating the waterproofing work. An optimal procedure was followed in applying the waterproofing agent, in accordance with the manufacturer's technical specifications and using an approved waterproofing agent.

Keywords: waterproofing, hydraulic watertightness tests, leaks

I. INTRODUCCIÓN

Las dificultades que se presentan en el desarrollo de las actividades de ejecución de una obra tienen como consecuencia afectaciones en el programa de desempeño, lo que deriva en el incremento del costo y la dilación en el plazo de entrega.

La siguiente investigación aborda el problema de las filtraciones detectadas a partir de la ejecución de pruebas hidráulicas realizadas en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado los mismos que, fueron intervenidos en contexto del Proyecto denominado: "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima", LOTE 1. Se precisa que la ejecución de las obras inició en agosto del año 2017.

En ese sentido, la investigación pretende abordar las medidas que se implementaron con el propósito de solucionar las filtraciones presentadas, y, con ello, proponer herramientas de gestión para futuros proyectos. Por lo tanto, es pertinente dar a conocer la situación presentada y exponer el método empleado para la corrección de la problemática identificada: presencia de filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado y su método de reparación. Cabe resaltar que, dichas estructuras estuvieron sin uso por un plazo que oscila entre los 8 a 12 meses, a razón de la Emergencia Sanitaria del Covid-19.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Una de las causas más comunes del deterioro de un sistema de concreto armado en estructuras hidráulicas son las filtraciones de agua y humedecimiento, las mismas que suelen presentarse por deficiencias en las especificaciones técnicas o por problemas en el

procedimiento constructivo. (Gómez y Palacios, 2011); y no deben presentarse durante las pruebas hidráulicas. Con la finalidad de evitar la ocurrencia de filtraciones, como parte del proceso constructivo, se exige el uso del impermeabilizante, cuya principal función es impedir el paso del agua, cerrando los poros de la superficie y así proteger las estructuras. (Giaretton at al., 2016)

En el Expediente Técnico de la obra de rehabilitación denominada: "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima" se estableció que, una vez que se culminaron los trabajos de construcción y de rehabilitación de estructuras, la empresa Contratista ejecutaría la impermeabilización de toda la sección contenedora de agua con productos que garanticen la estanqueidad y la calidad del agua, estableciendo el proyecto emplear un impermeabilizante tipo Xypex o similar.

Sin embargo, pese a que este requerimiento se encuentra adscrito a las especificaciones técnicas del proyecto, durante el desarrollo de las pruebas hidráulicas, se presentaron filtraciones en el contenedor de agua (cuba en adelante) de los reservorios elevados de concreto armado del proyecto, lo que apuntó a suponer el mal empleo del impermeabilizante aun sabiendo que las estructuras estuvieron sin uso durante 8 a 12 meses por la situación de Covid-19. En líneas posteriores se detallarán las posibles causas que generaron la ocurrencia de estas filtraciones.

A continuación, se hace presente el listado de los reservorios elevados rehabilitados en el marco de las obras antes descritas:

Tabla 1

Cuadro resumen de los reservorios elevados

Código	Nombre reservorio/Sector	Año de Construcción	Año de Rehabilitación	Altura (m)	Volumen (m^3)
R01	R-1 Villasol/ 83 A-1	1972*	2020	23.35	1300
R02	R-1 Villa del Norte/ 83 A-2	1985	2020	33.64	1600
R03	R-1 Parque del Naranjal/ 83 B-2	1971*	2020	30.53	1600
R04	R-1 Cueto Fernandini/ 83 B-2	1980	2020	25.11	1400
R06	R-2 Programa Confraternidad/ 84 A-2	1985	2020	25.27	1600
R07	R-1 Programa Confraternidad/ 84 B-1	1985	2021	30.90	1550
R08	R-1 Comité Aposte/ 84 B-2	1996*	2021	27.46	500
R09	R-1 Patria Nueva/ 84 B-2	1996*	2020	10.75	70
R11	R-1 Rio Santa/ 85 B-1	1985	2020	20.59	650
R13	R-1 Santa Luisa/ 85 B-3	1990	2021	17.55	500
R14	R-4 Virgen de las Nieves / 212 A-1	1980	2020	33.13	1500
R15	R-1 Virgen del Rosario / 212 A-2	1980	2021	20.74	1500
R16	R-3 Rosario del Norte / 212 B-1	1980	2020	23.94	1150
R17	R-2 Jazmines del Naranjal / 212 B-2	1980	2021	22.39	1150
R19	R-2 Cerro El choclo/ 213-2	1985	2020	21.80	100
R20	R-1 Cerro El choclo / 213-3	1985	2021	16.30	100

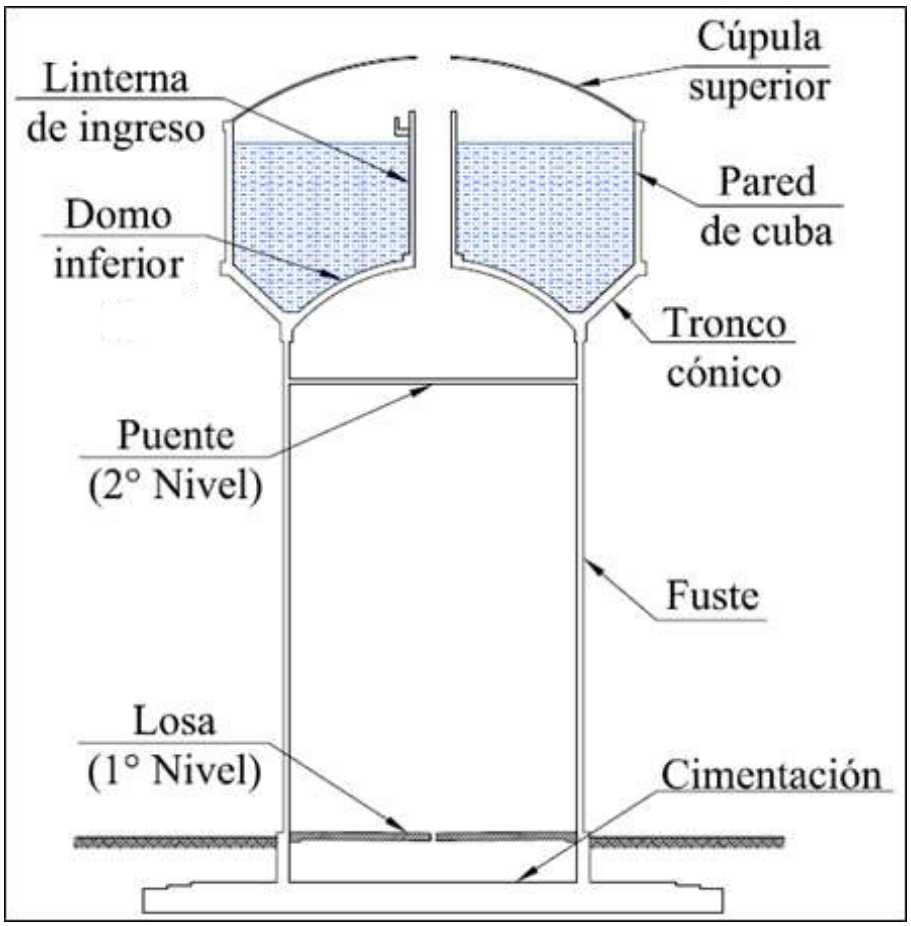
Nota. *Fecha estimada. Fuente: Adaptado de la Memoria descriptiva del proyecto denominado: "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación

de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima", LOTE 1.

Como se detalló anteriormente, estas estructuras estuvieron vacías durante aproximadamente 8 a 12 meses. Teniendo en cuenta esta premisa, se observó que las filtraciones detectadas durante las pruebas hidráulicas se presentaron en diversas partes de la cuba, tales como el tronco cónico, el domo inferior, las paredes y la linterna de ingreso. A continuación, se presenta un esquema referente a las partes de una cuba para ilustrar los puntos más relevantes que componen un reservorio elevado:

Figura 1

Principales partes de un reservorio elevado



Nota: Elaboración propia.

Figura 2

Vista de las filtraciones en los reservorios elevados

Nota. Vista del Reservorio 02 (R-1 Villa del Norte), Reservorio 06 (R-2 Programa Confraternidad). Elaboración propia.

Se ha identificado que, la causa principal de las filtraciones presentadas en los reservorios elevados de concreto armado, se debió al inadecuado método de empleo del impermeabilizante (que fue aprobado como parte de la solicitud del Contratista) y también al uso de un nuevo impermeabilizante (que fue aplicado a criterio propio, por parte del Contratista, sin aprobación previa de la Supervisión). A razón de lo acontecido, se realizaron las acciones correspondientes que permitieron contar con estructuras contenedoras estancas, y con ello asegurar la integridad del reservorio elevado. Bajo esa premisa, se realizaron visitas de campo, investigación del proceso de colocación del impermeabilizante, retiro del material empleado, procedimiento de reparación de las filtraciones, pruebas de campo, seguimiento.

En el caso del proyecto presentado, se describe una línea de tiempo del problema a resolver:

- **Setiembre 2015:** Se describió en las especificaciones técnicas del proyecto el uso del impermeabilizante **"Tipo XYPEX o similar"** para la impermeabilización al interior de la cuba de los reservorios de concreto armado.
- **Agosto 2017:** Inicio de Ejecución de las Obras.
- **Diciembre 2018:** El Contratista presentó ante El Comité de Inspección de Obra de Sedapal, el procedimiento de impermeabilización y solicitó la aprobación de materiales para la misma.
- **Enero 2019:** El Comité de Inspección de Obra de Sedapal aprobó la solicitud del Contratista respecto al uso del producto **"CRYSTAL CONCENTRADO",** que emplea la misma tecnología de aplicación que el impermeabilizante "XYPEX"**,** señalando, además, que dicha aprobación estará sujeta a la responsabilidad del Contratista. Dado que para dicha fecha se habían terminado la rehabilitación del interior de la cuba de todos los reservorios
- **Marzo 2019:** Sedapal nombra a la Supervisión de obra en lugar de su Comité de Inspección.
- **Año 2020:** Se culmina la rehabilitación a los reservorios elevados de concreto armado mediante el reforzamiento de la cimentación y exterior del fuste (Figura 4).
- **Año 2020 y principio del Año 2021:** Una vez culminada la rehabilitación de los reservorios, se realizaron pruebas hidráulicas sin el uso del impermeabilizante, las cuales pasaron satisfactoriamente sin evidenciar puntos de filtraciones. (Figura 5). Culminadas estas pruebas, se procedió a aplicar el impermeabilizante al interior de la cuba, donde se usó el producto denominado **"Crystal Concentrado"** (Figura 6). Luego de la impermeabilización interior a los reservorios, no se realizaron trabajos de llenado al interior de la cuba por un periodo de tiempo de entre 8 meses y 1 año, esto a razón de la Emergencia Sanitaria por COVID 19.

- **Año 2021**: El Contratista realizó las pruebas de impulsión de los pozos a los reservorios (que según la concepción del Proyecto reciben el agua de los pozos y de la red existente a fin de no exceder los limites permisibles establecidos por el MINSA), luego del periodo previamente mencionado de entre 8 meses y 1 año de inactividad al interior de la cuba y al entrar en funcionamiento las líneas de impulsión proveniente de los pozos, se evidenciaron filtraciones (Figura 7). A consecuencia de esto, el Contratista, a juicio propio, decidió colocar un producto como *"mejora"* un nuevo impermeabilizante denominado **"CYSTAL FLEX"** (el cual se resalta no fue autorizado ni aprobado, por la Supervisión y por Sedapal) (Figura 8).

- **Enero 2022**: La Supervisión dio a conocer al Contratista, luego de una inspección realizada en las instalaciones de los reservorios, la evidencia de puntos de filtraciones en las paredes de los mismos. Por ello, el Supervisor instruyó el realizar nuevas pruebas hidráulicas, donde volvieron a surgir filtraciones en la cuba (Figura 9).

- **Febrero 2022**: A razón de las filtraciones encontradas, la Supervisión instruyó el retiro por completo del impermeabilizante (que el Contratista había colocado sin autorización) y la aprobación de un nuevo impermeabilizante, el mismo que fue presentado por el contratista y encontrado conforme por el supervisor, denominado **"PER IMPERMELASTIC 2C"** (Figura 10).

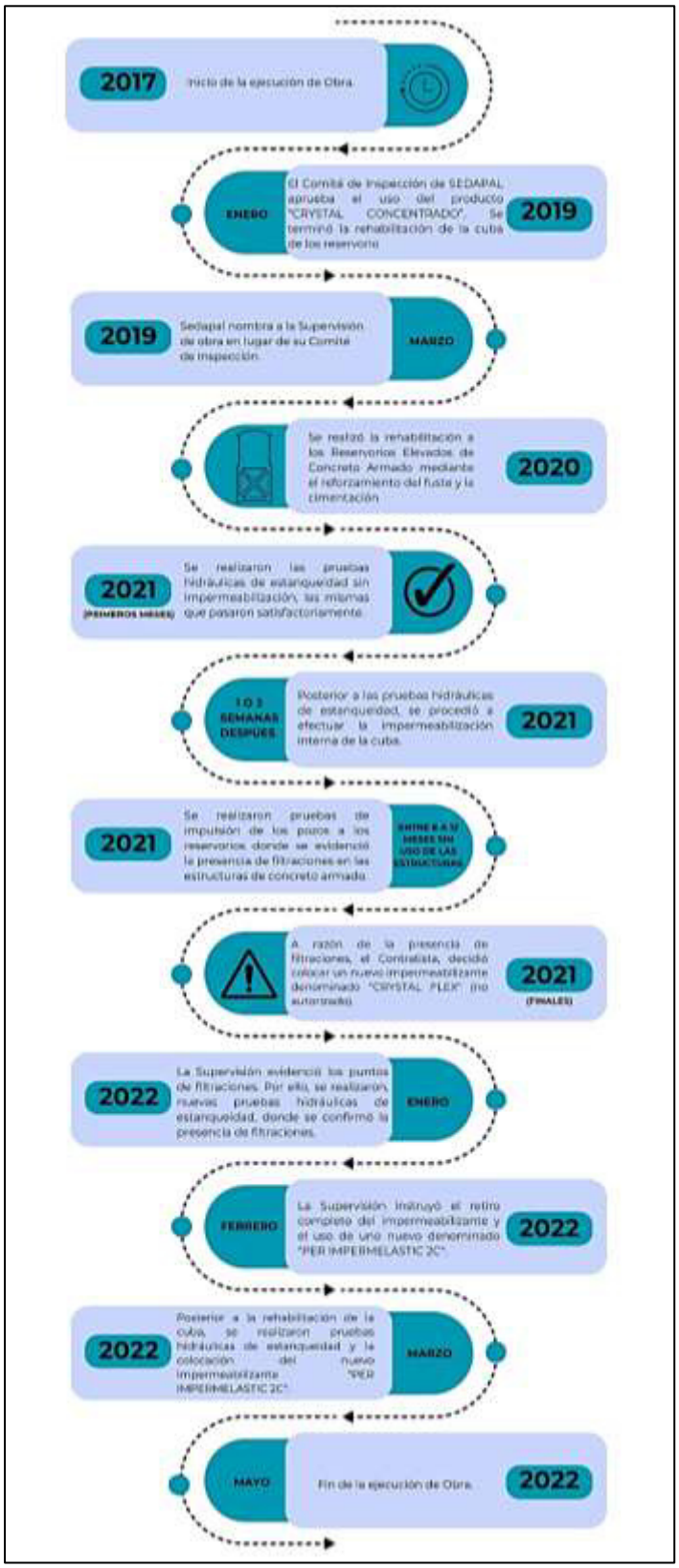
- **Marzo 2022**: Posterior a la reparación de los puntos de filtraciones se realizaron pruebas hidráulicas donde las estructuras de concreto armado ya no presentaron filtraciones. En consecuencia, se colocó el nuevo impermeabilizante propuesto.

- **Mayo 2022**: Fin de Ejecución de las Obras.

Acto seguido , se presenta un gráfico de línea de tiempo:

Figura 3

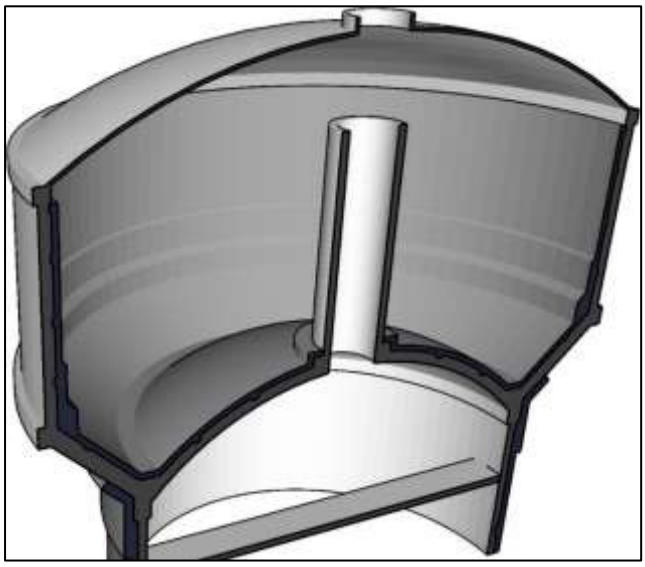
Línea de tiempo del planteamiento del problema.



Nota. Elaboración propia.

Figura 4

Rehabilitación del reservorio elevado de concreto armado



Nota. Rehabilitación al interior de la cuba del reservorio elevado de concreto armado Elaboración propia.

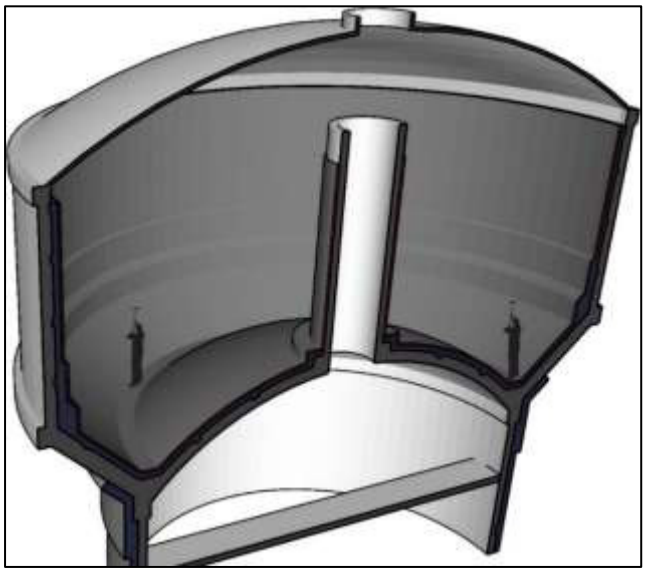
Figura 5

Prueba hidráulica sin el uso de impermeabilizante

Nota. Se realizaron pruebas hidráulicas sin el uso de impermeabilizante. las cuales pasaron satisfactoriamente. Elaboración propia.

Figura 6

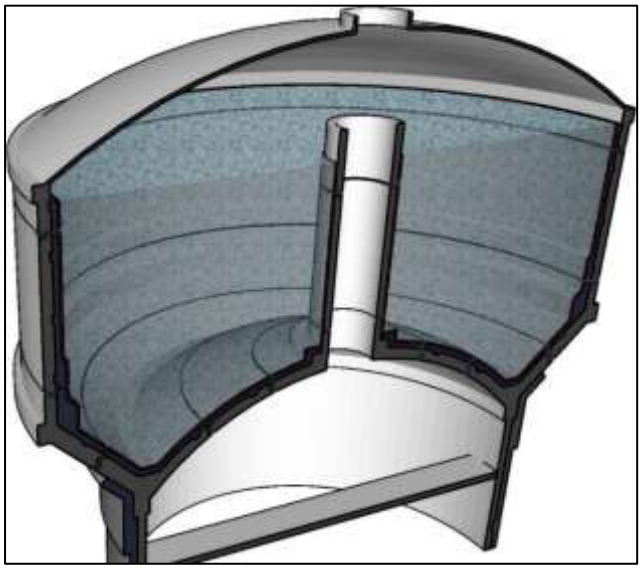
Impermeabilización interna de la cuba



Nota. Posterior a las pruebas hidráulicas, se procedió a la impermeabilización interna de la cuba. Elaboración propia.

Figura 7

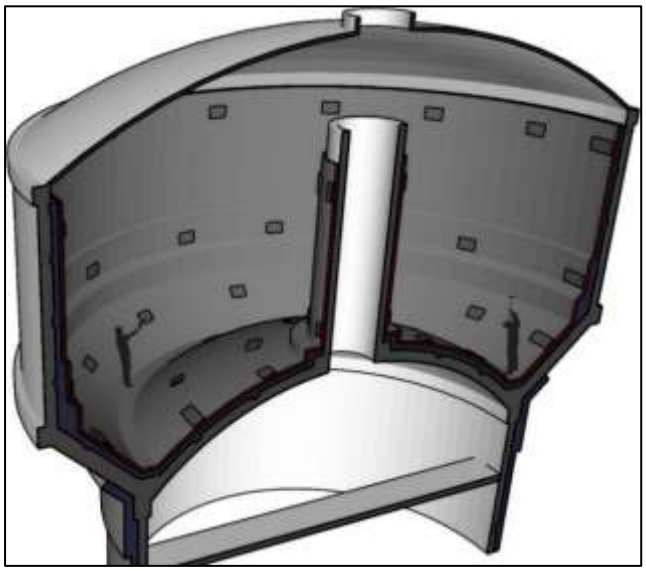
Llenado de cuba por prueba de impulsión



Nota. Luego de un periodo de 8 a 12 meses, realizaron pruebas de impulsión de los pozos a los reservorios elevados, evidenciando filtraciones. Elaboración propia.

Figura 8

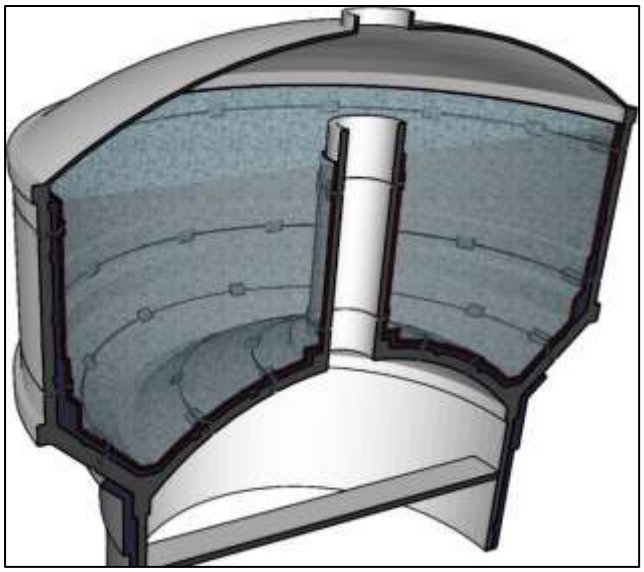
Colocación de impermeabilizante adicional



Nota. A consecuencia de las filtraciones, el Contratista, decidió colocar un nuevo impermeabilizante denominado “CRYSTAL FLEX”. Elaboración propia.

Figura 9

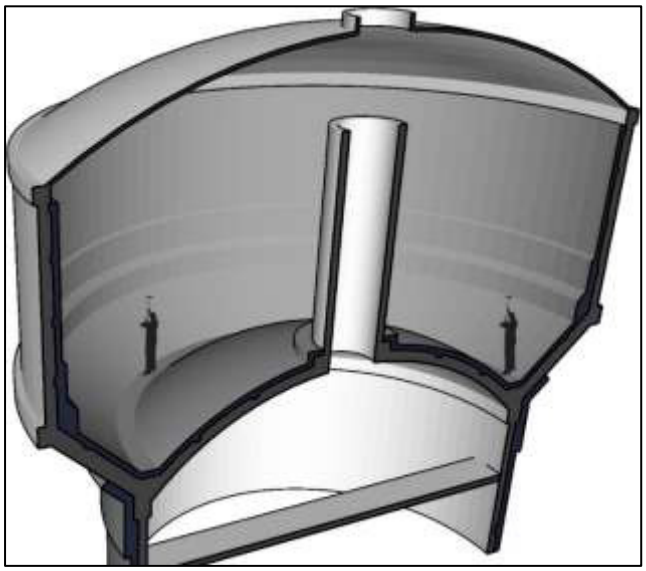
Nueva prueba hidráulica de estanqueidad



Nota. Se realizaron nuevas pruebas hidráulicas, donde la Supervisión evidenció nuevos puntos de filtraciones. Elaboración propia.

Figura 10

Impermeabilización con un nuevo impermeabilizante



Nota. La Supervisión instruyó el retiro por completo del impermeabilizante y el uso de un nuevo impermeabilizante denominado “PER IMPERMELASTIC 2C”. Elaboración propia

En ese sentido, motivados por responder la problemática en cuestión, se desarrolla la presente investigación y se plantean las siguientes interrogantes:

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

Presencia de filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado.

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo identificar la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado?

- Conocer la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios elevados de concreto armado.
- El incremento del costo por los procesos de reparación e impermeabilización en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado.

1.2. Antecedentes

Simba Cumbajín (2007) elaboró la tesis titulada "La Impermeabilización en Construcciones Nuevas y Existentes" para obtener el título de Tecnólogo en Administración de Proyectos de Construcción por la Escuela Politécnica Nacional – Quito – Ecuador. Esta investigación tiene como principal objetivo prevenir y solucionar problemas de humedad y filtraciones en construcciones nuevas y existentes gracias a la impermeabilización.

Señala las siguientes conclusiones:

Primera. Tras la revisión de fuentes estadísticas, se encontró una razón relevante para desarrollar este proyecto, que fue el porcentaje significativo (40%), el cual se incrementa año tras año, y genera la necesidad de impermeabilizar las construcciones en el momento de construir o cuando ya estén completas y presentan problemas de humedad, filtración u otros.

Segunda. Como resultado de la elaboración de este proyecto, se ha comprobado las siguientes ventajas de la impermeabilización:

- Disminuye la humedad, presencia de hongos, filtraciones.
- Es durable, confiable y necesita poco o ningún mantenimiento.
- Además de proteger a la construcción de algunos agentes tanto externos como internos, algunos productos ofrecen la característica de aislamiento.
- Mejora la presencia del ambiente.

Tercera. Se reconoció la importancia de la utilización de un producto de la marca Sika, entre estos, el PLASTOCRETE DM, SIKAMENT FF como parte de las medidas correctivas

para realizar la fundición de una losa nueva. Estos productos sirven como plastificante y acelerante para el hormigón, que, por sus ventajas, propiedades, beneficios y otros, lograron mejorar las características de toda la compasión de un hormigón mediante una correcta y adecuada dosificación

Cuarta. El realizar un mortero de alta resistencia con productos químicos, en este caso un producto Sika, forma parte de la impermeabilización para su mejor uso en una construcción, con un gran porcentaje de demanda en el mercado de la construcción. Este producto ha sido protagonista principal de algunas soluciones de problemas frente a humedad en paredes de viviendas.

Quinta. Una vez que sea definido el sistema de impermeabilización a usar en la ejecución de una determinada construcción, se debe tener en cuenta el beneficio que originará en la presente obra como la justificación de su elección.

Sexta. Se concluye que, dado que los productos son dosificados en las fábricas el resultado será el más favorable, para el beneficiario.

Séptima. Lo más importante para determinar el uso de una solución de impermeabilización es hacer la elección correcta del sistema; para ello se ha realizado la revisión de los siguientes productos: el producto IMPAC, que funciona como recubrimiento elastomérico, es ecológico, su alta elongación le otorga la capacidad de ser resistente al agrietamiento y las expansiones, y también tiene alta capacidad reflejante de rayos solares. Estas características le permiten ser aplicado en edificaciones, viviendas, naves, fábricas, centros comerciales, hoteles entre otros. Por otro lado, encontramos que el producto utilizado como lámina asfáltica no oxidada o modificado con polímeros, copolímeros y elastómeros, son flexibles, con la elasticidad y plasticidad adecuada, y además son inalterables frente a la humedad y distintas variaciones climáticas. Este producto puede ser aplicado en cubiertas de viviendas, sellar juntas y otros. Además, el producto SIKAPLAN es óptimo para prevenir y

solucionar problemas de humedad y filtraciones en construcciones de piscinas y tanques. Para que la aplicación de estos sistemas sea optima, se es necesario que la superficie por trabajar este totalmente limpia, y se cuente con un clima adecuado.

Octava. Si se siguen todas las anotaciones anteriormente descritas se obtendrá como resultado ahorro en la economía y mayor garantía de la aplicación del sistema de impermeabilización adquirido.

Novena. En síntesis, se debe lograr que el país tenga la capacidad laboral necesaria para que su población tenga espacios de trabajo y crecimiento económico, regulando y controlando el mercado de la industria de la construcción, logrando incentivar en el desarrollo de las industrias nacionales que sustituirán los materiales o productos químicos importados. Para ello, se debe continuar investigando y buscando nuevos materiales que sumen valor a la construcción en Ecuador, el país del autor.

Decima. Se debe considerar también que no existe una solución específica para cada problema de humedad, sino que son muchas las distintas variables las que inciden en el análisis que realiza el constructor para llegar al procedimiento correcto.

Chávez Hinojosa y Lázaro Escalante (2022) formularon la tesis titulada “Aplicación de Sikalastic - 1k para la impermeabilización del tanque de tratamiento de aguas residuales ubicado en el caserío Laurel, distrito Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas”, para obtener el título profesional de Ingeniería Civil por la Universidad de San Martin de Porres – Lima – Perú. Esta investigación tuvo como objetivo primario el determinar la influencia de la aplicación de Sikalastic - 1K en la impermeabilización del tanque de tratamiento de aguas residuales ubicado en el caserío Laurel, distrito Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.

Estos autores postulan las siguientes conclusiones:

Primera. El aplicar 3 capas superficiales del aditivo Sikalastic – 1K sobre las paredes internas del tanque de tratamiento de aguas residuales soluciona el problema de las filtraciones en la estructura. De esta manera, se garantiza la apropiada funcionalidad de la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío Laurel y a su vez, extendiendo la vida útil de la estructura del tanque Imhoff.

Segunda. El aplicar 3 capas de Sikalastic – 1K redujo la absorción del concreto en un 88.50%. Teniendo en cuenta que el concreto patrón alcanzó un 2.00%, el método de aplicación con rodillo en 3 capas fue el óptimo al obtener un 0.23% de absorción; es decir, que el aditivo aplicado en el revestimiento ayudó en la reducción del porcentaje de absorción del concreto.

Tercera. La resistencia del concreto (f'c= 210 kg/cm²) junto al revestimiento superficial de Sikalastic – 1K, realizado con rodillo en 3 capas, fue eficiente contra el ataque de los álcalis, cloruros y sulfatos, ya que logró soportar hasta 300 PPM sin presentar cambios físicos. Además, se realizaron ensayos químicos siguiendo la metodología ASTM D512 para los cloruros, ASTM D516 para los sulfatos y ASTM C289 para los álcalis. Se llegó a la conclusión que el Sikalastic - 1K presenta gran resistencia a los álcalis hasta las 400 ppm, a los cloruros hasta 300 ppm y a los sulfatos hasta 500 ppm. Esto demuestra que el aditivo Sikalastic - 1K resiste al 100% el ataque de estos químicos teniendo en cuenta que en el análisis del agua residual no sobrepasan las 200 ppm.

Cuarta. La aplicación del producto Sikalastic - 1K con rodillo en 3 capas ayuda en el puenteo de micro fisuras que influye satisfactoriamente en la absorción del concreto, ya que logró un porcentaje del 0.33%, el cual reduce hasta un 83.5% el porcentaje de absorción de los testigos fisurados (teniendo como referencia el concreto patrón que obtuvo un 2.00%). Además, esto ayudo en el sellado de las filtraciones presentadas en el tanque Imhoff.

Barreda Arias y Cahuata Mercado (2018) elaboraron la tesis titulada “Evaluación de la permeabilidad del concreto utilizando aditivos impermeabilizantes por cristalización aplicado a estructuras hidráulicas de concreto armado” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Arequipa – Perú. Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la reducción de la permeabilidad característica del concreto con la utilización de un aditivo impermeabilizante por efecto de cristalización en estructuras hidráulicas.

Los autores señalan las siguientes conclusiones:

Primera. En cuanto a las propiedades físicas del concreto, como la capacidad de absorción capilar y de porosidad, se observa que el mejor desempeño del concreto con aditivo impermeabilizante por cristalización (CIC) se da con una relación agua/cemento de 0,35. No obstante, desde el punto de vista del proceso constructivo, esta mezcla resulta poco manejable y costosa, ya que requiere la incorporación de un aditivo plastificante para mejorar su trabajabilidad. Por otro lado, en el ensayo de penetración de agua a presión, el CIC muestra un rendimiento óptimo con una relación agua/cemento de 0,45, logrando reducir la penetración en un 38%, en contraste con el concreto con impermeabilizante sella poros (CISP), que solo alcanza una reducción del 19%. En resumen, dentro del rango de relaciones agua/cemento entre 0,35 y 0,50, se obtienen mejores resultados de impermeabilidad en el concreto al emplear aditivos por cristalización, siendo la proporción de 0,45 la más efectiva.

Segunda. En el ensayo de absorción capilar, se evidencia que el aditivo impermeabilizante por cristalización (CIC) disminuye la velocidad de absorción desde el primer día de exposición al agua, en comparación con un concreto sin impermeabilizante (CSI). Esta reducción se debe a la formación de cristales dentro de los poros del material. La mayor disminución en la tasa de absorción se presenta con una relación agua/cemento de 0,35,

registrándose una reducción del 13% en la absorción inicial y del 42% en la absorción secundaria.

Tercera. La reducción de la infiltración está estrechamente relacionada con la relación agua/cemento, especialmente cuando se incorpora un aditivo impermeabilizante por cristalización (CIC) al concreto. En este sentido, se concluye que la relación agua/cemento de 0,35 es la que presenta menor infiltración, logrando una disminución del 20% en comparación con un concreto sin impermeabilizante (CSI).

Cuarta. Se concluye que el aditivo por cristalización logra una mayor disminución de la porosidad cuando se utiliza una relación agua/cemento de 0,35, alcanzando una reducción del 13% en comparación con un concreto que no contiene impermeabilizante (CSI).

Quinta. La disminución en la penetración de agua está directamente relacionada con la cantidad de poros en el concreto y con una menor relación agua/cemento. No obstante, al incorporar un aditivo impermeabilizante por cristalización, este reacciona con el agua presente en los poros, generando cristales que obstruyen el paso del agua. Se observa que el mejor desempeño de este aditivo ocurre con una relación agua/cemento de 0,45, logrando reducir la penetración de agua hasta en un 38% en comparación con un concreto sin impermeabilizante (CSI).

Sexta. En cuanto a la resistencia a la compresión a los 28 días, una propiedad mecánica del concreto, se observa que el uso de un aditivo impermeabilizante por cristalización (CIC) genera una mejora promedio del 4,6% en comparación con un concreto sin impermeabilizante (CSI). El mayor incremento se presenta en la relación agua/cemento de 0,35, con un aumento del 5,4%. Sin embargo, esta mejora no resulta especialmente significativa, por lo que se puede concluir que la incorporación de este tipo de aditivo en la mezcla no afecta de manera relevante la resistencia a la compresión del concreto.

Séptima. El aditivo impermeabilizante por cristalización incorporado en la mezcla de concreto puede generar cristales en las fisuras a partir del tercer día, y en algunos casos estos cristales llegan a cubrir todo el ancho de la fisura. Sin embargo, no fue posible confirmar que las fisuras se sellen completamente, aunque la inspección visual mostró una disminución significativa del flujo de agua a través de ellas. En resumen, la estructura de contención de agua puede ser puesta en servicio no antes de tres días después del vaciado.

Octava. El uso de un concreto con aditivo impermeabilizante por cristalización representa un ahorro del 35% en comparación con un concreto que utiliza un impermeabilizante sellador de poros junto con una membrana repelente al agua, y un 29% más económico en relación con un concreto sin impermeabilizante combinado con una membrana repelente.

Acuña Baldeón y Ambicho Simón (2025) elaboraron la tesis titulada “Mejora de la impermeabilización superficial en reservorios de agua potable en obras de Sedapal en Lima mediante tecnología de cristalización” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima – Perú. Esta investigación posee como principal objetivo mejorar la capacidad de impermeabilización de los reservorios de agua potable en las Obras de Sedapal en Lima mediante la aplicación de productos con tecnología de cristalización, aplicada al concreto mediante el método de revestimiento superficial (slurry), con el fin de reducir las filtraciones y extender la vida útil de las estructuras de almacenamiento.

Los autores señalan las siguientes conclusiones:

Primera. La elaboración de probetas, tanto con tratamiento como sin él, resultó ser un método efectivo para evaluar el desempeño impermeabilizante del concreto. Las muestras tratadas superficialmente con aditivos cristalizantes (como Xypex y Crystal) presentaron diferencias significativas en comparación con las no tratadas, especialmente en cuanto a la profundidad de penetración del agua y la capacidad de autocuración de microfisuras. Esta fase

permitió establecer un entorno controlado para analizar posteriormente la efectividad de los aditivos en el concreto ya endurecido.

Segunda. El estudio sobre la tecnología de cristalización mostró que tanto Xypex como Crystal funcionan generando cristales insolubles en presencia de humedad, los cuales obstruyen los poros capilares y microfisuras del concreto. Este proceso mejora notablemente la resistencia del material frente a la penetración de agua, especialmente cuando el aditivo se aplica en la superficie. Asimismo, investigaciones confirmaron que los cristales formados son físicamente duraderos y conservan su capacidad impermeabilizante incluso tras repetidos ciclos de humedad y secado.

Tercera. Las pruebas realizadas con relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50 mostraron que el uso de aditivos cristalizantes disminuyó la profundidad de penetración del agua en las muestras tratadas, cumpliendo con los requisitos de la norma UNE-EN 12390-8. Las mezclas con una relación a/c de 0.50 presentaron la mayor vulnerabilidad a la permeabilidad; sin embargo, al aplicar Xypex o Crystal en la superficie, se logró una notable reducción en la absorción de agua y un sellado progresivo de microfisuras.

Cuarta. La investigación confirmó el comportamiento del concreto en cuanto a su resistencia a la compresión, dependiendo de los cambios en la relación agua/cemento (a/c). Se identificó una relación inversamente proporcional: al reducir la relación a/c, la resistencia a compresión se incrementa.

Quinta. Las mezclas no tratadas con relaciones a/c de 0.40 y 0.45 lograron resistencias que superan ampliamente los valores mínimos requeridos para estructuras de reservorios de agua potable (210 y 280 kg/cm²). Esto demuestra que los concretos con una menor relación agua/cemento presentan un mejor comportamiento mecánico y, por ende, una mayor durabilidad potencial.

Sexta. La aplicación superficial de aditivos cristalizantes en concretos con una relación a/c de 0.50 no provocó una reducción significativa en la resistencia a compresión, lo que indica que estos productos no comprometen el desempeño estructural del concreto. No obstante, es importante tener en cuenta que las pruebas se realizaron a los 7 días de aplicado el tratamiento, y tanto esta investigación como diversas fuentes científicas señalan que los beneficios de estos aditivos —como el aumento de resistencia por el sellado progresivo de poros a través de la cristalización— se hacen más evidentes con el paso del tiempo. Por ello, su principal función debe entenderse como una mejora en la impermeabilidad y durabilidad del concreto, más que como un refuerzo mecánico inmediato.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Describir el procedimiento óptimo para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado.

1.3.2. Objetivos Específicos

a. Detectar las filtraciones mediante pruebas hidráulicas en reservorios elevados de concreto armado.

b. Explicar la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios elevados de concreto armado.

c. Emplear el óptimo proceso de reparación e impermeabilización para evitar un excesivo incremento en el costo del proyecto.

1.4. Justificación

El impermeabilizante es una sustancia cuya principal función es impedir el paso del agua, cerrando los poros de la superficie y así proteger la estructura. (Giaretton at al., 2016)

La impermeabilización es un proceso fundamentalmente importante en la construcción de edificaciones que se deben de mantener secas, consiste en incorporar en el concreto, aditivos impermeabilizantes o de revestir la estructura superficialmente con impermeabilizante. Este proceso es esencial para extender la vida útil de la estructura, conservando sus propiedades originales. (Gonzales, 2020)

Por lo mencionado líneas arriba, la importancia de la investigación recae en lo siguiente:

Dar a conocer el óptimo procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado y con ello, demostrar, mediante pruebas hidráulicas, que su óptimo uso evitará la presencia de filtraciones en las estructuras de concreto armado,

Explicar detalladamente el proceso de reparación de las filtraciones y el óptimo proceso de impermeabilización empleada dentro de la cuba, como consecuencia del inadecuado uso del impermeabilizante.

Replicar la experiencia obtenida, en distintas obras de abastecimiento de agua potable donde se pudiesen presentar situaciones similares a las encontradas en el presente Proyecto, a raíz del desarrollo del proceso de reparación de las filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado.

1.5. Hipótesis

a. Empleando el óptimo procedimiento en la aplicación de impermeabilizantes se evitará la presencia de filtraciones en los muros rehabilitados de los reservorios elevados de concreto armado.

b. Las filtraciones en los muros de los reservorios elevados de concreto armado se deben a deficiencias constructivas, y pueden ser reparadas mediante procedimientos adecuados de mantenimiento y restauración.

c. La aplicación de un óptimo proceso de reparación e impermeabilización permite reducir el incremento de los costos asociados a la rehabilitación de reservorios de concreto armado.

II. MARCO TEÓRICO

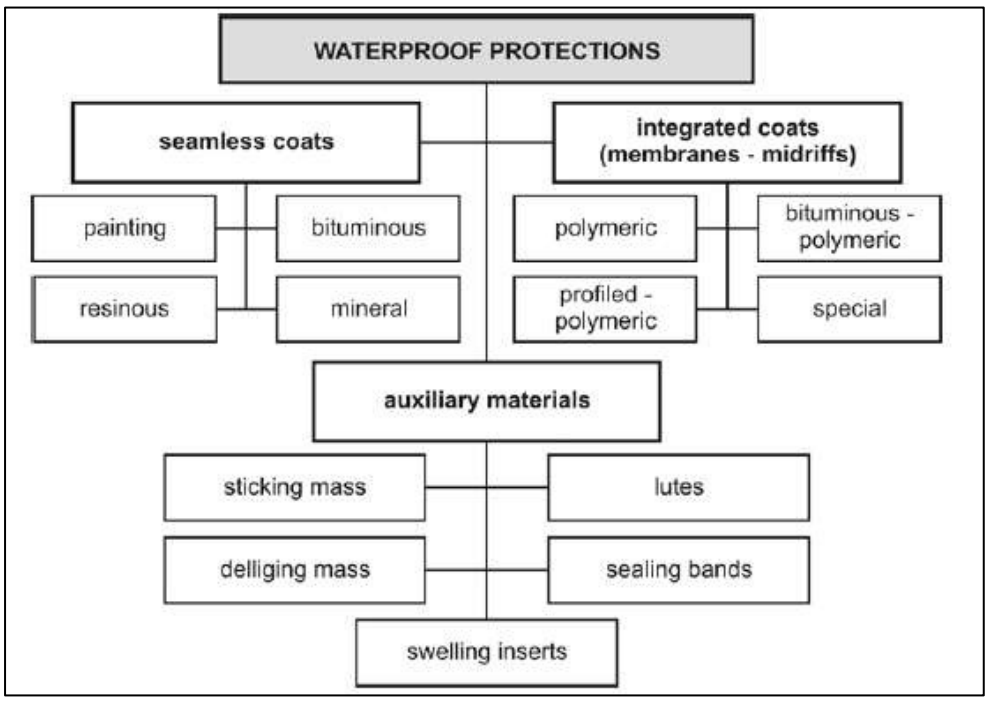
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Impermeabilización en el concreto

En lo referente a la impermeabilización del concreto, Ślusarek (2007) señala en su artículo que la deficiente protección de la estructura contra el agua reduce su durabilidad y obliga a implementar reparaciones, lo que provoca problemas técnicos y económicos de gran impacto. Por ello, propone una clasificación de protección de impermeabilizantes (Figura 11), en la que concluye que los impermeabilizantes integrados (modificados con polímeros) demuestran una mejor protección contra el agua y mayor adherencia al concreto.

Figura 11

Calificación propuesta de impermeabilizantes.



Nota. Tomado de Surface waterproof protection of concrete structures, por Ślusarek, 2007, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 10(4).*

Con relación a ello, Gojevíc et al. (2021) señalan en su artículo que, al comparar cuatro muestras de concreto con y sin impermeabilizantes, dos con una relación a/c de 0.45 y las otras dos con una relación a/c de 0.50, no se observó una variación significativa en su resistencia a la compresión. Sin embargo, se redujo la penetración del agua entre un 10% (a/c de 0.55) y un 21% (a/c de 0.45) a los 28 días de curado. Además, se concluye que es más eficaz para una relación a/c menor y que, para reducir aún más el porcentaje de penetración del agua, se debería disminuir la relación a/c o, en su defecto, aumentar el curado a 90 días.

Por último, Gojevíc et al. (2021) destacan que las muestras con impermeabilizante reducen, en su mayoría, las grietas de 15 mm de espesor; sin embargo, se concluye que sería más eficaz si se aumentara la cantidad de impermeabilizante en el concreto.

Bajo esta misma premisa, Giaretton et al. (2016) presentan en su investigación publicada cuatro tipos de muestras de concreto: concreto de referencia, concreto con recubrimiento de impermeabilizante cristalino, concreto con aditivo de impermeabilizante cristalino y concreto con mezcla de sílice de humo. Al realizar las pruebas de compresión, se concluye que las muestras con la mezcla de sílice de humo tuvieron mejor rendimiento que las otras muestras, seguidas del concreto con aditivo de impermeabilizante cristalino. Esto se debe a que al integrar el concreto con estas mezclas se reduce la porosidad y el porcentaje de vacíos del concreto.

Al realizar la prueba de penetración de agua bajo presión, se concluye que la muestra con la mezcla de sílice de humo obtuvo el menor porcentaje de área húmeda, seguida del concreto con recubrimiento de impermeabilizante cristalino. Por lo tanto, se concluye que el concreto con mezcla de aditivos es más eficaz para la impermeabilización y durabilidad del concreto.

En congruencia, Barreda y Cahuata (2018) concluyen en su tesis publicada que, en una muestra con una relación a/c de 0.45, al añadir un aditivo impermeabilizante por cristalización se obtienen mejores resultados en la reducción de la penetración de agua en un 38% en comparación con las muestras con relaciones a/c de 0.35, 0.40 y 0.50. Además, en la prueba de compresión a los 28 días, la muestra con mejor resultado es la de relación a/c de 0.35. Sin embargo, al ser una mezcla poco maleable, implicaría un mayor costo en su producción e instalación, ya que requeriría la adición de otros aditivos.

Por último, se describe que, después del tercer día de curado de las muestras, se van formando cristales en las fisuras del concreto, por lo que se concluye que, después del tercer día de la colocación del concreto, se puede tener una estructura contenedora de agua funcional.

En síntesis, los estudios coinciden en que la incorporación de aditivos e impermeabilizantes en el concreto contribuye significativamente a la reducción de la penetración de agua y, por ende, a la mejora de su durabilidad. Si bien el uso de estos productos no evidencia variaciones sustanciales en la resistencia a la compresión, sí se observa una disminución en la porosidad y en la formación de fisuras, lo que optimiza el desempeño del material frente a la humedad y la presión hidráulica. En conjunto, los resultados permiten afirmar que el empleo de impermeabilizantes representa una alternativa técnica viable para mejorar la impermeabilidad y prolongar la vida útil de las estructuras de concreto en proyectos hidráulicos.

2.1.2 Antecedentes de rehabilitación y filtraciones en Proyectos de Saneamiento

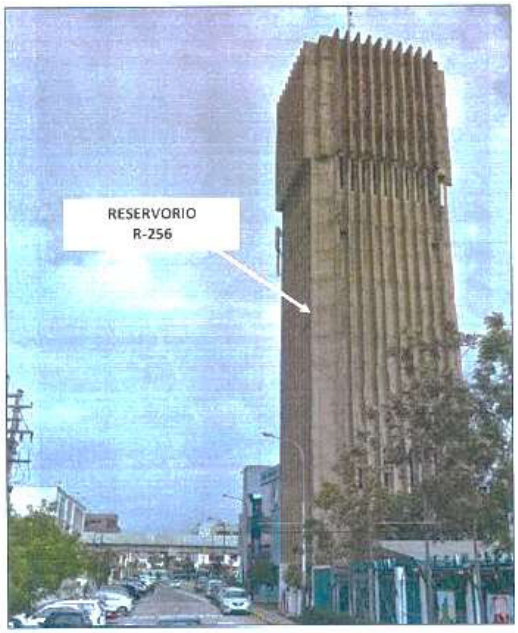
2.1.2.1 Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima

Según la memoria descriptiva sobre el diseño y criterio constructivo de las obras provisionales del proyecto denominado "Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima", comprende la rehabilitación de 02 reservorios elevados.

El reservorio TORRES DE LIMATAMBO I – R256 se encuentra operativo a pesar de tener pequeñas filtraciones; sin embargo, el reservorio TORRES DE LIMATAMBO II – R257 se encuentra en reserva por tener problemas de fisuras en la cuba lo que origina filtraciones internas y externas.

Figura 12

Reservorio TORRES DE LIMATAMBO I – R256



Nota. Tomado del Expediente Técnico del proyecto "Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima".

Figura 13

Reservorio TORRES DE LIMATAMBO I – R257

Nota. Tomado del Expediente Técnico del proyecto "Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima".

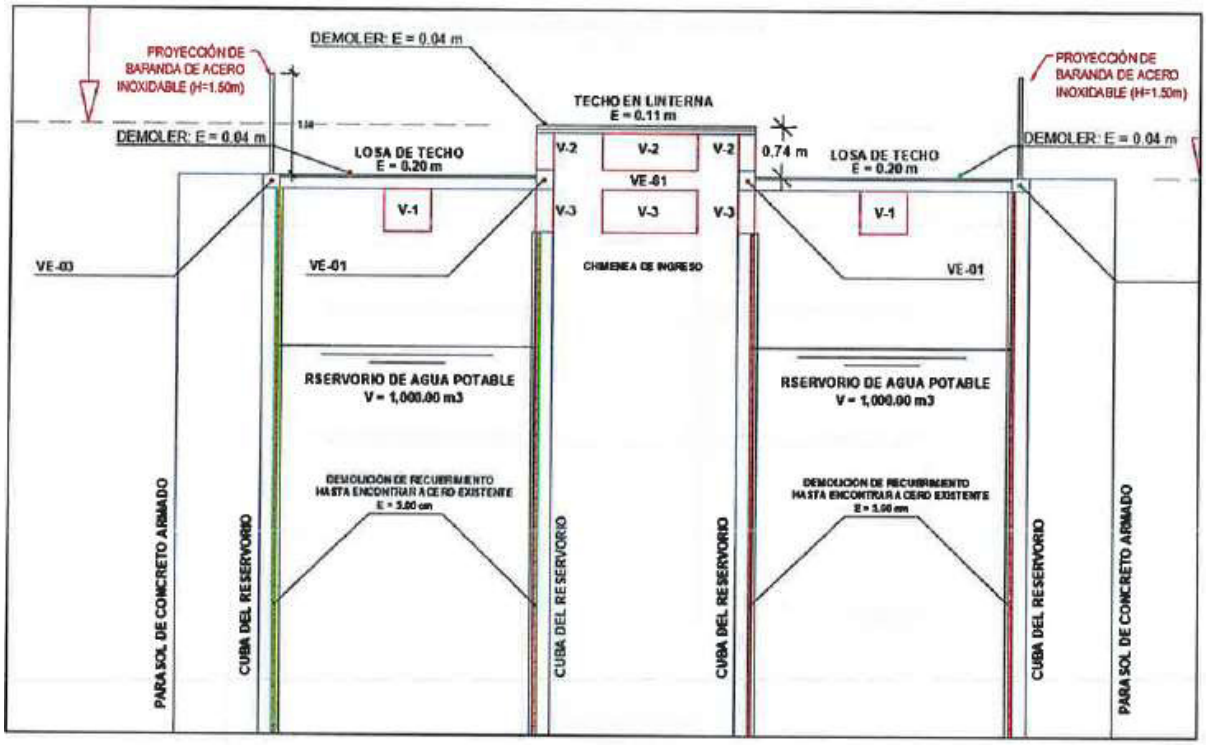
La rehabilitación de los reservorios elevados de concreto armado son parte medular del proyecto. En consecuencia, el Expediente Técnico describe el diseño de rehabilitación estructural de cada reservorio.

El método de reparación N°01: Encamicetado de Muros de Cuba, comprende lo siguiente:

- Demoler muros interiores (E = 0.05 m), utilizando martillo eléctrico.
- Limpieza del acero con removedor de óxido.
- Perforación de orificios de ½" utilizando martillo eléctrico.
- Fijación de acero vertical en el fondo del reservorio utilizando resina epóxica.
- Habilitación y colocación de acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm².
- Aplicación de puente de adherencia para unir concreto nuevo y concreto antiguo.
- Encofrado de muros.
- Dosificación y vaciado de concreto f'c = 280 kg/cm² (E = 0.10 m).
- Curado químico del concreto por 07 días.
- Desarmado de puntales.
- Tarrajeo impermeabilizante en el interior de los muros en la cuba, cemento:arena = 1:3.

Figura 14

Método de reparación N°01: Encamicetado de muros en la cuba



Nota. Tomado del Expediente Técnico del proyecto "Reparación de Reservorio; en el (LA) R-256 y R-257 ubicados en Las Torres de Limatambo en el distrito de San Borja, provincia Lima, departamento Lima".

El análisis del expediente técnico del proyecto de reparación de los reservorios elevados R-256 y R-257 de Las Torres de Limatambo evidencia la importancia de aplicar procedimientos constructivos adecuados para garantizar la funcionalidad y durabilidad de las estructuras de almacenamiento de agua. En particular, el método de reparación mediante encamisetado de muros de la cuba constituye una intervención estructural eficiente, ya que permite reforzar el elemento afectado, restablecer su capacidad portante y mejorar su estanqueidad frente a las filtraciones detectadas. En ese sentido, la propuesta técnica planteada en el expediente garantiza la operatividad de los reservorios y ofrece una alternativa viable para la rehabilitación de estructuras similares afectadas por fisuras o filtraciones.

Dicho procedimiento presentado es similar a la planteado por el expediente técnico el cual está basado mi trabajo de impermeabilización.

2.1.2.2 Filtraciones detectadas en el proyecto "Mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado del C.P. Huanaco, distrito de Santiago – Ica".

La Contraloría General de la Republica mediante su visita de control al proyecto denominado "Mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado del C.P. Huanaco, distrito de Santiago – Ica" determina el estado situacional de la obra y si su ejecución se ha realizado de acuerdo con la normativa aplicable vigente.

En consecuencia, a la visita de control realizado por la Contraloría, se desarrolla el Informe de Visita de Control N° 012-2025-OCI/0406-SV, en el cual se identifica una situación adversa que podría afectar la continuidad del proyecto. La Contraloría visualizó la presencia

de humedad en varios puntos de la superficie exterior de la cuba del reservorio elevado, tal como se aprecia en la siguiente imagen:

Figura 15

Puntos de filtración de agua en reservorio elevado (cuba)

Nota. Tomado de Informe de Visita de Control N° 012-2025-OCI/0406-SV

En relación con la impermeabilización de la cuba, el expediente técnico contempló la ejecución de dos partidas correspondientes al tarrajeo interior de la cuba con acabado rayado y aplicación de impermeabilizante Chema Top, con un espesor de 1.5 cm. Según la liquidación de obra, estos trabajos habrían sido realizados; sin embargo, el reservorio elevado continúa presentando filtraciones. Esta situación permite la acumulación de agua en el interior de la estructura de concreto armado (concreto y acero), lo cual puede generar daños como la corrosión de las armaduras de acero y el debilitamiento de los materiales, comprometiendo así la resistencia y durabilidad de la estructura.

Con base en lo anteriormente expuesto, se observa que el reservorio elevado, elemento fundamental de la obra, presenta filtraciones de agua en la parte exterior de la cuba, así como una superficie interior rugosa, a pesar de haber sido recibido oficialmente y estar en funcionamiento. Esta situación podría provocar daños estructurales, comprometer la calidad

del agua almacenada y afectar directamente la prestación del servicio de saneamiento. En este contexto, la Entidad ha informado a la Comisión de Control que solicitó al Consorcio Huanaco la ejecución de las reparaciones correspondientes, amparadas en la garantía por vicios ocultos.

2.1.3 Introducción al Proyecto "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima", LOTE 1

La empresa SEDAPAL determinó dividir el proyecto en lotes para un mejor financiamiento. Por ello, para estas investigaciones se tomaron los casos ocurridos en el área de influencia del LOTE 1 del proyecto. El LOTE 1 está conformado por el Paquete A, Paquete B-1 y Paquete B-2.1.

Tabla 2

Paquetes del LOTE 1

LOTE	PAQUETE	FINANCIAMIENTO
1	Paquete A: Obras Generales de Agua Potable (Redes Primarias, Rehabilitación de Reservorios, Estaciones de Bombeo Pozos y Automatización) Paquete B-1: Redes Secundarias de Agua Potable y Alcantarillado Sectores: 348A, 348B, 349A, 349B. Paquete B-2.1: Redes Secundarias de Agua Potable y Alcantarillado Sectores: 346, 351.	JICA

Nota. Fuente: Adaptado de la Memoria descriptica del proyecto denominado: “Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima”, LOTE 1.

Según el Expediente Técnico, el proyecto denominado “Optimización de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima”, LOTE 1 comprende la rehabilitación de 23 pozos existentes en el área de influencia, de manera que estos se encuentren en condiciones de ofrecer su caudal en situaciones de emergencia. También incluye la rehabilitación de 26 reservorios existentes, permitiendo así la distribución del agua para cada sector. Esto implica que, mediante las líneas de conducción, se alimenten los reservorios con el agua distribuida por SEDAPAL y, mediante las líneas de impulsión, se alimenten también los reservorios con el agua de los pozos rehabilitados.

El reforzamiento de los reservorios elevados de concreto armado forma parte importante del proyecto. En este contexto, el Expediente Técnico describe el proceso de reforzamiento del Reservorio Cueto Fernandini R-1 (R04).

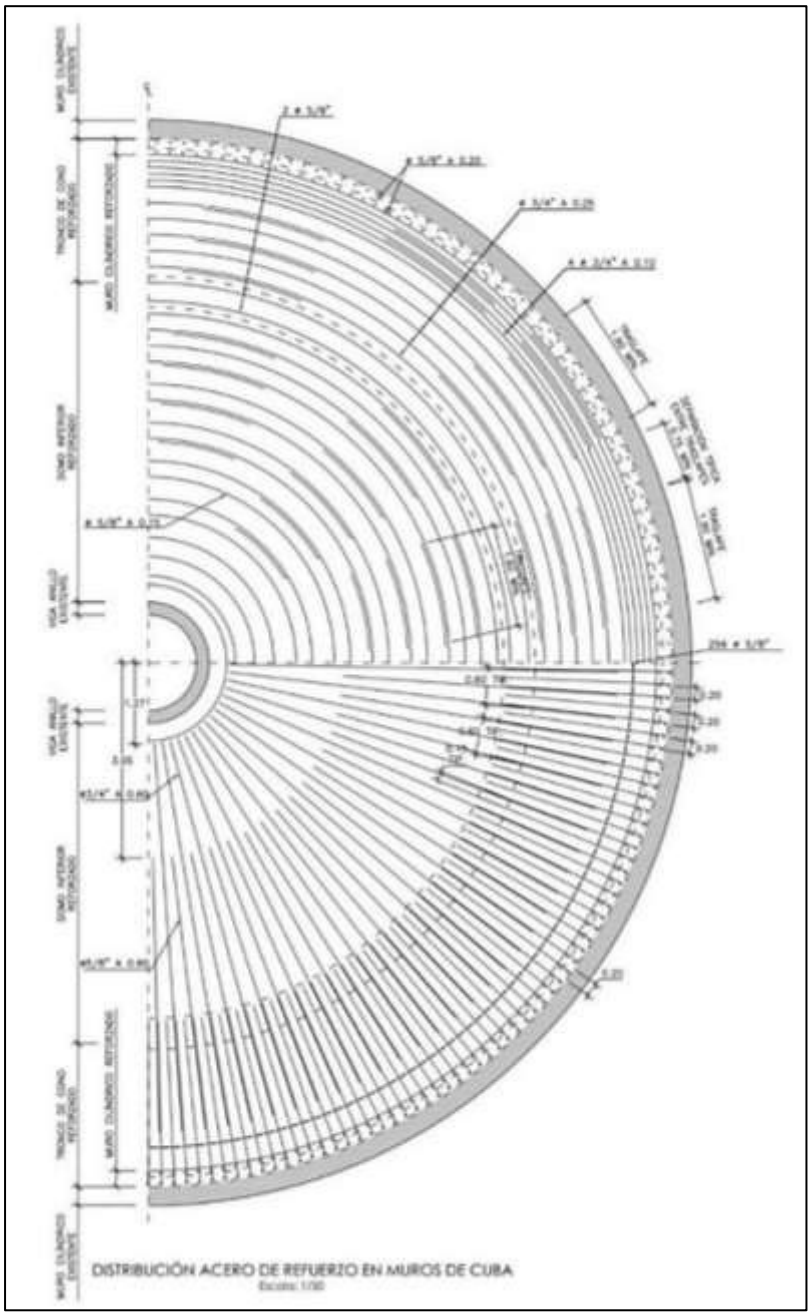
El reforzamiento de la cuba, según el Expediente Técnico:

- **Cuba (Figura 14):** El reforzamiento se planteó dentro de la cuba, ya que estructuralmente es más eficiente porque se puede controlar el espaciamiento y el diámetro del acero de refuerzo que se encuentra más cerca del líquido, así como las características mecánicas del concreto nuevo. Debido a que el reforzamiento se planteó dentro del reservorio, cuando se produzca la contracción en el concreto, aparecerán fuerzas internas que tratarán de separar el concreto de reforzamiento de las paredes existentes, las cuales se controlaron con pernos de

conexión. Adicionalmente, el proceso constructivo será menos engorroso porque se evita la instalación de andamios en altura.

Figura 16

Reforzamiento de Cuba



Nota. Se puede observar la distribución del acero en muros de cuba, domo inferior y tronco cónico. Tomado de *Lámina 3078*, Plano N° RES04-ST-004, Expediente Técnico del proyecto

“Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima”, LOTE 1 – PAQUETE A.

Una vez que los trabajos de reforzamiento y rehabilitación fueron terminados, tal como lo especifica el Expediente Técnico del Proyecto, se procedió con la ejecución de pruebas hidráulicas y las pruebas de ultrasonido. Tras obtener la conformidad de estas pruebas, se autorizó la aplicación del impermeabilizante para mantener estancos los reservorios elevados de concreto armado.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Durabilidad del concreto.

El concreto es probablemente el elemento más utilizado en todo el mundo para las construcciones, por lo mismo el mejorar su durabilidad presenta una solución de largo plazo en el uso de recursos y en la productividad de la industria del concreto (del Rosal, 2017)

La durabilidad en estructuras de concreto armado se refiere a su capacidad para mantener sus características físicas y químicas intactas a lo largo de su vida útil. Esto implica resistir la degradación causada por cargas y solicitaciones previstas en su diseño, que debe considerar factores como las condiciones ambientales, el clima y el tipo de edificio. Un diseño estructural bien planificado es fundamental para garantizar que la construcción alcance su vida útil proyectada. (Muñoz y Mendoza, 2012)

De acuerdo con las definiciones revisadas, el concreto se consolida como el material estructural más empleado en la construcción, por lo que su durabilidad constituye un factor

determinante para la sostenibilidad y eficiencia de las obras civiles. La durabilidad del concreto armado no solo depende de su resistencia mecánica, sino también de su capacidad para conservar sus propiedades físicas y químicas frente a los agentes de deterioro propios del entorno.

Para la presente investigación busca mantener la durabilidad del concreto en los reservorios elevado, con los trabajos de impermeabilización, ya que el impermeabilizante tiene como función evitar traspaso del agua y mantener las propiedades del concreto.

2.2.2 Permeabilidad del concreto.

La permeabilidad es una propiedad del concreto que permite el paso de fluidos a través de él debido a diferencias de presión entre sus superficies opuestas. La permeabilidad se mide comúnmente mediante la cantidad de agua que filtra a través del material, siguiendo la Ley de Darcy, que describe un flujo laminar y constante. (Rivva, 2006)

La permeabilidad se mide sobre medios saturados. Es decir, en el caso del concreto, a medida que aumenta su porcentaje de vacíos, también aumenta su permeabilidad que se mide en m/s. (Min Joung, 2008)

Por lo tanto, la permeabilidad es una propiedad fundamental del concreto, a mayor porcentaje de porosidad, mayor será la permeabilidad del concreto, lo que puede comprometer su durabilidad y su capacidad para resistir agentes externos. Por ello, el control de la permeabilidad resulta esencial en el diseño de estructuras de concreto, especialmente en aquellas destinadas al almacenamiento de agua, como los reservorios elevados, donde la estanqueidad y la impermeabilidad son condiciones críticas para su correcto funcionamiento.

2.2.3 Reservorios de concreto armado.

Los reservorios de concreto armado se tratan de estructuras diseñadas para dos propósitos fundamentales: almacenar agua para abastecer a la población y mantener a presión optima en las redes de distribución, garantizando así un servicio eficiente y confiable. (Agüero, 2004)

Según el Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado (2010) Los reservorios serán diseñados para funcionamiento de cabecera. Tendrán por lo general sección circular (para eliminar puntos muertos y/o cortocircuitos), con alturas máximas de tirante de agua que varían entre 2,50 a 8,00 m y deberán estar provistos de casetas para alojar las válvulas, accesorios y dispositivos de medición y control y permitir realizar las labores de operación y mantenimiento con facilidad.

En la memoria descriptiva del proyecto en mención se especifica que los reservorios existentes susceptibles de rehabilitación han sido objeto de una serie de análisis y evaluaciones en campo y en gabinete. Estos análisis y evaluaciones se han realizado desde el punto vista estructural, de sus instalaciones hidráulicas; de todas estas evaluaciones, la que ha tenido mayor impacto en sus resultados ha sido la evaluación estructural, de la cual sus principales conclusiones son las siguientes:

Los daños encontrados en las estructuras son de dos tipos:

- Por deterioro del material producto de la acción de agentes externos, lo cual tiene incidencia directa sobre la durabilidad del concreto.
- Por una deficiencia entre la demanda estructural y la resistencia estructural de cada reservorio.

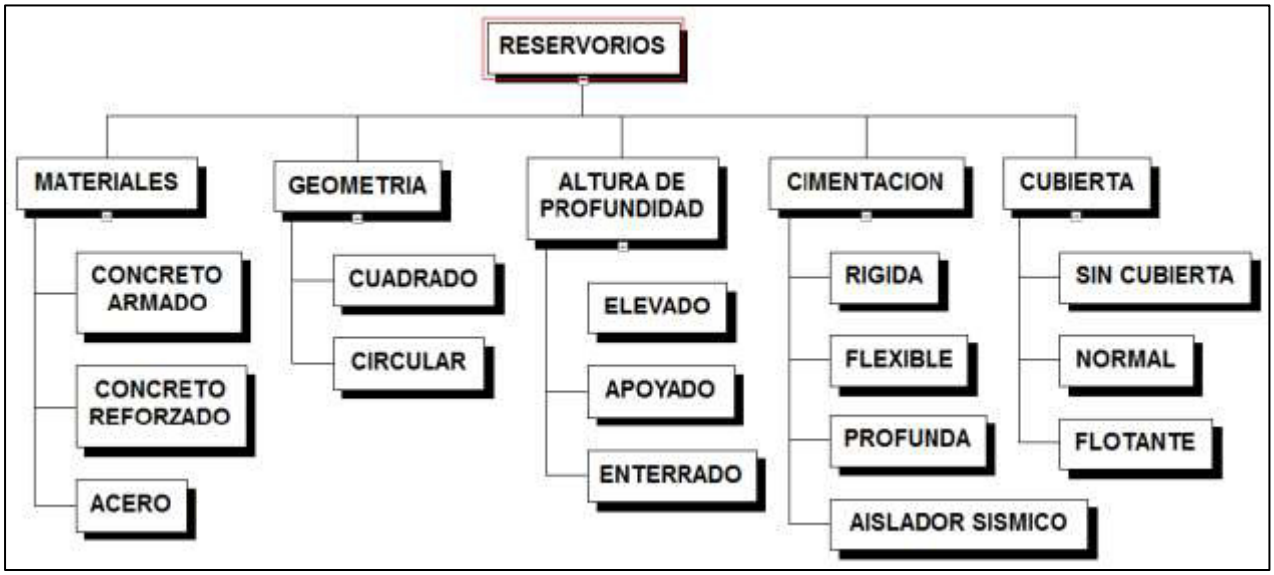
Por ello, dentro del Proyecto, se determinó que, una vez culminados los trabajos de rehabilitación estructural, se efectúe la colocación de dos capas de impermeabilizante tipo Xypex o similar como un procedimiento complementario al análisis estructural.

2.2.3.1 Tipos de Reservorios.

Según Huisa (2017) clasifica los tipos de reservorios según su material de construcción, geometría de la cuba, altura de profundidad, cimentación y cubierta de cuba.

Figura 17

Tipos de reservorios



Nota. Para la presente investigación se toma un tipo de reservorio elevado de concreto armado, circular, con cimentación rígida y cubierta normal. Tomado de *Tipos de reservorios*, de Huisa, 2017, https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/622

En el caso de los reservorios presentados en mi trabajo de investigación se tiene como tipo de reservorios el siguiente:

- Por su material: concreto armado
- Por su geometría: circular
- Por su altura de profundidad: elevado
- Por su cimentación: flexible

- Por su cubierta: normal

2.2.4 Fisuras y grietas.

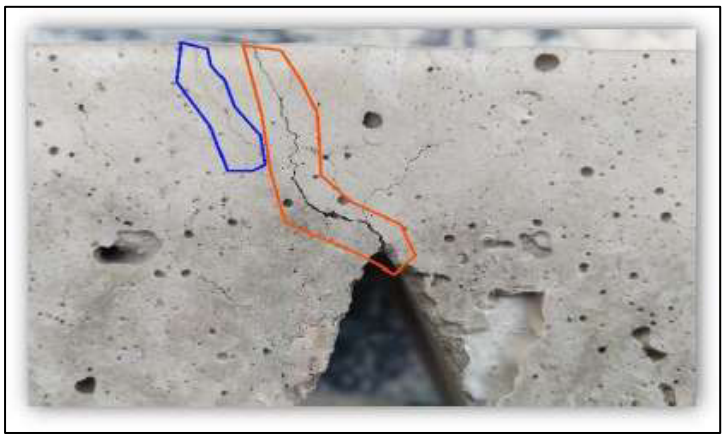
Las fisuras y las grietas son aberturas alargadas y estrechas que pueden aparecer en cualquier superficie de una estructura. Su formación puede ser causada por diversos factores, como movimientos del suelo, cargas excesivas, cambios de la temperatura, humedad y condiciones climáticas adversas. Aunque no todas las grietas y las fisuras se deben a una deficiente impermeabilización, estas sí pueden crear una vía de entrada para la humedad y otros problemas estructurales. (Gonzales, 2020)

Aunque los termino de fisura y grieta a menudo se utilizan indistintamente y como sinónimos es importante que se pueda destacar que existen diferencias significativas entre ambos, por lo que no deben de ser considerados como iguales. (Barreda y Cahuata, 2018)

- Fisura es toda aquella abertura incontrolada que afecta solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial. (Coila y Loayza, 2015, p. 22)
- Grieta es toda aquella abertura incontrolada de un elemento superficial que afecta a todo su espesor. (Coila y Loayza, 2015, p. 22)

Figura 18

Fisura y grita en el concreto



Nota. Se puede observar una fisura bordeado en línea azul y una grieta bordeada con línea anaranjada. Tomado de *Fisura y grieta en un elemento*, de Barreda y Cahuata, 2018, https://repositorio.unsa.edu.pe/items/1d13099f-a493-4fe6-a313-0f753e6436e4

Entonces las fisuras y grietas representan el deterioro en las estructuras de concreto, cuya presencia puede deberse a factores estructurales, térmicos o ambientales. Si bien ambos términos suelen emplearse como sinónimos, es fundamental distinguirlos, ya que las fisuras afectan únicamente la superficie del elemento, mientras que las grietas atraviesan todo su espesor, comprometiendo su integridad estructural. En el caso de estructuras hidráulicas, como los reservorios elevados de concreto, la presencia de fisuras y grietas adquiere especial relevancia, pues es por ahí donde ingresa agua a la estructura que pueden generar filtraciones y reducir su durabilidad si no se tratan oportunamente.

2.2.5 Filtraciones

Las filtraciones es un proceso que ocurre cuando el agua penetra a través de fisuras o grietas en la estructura, generalmente causando manchas visibles. Este fenómeno suele ocurrir en uniones entre elementos constructivos, debido a daños en cerramientos o acabados, o en áreas contenedoras de agua. (Gonzales, 2020)

Según un estudio y una encuesta desarrollada en Francia reveló que solo el 58% de usuarios de reservorios elevados y tanques subterráneos, se encuentran satisfechos con su desempeño. La razón de esta poca satisfacción de los usuarios se debe a la presencia de filtraciones en la estructura. (Hermida, 2013)

Entre las estructuras, las que más problemas de filtraciones han traído son los reservorios elevados de concreto. Dentro de las causas encontradas está la fisuración (22%), permeabilidad del material (12%) y la abrasión (10%). (Hermida, 2013)

Se entiende que las filtraciones son uno de los principales problemas que afectan la durabilidad de las estructuras de concreto armado en proyectos hidráulicos. Este fenómeno se origina principalmente por la penetración del agua a través de fisuras o grietas, generando manchas de humedad, la pérdida de la estanqueidad y el deterioro progresivo del material.

Respecto a este caso, las filtraciones fueron un problema que se originó debido al mal uso del impermeabilizante, por lo que se procedió con la rehabilitación de los puntos de filtraciones reflejados en el mapeo de fisuras.

2.2.6 Impermeabilización para el concreto.

Un aditivo impermeable es un material complementario que se añade al concreto, además del cemento, agua y áridos, con el objetivo de modificar sus propiedades y hacerlo más resistente al agua. Al incorporar este aditivo, el concreto adquiere características beneficiosas, como mayor durabilidad y eficiencia económica en la construcción de estructuras submarinas o expuestas a la humedad. (Okere et al., 2017)

La impermeabilización es fundamental para garantizar la durabilidad del concreto. Aunque el agua es esencial en la producción, colocación y curado del concreto, una vez cumplida su función, se convierte en un elemento perjudicial para las estructuras. La mayoría de las fallas en el concreto se deben a su alta permeabilidad, lo que permite la absorción y penetración de agua y otros líquidos, causando corrosión en el acero de refuerzo y daños en el concreto. (Okere et al., 2017)

Algunos expertos consideran que un concreto bien diseñado y ejecutado con materiales de calidad puede ser impermeable al agua. Sin embargo, debido a que los procesos habituales de colocación, curado y otras operaciones in situ pueden generar defectos en el concreto, **se reconoce que el uso de aditivos impermeables adecuados puede ser beneficioso para**

reducir su permeabilidad. La aplicación de estos aditivos puede disminuir la cantidad de poros y mejorar la dispersión de las partículas de cemento, lo que resulta en un concreto más denso y resistente. (Okere et al., 2017)

Como se explicó anteriormente el uso de aditivos impermeabilizantes en el concreto representa una estrategia eficaz para mejorar su comportamiento frente a la acción del agua en proyectos hidráulicos. Sus propiedades son importantes en estructuras hidráulicas como los reservorios elevados, donde la impermeabilidad es un requisito esencial para evitar filtraciones, garantizar la funcionalidad y vida útil de la estructura.

2.2.7 Sistemas de Impermeabilización.

Se puede dividir los sistemas de impermeabilización en tres grupos.

Morteros de cemento modificados: Son una de las opciones preferidas para la impermeabilización debido a su excelente compatibilidad con el cemento base. Al incorporar productos químicos impermeabilizantes, estos morteros mejoran significativamente sus propiedades, evitando el paso de agua a través de la matriz. Su aplicación es ideal para áreas expuestas a la humedad, como tejados, baños, sótanos y zonas húmedas, para mantener el hormigón seco y protegido. (Salsabeel et al., 2018)

Membranas: Las mallas flexibles son elementos resistentes y duraderos que se utilizan en puntos críticos de impermeabilización. Son capaces de soportar diversas condiciones climáticas y ambientales. Además, facilitan la adherencia entre capas, lo que les proporciona resistencia a esfuerzos mecánicos y evita su deterioro prematuro. Su flexibilidad es notable, permitiéndoles adaptarse a diversas superficies y absorber esfuerzos de contracción de manera efectiva. (Espinoza, 2016)

Recubrimientos impermeabilizantes: Los métodos de recubrimiento impermeabilizante son una solución efectiva para prevenir que el agua y las sales solubles penetren en el hormigón, lo que ayuda a evitar la corrosión del acero de refuerzo y el daño a las partículas de cemento. Estos revestimientos ofrecen múltiples beneficios, como una buena adherencia al sustrato, permeabilidad al vapor y capacidad para cubrir fracturas sin comprometer la resistencia del material. La impermeabilización de piscinas y terrazas son ejemplos de aplicaciones comunes de estos revestimientos. (Salsabeel et al., 2018)

Para el caso del presente trabajo de investigación se emplearon dos (02) principales impermeabilizantes, ambos con un sistema de impermeabilización de recubrimiento ya que estos impermeabilizantes fueron implementados posterior a la rehabilitación y fueron usaron como una impermeabilización superficial a los muros interiores de concreto de la cuba de los reservorios elevados de concreto.

2.2.8 Tecnología de Impermeabilizante.

Se puede dividir los sistemas de impermeabilización en tres grupos.

Químicos hidrófugos o repelentes de agua: Los tratamientos hidrófobos son los más comúnmente utilizados en la protección y restauración de estructuras de hormigón. Estos productos se basan en materiales jabonosos, derivados de ácidos grasos, aceites vegetales, petróleo y emulsiones asfálticas. Al aplicar estos materiales, se crea una capa repelente al agua en los poros del concreto, aunque los poros siguen estando físicamente abiertos. (Bornand, 2012)

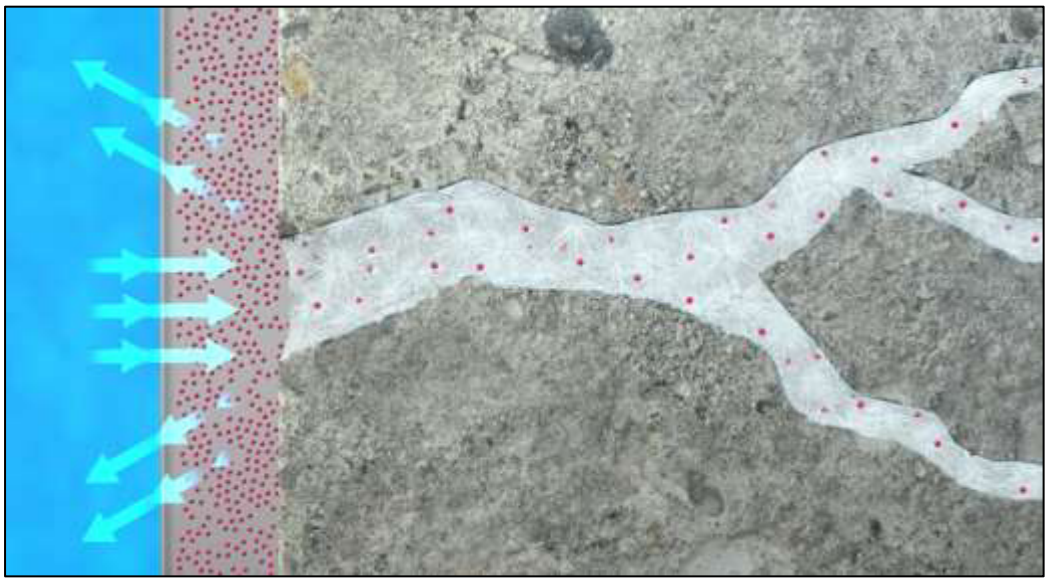
Sólidos finamente divididos: Este grupo incluye materiales inertes como bentonitas, polvos silíceos, arcillas, resinas de hidrocarbono y brea de carbón. Además, también se encuentran finos químicamente activos como limos, silicatos y sílice coloidal, que actúan como

densificadores y reducen físicamente la permeabilidad de los poros, impidiendo el paso de agua. (Bornand, 2012)

Materiales cristalinos: Estos materiales combinan propiedades químicas activas con una base de cemento y arena. Debido a su naturaleza hidrófila, estos materiales aumentan la densidad del silicato de calcio hidratado y/o bloquean los poros, lo que impide la penetración del agua y proporciona una barrera efectiva contra la humedad. (Bornand, 2012)

Figura 19

Vista microscópica de impermeabilizante por cristalización



Nota. Tomada de *Xypex Crystalline Technology Animation*, por Xypex, https://www.xypex.com/learning-centre/videos/company-tech-2/

Por lo tanto, para este caso en particular se emplearon dos (02) tecnologías distintas una de la otras. Ya que se usaron dos (02) impermeabilizante, cada uno empleó una tecnología distinta pero eficaz.

Al primer impermeabilizante, Crystal Concentrado, usaba la tecnología de materiales cristalinos porque según su ficha técnica, este impermeabilizante lo que hace es ingresar por

los poros del concreto las partículas cristalinas que al reaccionar con el agua se producen millones de formaciones de cristales con forma de aguja al interior del concreto.

Al segundo impermeabilizante, Per Impermelastic 2C, usa la tecnología de solidos finamente divididos, ya que uno de los componentes principales del impermeabilizante son las áreas de sílice y funciona como un sellador de poros al aplicarse en contacto con el concreto.

2.2.9 Rehabilitación de estructuras deterioradas.

Existen dos tipos de criterios en cuanto a métodos de rehabilitación en estructuras de concreto.

Convencionales: Estos métodos son los más comúnmente empleados y cuentan con una amplia base de expertos en su aplicación. Consisten en eliminar el material dañado y reemplazarlo con nuevos materiales sanos, adicionando inhibidores y protectores para prevenir futuros daños causados por agentes agresivos. (Sierra, 2005)

No convencionales: Estas técnicas son métodos de rehabilitación no invasivos que aún están en fase de investigación y estudio para su aplicación práctica en la industria de la construcción. Algunos ejemplos incluyen la realcalinización de materiales dañados por carbonatación mediante soluciones ricas en álcalis, la migración de iones hidróxido mediante corrientes eléctricas, entre otros. (Sierra, 2005)

En los trabajos de rehabilitación empleados en el presente trabajo de investigación se usaron métodos convencionales para la reparación de los muros de concreto en los que se detectaron filtraciones. Los trabajos consistieron en picar y eliminar el concreto dañado por las filtraciones, verificar el daño en lo aceros de refuerzo, y por último la reposición del concreto picado.

2.2.10 Prueba hidráulica.

La razón de las pruebas hidráulicas es dar constancia que, antes de ser puestas en funcionamiento, estructuras de almacenamiento hayan sido construidas de tal manera que no presenten filtraciones, si llegaran a presentar filtraciones se tendrá que vaciar el agua y realizar las reparaciones pertinentes y volver a realizar la prueba hidráulica hasta que la estructura ya no presente filtraciones y sea aprobada por el supervisor. (Chavez y Lazaro, 2022)

Con la finalidad de corroborar la estanqueidad de las estructuras de almacenamiento de concreto armado, se realizaron pruebas hidráulicas las cuales consistían en verificar, por un lapso de 24 horas, el descenso del nivel del agua. En este caso se llegaron a realizar tres (03) pruebas hidráulicas, en la cual la primera resultó con un descenso de 0cm. lo que corrobora que la prueba paso satisfactoriamente, en la segunda prueba hubo una diferencia entre la primera medida y la segunda, lo que confirmó la presencia de filtraciones, por lo que se ordenó el retiro del impermeabilizante, trabajos de rehabilitación y la aprobación de uno nuevo impermeabilizante, y por último la tercera prueba hidráulica, fue ahí donde se corroboró que los trabajos de rehabilitación fueron ejecutados correctamente, ya que no hubo perdida en el nivel del agua.

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Se debe de mencionar que el trabajo es del tipo descriptivo, explicativo, no experimental y correlacional, en razón, que se busca describir el proceso del seguimiento que se le dio a la reparación de los muros en los que se presentan filtraciones, explicar el problema configurado de la realización de las pruebas hidráulicas, analizar la causa de las filtraciones detectadas y emplear un óptimo proceso de reparación e impermeabilización para prevenir un incremento excesivo en los costos del proyecto.

3.1.1 Enfoque de investigación

La presente investigación reúne las condiciones de una investigación de enfoque cualitativa, toda vez que se busca analizar las hipótesis realizadas a consecuencia de las filtraciones detectadas en los trabajos de impermeabilización en reservorios elevados de concreto armado.

3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1 Ámbito temporal

El ámbito temporal abarca los siguientes procesos: las pruebas hidráulicas realizadas, la observación en campo de las filtraciones, el reporte y la propuesta de solución al problema, los trabajos de reparación de los reservorios elevados de concreto armado y las pruebas hidráulicas realizadas luego de la reparación de las filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado.

Se calcula un aproximado de 4 meses para la realización de las actividades descritas.

3.2.2 Ámbito espacial

El ámbito espacial es preponderantemente interdistrital, ya que la cantidad de reservorios observados se extiende por gran parte de los distritos de: San Martín de Porres, Los Olivos y Comas.

3.3 Variables

3.3.1 Variables independientes

- Procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes

3.3.2 Variables dependientes

- Presencia de filtraciones en reservorios
- Causa y proceso de reparación
- Costo de reparación e impermeabilización

3.3.3 Definición de las Variables

Tabla 3

Definición conceptual y operacional de las Variables.

	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional
Variable Independiente	Procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes	La aplicación de impermeabilizantes tiene como objetivo impedir el paso del agua, cerrando los poros de la superficie y así proteger las estructuras. (Giaretton at al., 2016)	Optimizar el procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado.
Variable Dependiente	Presencia de filtraciones en reservorios	Las filtraciones son una patología que ocurre cuando el agua ingresa a la	Mediante las pruebas hidráulicas en los reservorios elevados de

	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional
		estructura mediante fisuras o gritas. (Gonzáles, 2020)	concreto armado se podrá detectar la presencia de filtraciones.
	Causa y proceso de reparación	La reparación de estructuras consiste en eliminar el material dañado y reemplazarlo con nuevos materiales sanos para prevenir futuros daños causados por agentes agresivos. (Sierra, 2005)	Explicar la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios.
	Costo de reparación e impermeabilización	El costo se entiende como la valoración en dinero de los recursos empleados para alcanzar un determinado fin u objetivo. (Menesby, 2015)	Los costos de reparación e impermeabilización se cuantificarán de acuerdo al óptimo proceso de reparación e impermeabilización empleado.

3.3.4 Operacionalización de las Variables

Tabla 4

Operacionalización de las Variables.

	Variables	Indicadores	Dimensiones
Variable Independiente	Procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes	Prueba hidráulica para corroborar impermeabilización	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)
Variable Dependiente	Presencia de filtraciones en reservorios	Prueba hidráulica para detectar filtraciones	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)
	Causa y proceso de reparación	Desprendimiento del impermeabilizante, desgaste de concreto, corrosión del acero	Verificación visual, fotográfica y fílmica al interior del reservorio
	Costo de reparación e impermeabilización	Número de pruebas hidráulicas, impermeabilizante por m2	Costo sobre las pruebas hidráulicas y el impermeabilizante (Soles)

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de la investigación está conformada por 02 reservorios elevados de concreto armado, como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 5

Población de los reservorios con problemas de filtración.

Código	Nombre reservorio/Sector	Tipo	H (m)	Vol (m^3)
R02	R-1 Villa del Norte/ 82 A-2	E	33.64	1600
R06	R-2 Programa Confraternidad/ 84 A-2	E	25.27	1600

Nota. (E) Reservorio Elevado. Elaboración propia

La población beneficiada de la investigación está conformada por aproximadamente 76,000 habitantes.

3.4.2 Muestra

Para el cálculo estadístico de la muestra en un proyecto de investigación se debe tener en consideración la siguiente formula estadística para una población finita:

$$n = \frac{N.Z^2.p.q}{E^2(N-1) + Z^2.p.q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor del nivel de confianza

p = probabilidad de éxito

q = 1 – p

E = error máximo permitido o margen de error

La población del presente estudio está conformada por dos (2) reservorios, los cuales presentaron filtraciones durante las pruebas hidráulicas realizadas en el proceso de rehabilitación.

Dado que la población es reducida y está constituida por un número manejable de unidades de análisis, no se aplicó un procedimiento de muestreo probabilístico. En tal sentido, se optó por trabajar con la totalidad de los reservorios, considerando a los dos (2) como muestra censal.

Esta decisión permite obtener resultados más precisos y representativos de la realidad del proyecto, garantizando una mejor interpretación de las causas y condiciones asociadas a las filtraciones observadas.

Tabla 6

Muestra de los reservorios con problemas de filtración.

Código	Nombre reservorio/Sector	Tipo	H (m)	Vol (m^3)
R02	R-1 Villa del Norte/ 83 A-2	E	33.64	1600
R06	R-2 Programa Confraternidad/ 84 A-2	E	25.27	1600

Nota. (E) Reservorio Elevado. Elaboración propia

3.5 Instrumentos

Los principales instrumentos utilizados en la presente investigación serán los siguientes:

Revisión de documentos: Protocolos de prueba hidráulica de estructuras para almacenamiento de agua potable, ensayo de ultrasonido de pulso, mapeo de fisuras, Expediente

Técnico del Proyecto, información bibliográfica, normas técnicas nacionales e internacionales, fichas técnicas de los los fabricantes.

Observación: observación fotográfica, fílmica y visitas a campo

3.6 Procedimientos.

3.6.1 Primera prueba hidráulica.

Una vez terminado el proceso de rehabilitación y reforzamiento se realizó la prueba hidráulica con la finalidad de verificar la no presencia de filtraciones y confirmar la hermeticidad del reservorio.

El procedimiento que realizó el Contratista fue según lo descrito en el Expediente Técnico, y se describe a continuación.

- Se realizó el llenado de la cuba al nivel máximo como se ve en la Figura 18.

Figura 20

Llenado de cuba del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se realizó el llenado de la cuba hasta el nivel máximo del reservorio elevado de concreto armado (R-1 Villa del Norte). Elaboración propia.

- Se realizó la primera medida del nivel del agua como se ve en la figura 19.

Figura 21

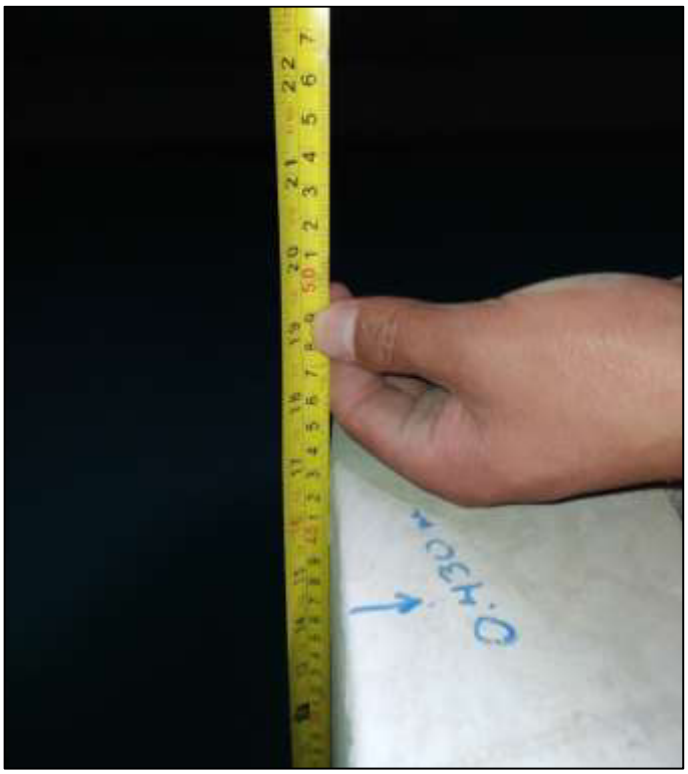
Primera medida en el R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se realizó la primera medida del nivel del agua hacia la parte superior de la artesa de rebose, en la cual la medida marcada salió 43cm. Medida hecha en el reservorio elevado de concreto armado R-1 Villa del Norte. Elaboración propia.

- Posterior a las 24 horas (acorde a lo establecido en las especificaciones técnicas del proyecto) se realizó la segunda medida del nivel del agua como se ve en la Figura 20.

Figura 22

Segunda medida en el R-1 Villa del Norte (R02)



Nota. Se realizó la segunda medida del nivel del agua hacia la parte superior de la artesa de rebose, en la cual la medida vuelve a marcar 43cm. Medida hecha en el reservorio elevado de concreto armado R-1 Villa del Norte. Elaboración propia.

- Se verificó que el nivel del agua no descendió, la perdida admisible y real fueron 0cm y no hubo presencia de filtraciones en el reservorio.

La prueba hidráulica realizada al reservorio elevado de concreto armado pasó satisfactoriamente.

Además, previo a la impermeabilización, se verificaron la presencia de fisuras y/o gritas en el concreto de la cuba de los reservorios mediante ensayos no destructivos de ultrasonido de pulso, lo cual descartó presencia de fisuras y gritas que causarían filtraciones. Por lo que se procedió en la colocación del impermeabilizante del reservorio.

3.6.2 Aplicación del impermeabilizante CRYSTAL CONCENTRADO

El Contratista con fecha de diciembre del 2018 presenta ante el comité de inspección de Sedapal el procedimiento a emplear en los trabajos de impermeabilización y la propuesta de un impermeabilizante. A raíz de la solicitud del Contratista, la Entidad aprueba el uso del impermeabilizante CRYSTAL CONCENTRADO.

Figura 23

Impermeabilizante Crystal Concentrado

Nota. Elaboración propia.

La tecnología del CRYSTAL CONCENTRADO es similar al del impermeabilizante XYPEX descrito en las especificaciones técnicas del proyecto, tecnología cristalina. La tecnología cristalina, es una solución efectiva para prevenir la penetración de agua y sales solubles en el hormigón, lo que ayuda a evitar la corrosión del acero de refuerzo y el daño a las

partículas de cemento. Estos revestimientos ofrecen múltiples beneficios, como una buena adherencia al sustrato, permeabilidad al vapor y capacidad para cubrir fracturas sin comprometer la resistencia del material. (Salsabeel et al., 2018)

Una vez la prueba hidráulica pasó satisfactoriamente (a criterio del Comité de Inspección) y realizar los ensayos de ultrasonido de pulso, se procedió a la impermeabilización de la cuba de acuerdo a lo señalado y descrito en la ficha técnica del fabricante (Anexo C). el procedimiento usa fue el siguiente:

- Se limpió completamente la cuba para preparar la superficie.
- Se humedeció las paredes de la cuba y de la linterna de ingreso para mantener satura la superficie, previo a la aplicación del impermeabilizante.
- Se aplicó dos capas de impermeabilización con una proporción cada una de cinco partes de polvo con dos partes de agua (5x2). La aplicación del impermeabilizante fue con rodillo y sobre toda la superficie de la cuba.
- Luego de la aplicación de la primera capa se dejó un tiempo de 24 horas hasta la aplicación de la segunda capa.
- Y con la ayuda de un rodillo y brocha se empezó a colocar por todas las paredes de la cuba y las paredes de la linterna de ingreso.
- Por último, se procedió con el curando durante 3 días seguidos.

Posterior el curado y sin haber realizado la prueba de desinfección en el reservorio, se debió de llenar con agua al nivel máximo para que la reacción del impermeabilizantes con el agua sea efectiva, pero el Contratista no realizó el llenado del reservorio por el marco de los estados de emergencia impuesto por el estado a raíz de la pandemia del Covid-19. Las estructuras se quedaron sin llenar por un periodo de entre 8 meses a un año.

3.6.3 Identificación de filtraciones por el Contratista

A consecuencia de que el reservorio elevado de concreto armado estuvo durante varios meses sin contenido de agua y que el Contratista reactivó sus trabajos en la obra (al término de la emergencia sanitaria), este empezó a realizar las pruebas de impulsión desde los pozos de bombeo hacia los reservorios (acorde a los establecido en el expediente técnico de obra).

Figura 24

Llenado de cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se realizó la prueba de impulsión del pozo de bombeo hacia el reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06) y se observa el llenado de la cuba con agua. Elaboración propia.

Al realizar esta prueba de impulsión de los pozos a los reservorios, el Contratista, aprovechó en realizar pruebas hidráulicas internas para confirmar la eficiencia del impermeabilizantes en los reservorios elevados de concreto armado.

Luego de que realizaron las pruebas hidráulicas internas, el Contratista notó filtraciones de agua en la cuba.

3.6.4 Aplicación del impermeabilizante CRISTAL FLEX

El Contratista al presenciar las filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado como consecuencia de la prueba hidráulica interna, decide colocar un nuevo impermeabilizante denominado CRISTAL FLEX, el cual fue aplicado en las zonas donde se evidenció filtraciones.

Cabe resaltar que este nuevo impermeabilizante no fue aprobado por la Supervisión ni por la Entidad, y tampoco la aplicación de este fue supervisada.

La tecnología del CRISTAL FLEX es igual a la del impermeabilizante CRYSTAL CONCENTRADO, eso quiere decir que la tecnología es cristalina. Se presenta la ficha técnica de este impermeabilizante (Anexo D).

Se debe de tener en cuenta que el proceso de la prueba hidráulica interna, luego de que haya pasado un año sin agua en la cuba, y el proceso de impermeabilización con el producto impermeabilizante CRISTAL FLEX no fue de conocimiento de la Supervisión

3.6.5 Segunda prueba hidráulica para verificación de los puntos de filtraciones.

Mientras la Supervisión realizaba trabajos de campo se percató de manchas de agua en los reservorios elevados de concreto armado, exactamente en el exterior de la cuba del reservorio.

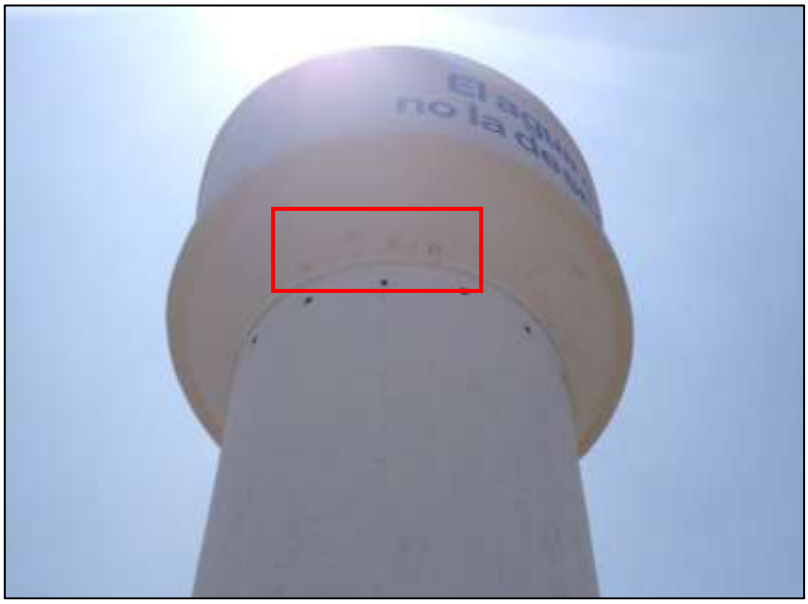
Figura 25

Puntos de filtraciones en el R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se observó puntos de filtraciones al exterior de la cuba del reservorio que están encerrada dentro de recuadro color rojo. Elaboración propia.

Figura 26

Puntos de filtraciones en el R-1 Villa del Norte (R02)



Nota. Se observó puntos de filtraciones al exterior de la cuba del reservorio que están encerrada dentro de recuadro color rojo. Elaboración propia.

Al visualizar los puntos de filtración la Supervisión solicitó las explicaciones correspondientes, lo cual derivó en la instrucción de ejecución de nuevas pruebas hidráulicas para corroborar las filtraciones vistas en campo. Como ya se describió el proceso de la prueba hidráulica realizada, demostrará los resultados obtenidos.

- Se realizó la primera medida del nivel del agua como se ve en la Figura 25.

Figura 27

Primera medida en el R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se realizó la primera medida del nivel del agua hacia la parte superior de la artesa de rebose, en la cual la medida marcada salió 51.5cm. Medida hecha en el reservorio elevado de concreto armado R-2 Programa Confraternidad. Elaboración propia.

- Luego de 24 horas se realizó la segunda medida del nivel del agua como se ve en la figura 26.

Figura 28

Segunda medida en el R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se realizó la segunda medida del nivel del agua hacia la parte superior de la artesa de rebose, en esta ocasión la medida marcó 52.3cm. Medida hecha en el reservorio elevado de concreto armado R-2 Programa Confraternidad. Elaboración propia.

- Se verificó que el nivel del agua descendió, la perdida admisible y real fueron 8mm (equivalente a la filtración aproximada de 15 litros).

La Supervisión solicitó que la cuba se mantenga con agua por 2 o 3 días para que se pueda visualizar mejor los puntos de filtraciones. A raíz de esta solicitud se evidenció con mayor facilidad los puntos de filtraciones y salieron a la luz más puntos, como se muestran en las Figuras 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33.

Figura 29

Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestran los puntos de filtraciones observados en domo inferior de la cuba del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 30

Filtraciones detectadas en los pases de tubería del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestran filtraciones en los pases de tubería del domo inferior de la cuba del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 31

Filtraciones detectadas en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestran filtraciones entre en el ingreso de la linterna y el domo inferior del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 32

Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestran los puntos de filtraciones en el fondo cónico de la cuba del reservorio elevado R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

Figura 33

Filtraciones detectadas en el domo inferior del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestran los puntos de filtraciones en el fondo cónico de la cuba del reservorio elevado R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

Figura 34

Filtraciones detectadas en el pase de tuberías del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestran filtraciones en los pases de tubería del domo inferior de la cuba del reservorio elevado R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

Figura 35

Filtraciones detectadas en la linterna de ingreso del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestran filtraciones entre en el ingreso de la linterna y el domo inferior del reservorio elevado R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

Luego de confirmar la presencia de filtraciones en el reservorio elevado de concreto armado, se decidió realizar las inspecciones visuales al interior de la cuba para poder verificar

los puntos de filtraciones, encontrándose que el impermeabilizante se estaba desprendiendo de la superficie del reservorio y en algunas zonas se formaban burbujas de agua entre el impermeabilizante y el concreto como se puede observar en las Figuras 34, 35 y 36.

Ante la evidente mala aplicación del impermeabilizante, por no realizar el llenado en el momento oportuno para la reacción del impermeabilizante aprobado y por colocar un impermeabilizante no aprobado, la Supervisión solicitó el retiro total del impermeabilizante usado y la implementación de uno nuevo.

Figura 36

Desprendimiento del impermeabilizante en el domo inferior del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra al autor verificando el desprendimiento del impermeabilizante en el domo inferior del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 37

Desprendimiento del impermeabilizante en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra el desprendimiento del impermeabilizante en la linterna de ingreso al reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 38

Burbujas de agua en las paredes de cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestra el desprendimiento del impermeabilizante y las burbujas de agua que se formaron entre el impermeabilizante y el concreto en las paredes del reservorio elevado R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

3.6.6 Trabajos de reparación a los puntos de filtraciones encontrados.

Habiendo ya verificado las filtraciones en los reservorios mediante las pruebas hidráulicas y la visualización en campo, el Contratista procedió con el retiro por completo del impermeabilizante.

Para el proceso de retiro del impermeabilízate, el Contratista, con ayuda de un removedor químico, usó herramientas manuales como la espátula para el retiro en las zonas de menor dificultad y el uso de amoladoras para las zonas más complicas; también con el fin de dejar la superficie rugosa para una mejor adherencia del impermeabilizante.

Figura 39

Removedor químico

Nota. Se muestra el removedor químico (véase ficha técnica en el Anexo I) usado para el retiro del impermeabilizante en ambos reservorios elevados de concreto armado. Tomada de CHEMA REMOVE (NC), por Chema, https://www.chema.com.pe/hogar/limpieza/chema-remove.html

Figura 40

Retiro del impermeabilizante en el R-1 Villa del Norte (R02) con herramienta manual

Nota. Se muestra a trabajador del Contratista en las labores del retiro del impermeabilizante con el uso de una herramienta manual en el R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 41

Retiro del impermeabilizante en el R-2 Programa Confraternidad (R06) con amoladora

Nota. Se muestra el uso de la amoladora en las labores del retiro del impermeabilizante como también el ambiente con partículas producto del uso de este en el R-2 Programa Confraternidad (R06). Elaboración propia.

Figura 42

Impermeabilizante desprendido del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestra el impermeabilizante retirado por el Contratista de forma manual. Elaboración propia.

Paralelamente a los trabajos de remoción del impermeabilizante, se realizó el mapeo de fisura alrededor de toda la cara interna de la cuba del reservorio, y posterior a identificar los puntos de filtraciones, el Contratista procedió con realizar los trabajos de reparación en cada punto de filtraciones detectadas.

Primero, el Contratista procedió con el picado en el recubrimiento del concreto sobre las zonas con filtraciones y fisuras detectadas, hasta exponer el acero y con la finalidad de revisar la humedad en el concreto y el nivel de daño en el acero de refuerzo como se muestran en la Figuras 41, 42 y 43.

Figura 43

Picado en el recubrimiento del concreto de la pared de la cuba del R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestra el picado realizado en el recubrimiento hasta visualizar el acero de refuerzo, se puede observar humedad en el concreto; mas no, daño en el acero. Elaboración propia.

Figura 44

Picado en el recubrimiento del concreto de la pared de la cuba del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra el picado realizado en el recubrimiento hasta visualizar el acero de refuerzo, se puede observar humedad en el concreto; mas no, daño en el acero. Elaboración propia.

Figura 45

Picado en el recubrimiento del concreto en la linterna de ingreso del R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra el picado realizado en el recubrimiento de la linterna de ingreso hasta visualizar el acero de refuerzo, se puede observar humedad en el concreto; mas no, daño en el acero. Elaboración propia.

Segundo, posterior a la verificación de las filtraciones y fisuradas detectadas; y tras corroborar que el acero de refuerzo no sufrió daño, el Contratista usó como relleno, reforzamiento y protección el aditivo PER GROUT MORTAR, aditivo ya aprobado y usado anteriormente en la obra, el cual se usa para la reparación de estructuras de concreto con fisuras, gritas o cangrejeras como lo muestran la Figura 45. Se presenta la ficha técnica del aditivo (Anexo E).

Figura 46

Vista del aditivo PER GROUT MORTAR

Nota. Se muestra el producto del aditivo PER GROUT MORTAR y el método empleado para su preparación, solo se añadió agua para la mezcla. Elaboración propia.

Figura 47

Aplicación del aditivo PER GROUT MORTAR en el R-2 Programa Confraternidad (R06)

Nota. Se muestra el uso del aditivo PER GROUT MORTAR en el acero de refuerzo entre la unión de la linterna de ingreso y el domo esférico. Elaboración propia.

Tercero, luego de la aplicación de aditivo se terminó por encofrar como se ve en la Figura 46, para poder proceder con la prueba hidráulica correspondiente se necesitó esperar al curado de la reposición del recubrimiento.

Figura 48

Encofrado del recubrimiento repuesto

Nota. Se muestra el encofrado de la reposición del concreto en las paredes del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

3.6.7 Tercera prueba hidráulica posterior a la reparación de la estructura.

Una vez terminada el proceso de reparación de la filtración se tuvo que realizarse una nueva prueba hidráulica para confirmar el adecuado proceso de reparación y la hermeticidad del reservorio elevado del concreto armado.

Para este proceso se comenzó con el llenado de la cuba a su nivel máximo; y luego de la primera medida y la segunda medida, esta luego de 24 horas de la primera, del nivel del agua se verificó que la perdida admisible y real fueron 0cm. (Figura 47, Figura 48, Anexo F y Anexo G)

Figura 49

Protocolo de prueba hidráulica en el R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra el encofrado de la reposición del concreto en las paredes del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Figura 50

Protocolo de prueba hidráulica en el R-2 Programa Confraternidad (R06)

UBICACIÓN: RESERVORIO R06 (R2 CONFRATERNIDAD- SECTOR 84A-2) - LOS OLIVOS

PLANO DE REFERENCIA:

1. DESCRIPCION:
   - Tipo: ELEVADO
   - Capacidad (m³): 1492.41 m³
   - Altura nivel de agua: +108.39 msnm
2. FECHA DE PRUEBA:
   - Inicio: 02.03.2022
   - Termino: 03.03.2022
   - Total horas de prueba: 24
3. RESULTADO:
   - Pérdida admisible (cm): 0
   - Pérdida real (cm): 0
4. REGISTRO: Cuaderno de Obra N° ..... Pág. .....
5. DESINFECCION:
6. OBSERVACIONES:

NOTA.- En el croquis indicar la cota de fondo de la estructura y la cota del nivel de agua.

CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE LOTE 1 – Ing. Cesar Corrales Carhuas – Gerente de Obra

CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE LOTE 1
ING. EDUARDO DE AUTTE GONZALEZ
RESIDENTE DE OBRAS GENERALES
Ing. / Residente
Representante del Contratista

Controlador de Prueba

V°B° Ing°. Supervisor

Nota. Se muestra el encofrado de la reposición del concreto en las paredes del reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Del mismo modo que se hizo luego de la primera prueba hidráulica, se verificó la presencia de fisuras y/o grita en el reservorio elevado de concreto armado con los ensayos de ultrasonido de pulso. El resultado de estos ensayos no señaló la presencia de fisuras y gritas en el concreto de la cuba del reservorio.

3.6.8 Aplicación del impermeabilizante PER IMPERMELASTIC 2C

A partir de no cumplir con las especificaciones técnicas que establece el fabricante del impermeabilizante **CRYSTAL CONCENTRADO** y las filtraciones presentadas, el

Contratista propuso un nuevo impermeabilizante en sustitución del anterior, el cual fue aprobado por la Supervisión y la Entidad y recomendado por el fabricante (Aditivos Especiales) por el tipo de tratamiento que tuvieron los reservorios, ya que la tecnología que usa este nuevo impermeabilizante es de sellado de poros. El impermeabilizante que se encontró conforme es el denominado PER IMPERMELASTIC 2C de la empresa Aditivos Especiales.

Según su ficha técnica, Este nuevo impermeabilizantes está elaborado a base de cemento flexible, arenas sílices, polímeros, fibras sintéticas y aditivos especiales que forman una membra que ayuda a sellar poros y fisuras. (Anexo H)

Según las fichas técnicas de los productos impermeabilizantes se puede rescatar las principales diferencias de este nuevo impermeabilizante con el anterior: (Anexo C y Anexo H)

Tabla 7

Cuadro comparativo de los impermeabilizantes.

CRYSTAL CONCENTRADO	PER IMPERMELASTIC 2C
Sistema de recubrimiento.	Sistema de recubrimiento.
Tecnología con materiales cristalinos.	Tecnología con solidos finamente divididos.
Sellado de fisuras de hasta 0.5mm.	Sellado de fisuras de hasta 0.8mm.

Nota. Se presenta cuadro comparativo con información extraída de las fichas técnicas en los Anexos C y H. Elaboración propia.

Figura 51

Impermeabilizante PER IMPERMELASTIC 2C

Nota. Se muestra del producto PER IMPERMELASTIC 2C para el uso de la impermeabilización de la cuba de los reservorios. Elaboración propia.

Dado que las pruebas hidráulicas pasaron satisfactoriamente, como lo muestran los Anexos F y G, se procedió a la aplicación del impermeabilizante de acuerdo con las instrucciones dadas por la Supervisión y en especial al asesoramiento en campo del fabricante:

- Se limpió completamente la cuba para preparar la superficie de restos de polvo y así garantizar una adecuada adherencia del producto.
- Se humedeció las paredes de la cuba y de la linterna de ingreso para mantener satura la superficie y conseguir que los poros se habrán para la penetración del producto como se observa en la Figura 50.

Figura 52

Humedecimiento de la superficie de la cuba

Nota. Se muestra al personal del Contratista rociando agua sobre las paredes de la cuba para mantener saturada la superficie en el reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

- La preparación del impermeabilizante fue mezclando los componentes A y B del producto. El procedimiento fue utilizando un balde como recipiente, donde se empezó a verter el componente B (el componente líquido) y luego de agregó lentamente el componente A (el componente seco) mientras se revolvía con una mezcladora manual como se puede observar en la Figura 51.

Figura 53

Preparación de la mezcla del impermeabilizante

Nota. Se muestra al personal del Contratista realizando la preparación del aditivo hasta obtener un color gris en la mezcla, como lo recomienda el fabricante, en el reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

- Se realizaron dos aplicaciones de impermeabilización con un intervalo de 24 horas entre ellas. Cada capa se aplicó uniformemente sobre toda la superficie de la cuba utilizando un rodillo según las instrucciones del fabricante como se observa en la Figura 52.

Figura 54

Aplicación del impermeabilizante

Nota. Se muestra al personal del Contratista realizando la aplicación del impermeabilizante en el reservorio elevado R-1 Villa del Norte (R02). Elaboración propia.

Se destaca que todo el procedimiento de impermeabilización fue acompañado por el personal técnico del fabricante para evitar los problemas previos de filtraciones en el concreto, ya que el mal empleo del impermeabilizante volvería a comprometer todo el proceso previo de rehabilitación realizado.

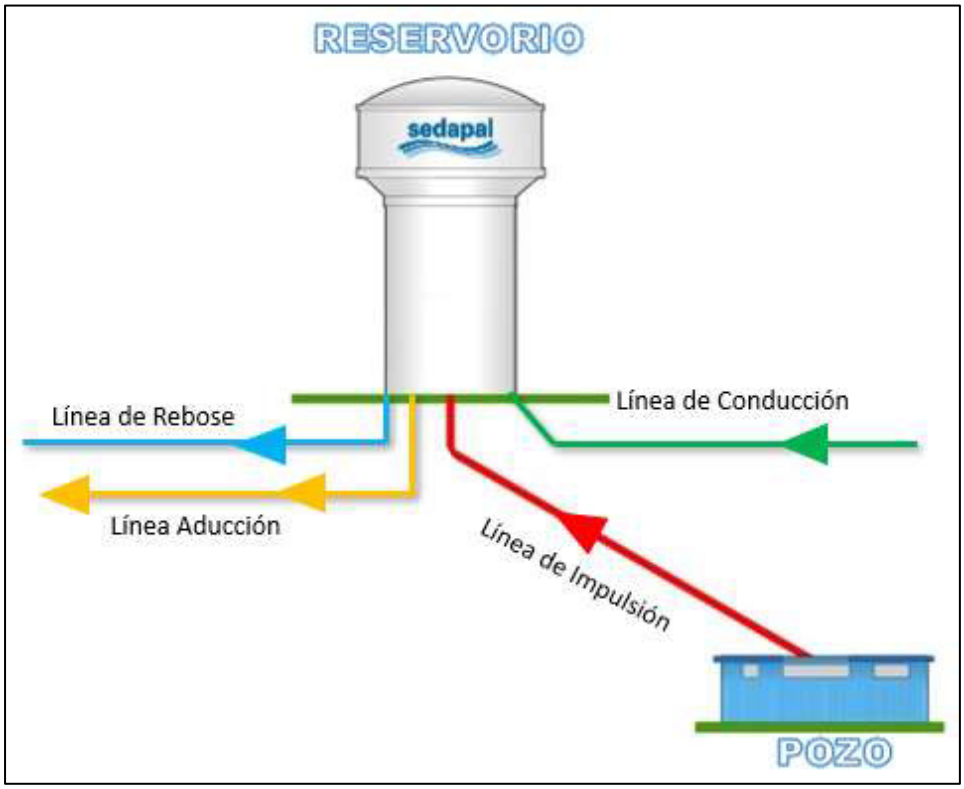
3.6.9 Curado del impermeabilizante y prueba de desinfección.

Previo al proceso de curado se debe de tener la consideración y las instrucciones del fabricante, por ese motivo se dejó secar durante cinco días para proceder con el curado de la superficie de la cuba que duró un periodo de 48 horas.

Posterior al curado, se coordina con la Entidad para realizar la prueba de desinfección que consta en el llenado de la cuba, tanto del agua de los pozos por la línea de impulsión como del agua de la red de Sedapal por las líneas de conducción y, el vertido de hipoclorito en un porcentaje de acuerdo con el volumen del agua, pasado 24 horas se certifica la prueba de desinfección y así poner en funcionamiento la estructura para la población.

Figura 55

Sistema de abastecimiento de un reservorio típico



Nota. Se muestra el abastecimiento del reservorio, que llega de la línea de conducción y la línea de impulsión, para las pruebas de desinfección. Elaboración propia.

Figura 56

Llenado de reservorio R-1 Villa del Norte (R02)

Nota. Se muestra el llenado de la cuba del reservorio elevado de concreto armado del R-1 Villa del Norte (R02) para la puesta en funcionamiento. Elaboración propia.

3.6.10 Estimación de Costos de reparación e Impermeabilización.

Posterior a los procesos de reparación y al optimo procedimiento de impermeabilización en los reservorios elevados de concreto armado se estima el sobre costos de los trabajos realmente ejecutados en comparación con los trabajos en condiciones normal, realizados por un óptimo procedimiento de impermeabilización y la realización de las pruebas hidráulicas.

Por tal motivo se toma como base el presupuesto inicial propuesto en la que se detalla los costos de prueba hidráulica e impermeabilización, acorde al impermeabilizante aprobado

por la entidad denominado “Crystal Concentrado”. Seguidamente se muestra una la tabla de los presupuestos iniciales.

Tabla 8

Presupuesto inicial reservorio R-1 Villa del Norte (R02)

Item	Partida	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Total
01	Prueba hidráulica en reservorios de concreto	m3	1580.64	s/ 29.03	s/ 45,885.98
02	Impermeabilización en reservorios de concreto (1er y 2da capa)	m2	566.81	s/ 48.40	s/ 27,433.60
				Costo directo Total	s/ 73,319.58

Tabla 9

Presupuesto inicial reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)

Item	Partida	Unidad	Metrado	Precio unitario	Total
01	Prueba hidráulica en reservorios de concreto	m3	1492.41	s/ 29.03	s/ 43,324.66
02	Impermeabilización en reservorios de concreto (1er y 2da capa)	m2	540.86	s/ 48.40	s/ 26,177.62
				Costo directo Total	s/ 69,502.29

Adiciona a ello, el Contratista aplicó a criterio propio un impermeabilizante de nominado “Cristal Flex” el cual resolvería las filtraciones detectadas, pero resultó ser todo lo contrario. Se muestra una tabla del presupuesto utilizado en la adición de este impermeabilizante el cual sumaria como sobre costo de proyecto.

Tabla 10

Presupuesto adicional del reservorio R-1 Villa del Norte (R02)

Item	Partida	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Total
02	Impermeabilización en reservorios de concreto (01 capa)	m2	566.81	S/ 17.88	S/ 10,134.56
				Costo directo Total	S/ 10,134.56

Tabla 11

Presupuesto adicional del reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)

Item	Partida	Unidad	Metrado	Precio Unitario	Total
02	Impermeabilización en reservorios de concreto (01 capa)	m2	540.86	S/ 17.88	S/ 9,670.58
				Costo directo Total	S/ 9,670.58

Por otro lado, se realiza la estimación de los costos de reparación, de las pruebas hidráulicas y de impermeabilización asumidos por el Contratista con la finalidad de subsanar el problema de las filtraciones detectadas en la rehabilitación de reservorios de concreto. A continuación, se describe en una tabla los sobre costos empleados por el contratista.

Tabla 12

Presupuesto final reservorio R-1 Villa del Norte (R02)

Item	Partida	Unidad	Cantidad	Metrado	Precio unitario	Total
01	Reparaciones dentro de cuba	m2	01	23.32	S/ 838.23	S/ 19,547.52
02	Prueba hidráulica en reservorios de concreto	m3	02	1580.64	S/ 29.03	S/ 91,771.96
03	Impermeabilización en reservorios de concreto (1er y 2da capa)	m2	01	566.81	S/ 52.92	S/ 29,995.59
					Costo directo Total	S/ 141,315.07

Tabla 13

Presupuesto final reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)

Item	Partida	Unidad	Cantidad	Metrado	Precio unitario	Total
01	Reparaciones dentro de cuba	m2	01	34.87	s/ 838.23	s/ 29,229.08
02	Prueba hidráulica en reservorios de concreto	m3	02	1492.41	s/ 29.03	s/ 86,649.32
03	Impermeabilización en reservorios de concreto (1er y 2da capa)	m2	01	540.86	s/ 52.92	s/ 28,622.31
					Costo directo Total	s/ 144,500.72

En conclusión, se muestra cuadro comparativo de los costos asumidos por el contratista en comparación con el costo presupuestado inicialmente.

Tabla 14

Presupuesto final reservorio R-1 Villa del Norte (R02)

Presupuesto inicial		Presupuesto adicional final	
Costo directo Total	S/ 73,313.92	Costo directo Total	S/ 151,449.63

Tabla 15

Presupuesto final reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06)

Presupuesto inicial		Presupuesto adicional final	
Costo directo Total	S/ 69,496.88	Costo directo Total	S/ 154,171.29

En ese sentido se demuestra que debido al incumplimiento de las especificaciones técnicas del fabricante y a la adición de un impermeabilizante no aprobado denominado CRYSTAL FLEX se originó un sobre costo en el presupuesto a consecuencia de los trabajos de reparación, la realización de nuevas pruebas hidráulicas y la impermeabilización con un nuevo producto denominado PER IMPERMELASTIC 2C. En el caso del reservorio R-1 Villa

del Norte (R02) tuvo un sobre costo total de S/ 151,449.63 y para el caso del reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06) su sobre costo fue de S/ 154,171.29.

3.7 Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos, se emplearon técnicas cuantitativas, las cuales se obtuvieron mediante las pruebas hidráulicas, el mapeo de fisuras, las pruebas de ultrasonido de pulso y documentación fotográfica y fílmica; asimismo, se desarrolló la revisión de la documentación del Proyecto y fichas técnicas del fabricante. Todas estas, a fin de evidenciar el resultado obtenido del análisis y mejora del procedimiento de impermeabilización en reservorios elevados de concreto armado.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de la Investigación

Los resultados de la investigación se obtuvieron mediante pruebas hidráulicas y los presupuestos estimados en los trabajos de impermeabilización, las cuales evidenciaron la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado y el incremento en el costo directo por los trabajos realizados.

La primera prueba hidráulica se realizó con el objetivo de verificar la correcta rehabilitación de los reservorios y la posterior aplicación del impermeabilizante. Se obtuvo un resultado positivo, ya que el nivel del agua no descendió; la pérdida admisible y real fue de 0 cm, tal como se muestra en las Figuras 19 y 20 del trabajo de investigación. Esto es reforzado con los resultados obtenidos de las pruebas de ultrasonido de pulso, en los cuales no se obtuvo lectura de fisuras y gritas.

La segunda prueba hidráulica se realizó con el objetivo de verificar la existencia de filtraciones, previamente detectadas mediante inspección visual, en los reservorios elevados de concreto armado. Como resultado, se observó que el nivel del agua descendió; la pérdida admisible y real fue de 0.6 cm, tal como se muestra en las Figuras 25 y 26 del trabajo de investigación. Además, la inspección visual realizada después de mantener la cuba del reservorio llena durante 2 o 3 días posteriores a la prueba hidráulica, reveló varios puntos de filtraciones en la cuba del reservorio, descritos en las Figuras 27 a 33 del presente trabajo de investigación.

La tercera y última prueba hidráulica se llevó a cabo con el objetivo de verificar el correcto procedimiento de reparación de las filtraciones detectadas en los reservorios elevados de concreto armado y la posterior aplicación del nuevo impermeabilizante propuesto. Se obtuvo un resultado positivo, ya que el nivel del agua no descendió; la pérdida admisible y real fue de

0 cm, tal como se muestra en las Figuras 47 y 48 y en los Anexos F y G del trabajo de investigación. Adicional a ello, mediante las pruebas de ultrasonido de pulso, también se verificó la no presencia de fisuras y grietas en el concreto de la cuba.

La estimación de costos en los trabajos de reparación e impermeabilización, se realizó con el objetivo de demostrar y verificar que al incumplir con las especificaciones técnicas del fabricante del impermeabilizante y al emplear productos no aprobados se generan sobre costos en el presupuesto de la obra, los mismos que surgieron a consecuencia de los trabajos de reparación, la realización de pruebas hidráulicas y la impermeabilización. Los sobre costos estimados en el presente trabajo de investigación fueron para el caso del reservorio R-1 Villa del Norte (R02) un sobre costo total de S/ 151,449.63 y para el caso del reservorio R-2 Programa Confraternidad (R06) un sobre costo de S/ 154,171.29, tal como se muestra en las Tablas 14 y 15 del trabajo de investigación.

El resultado más notable es que, como consecuencia del optimo procedimiento en la aplicación del impermeabilizante PER IMPERMELASTIC 2C, no se evidenció la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado. No hubo desprendimiento del impermeabilizante utilizado, tampoco fisuras en el concreto ni manchas de humedad en la cuba de los reservorios.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Discusión de los resultados obtenidos en la investigación

Como consecuencia de los resultados obtenidos en la presente investigación, se desprenden las siguientes discusiones:

El resultado de la primera prueba hidráulica y las pruebas de ultrasonido de pulso permitieron la autorización para la aplicación del impermeabilizante aprobado CRYSTAL CONCENTRADO. Sin embargo, el problema surgió entre 8 meses y 1 año después, cuando, tras las pruebas de impulsión de los pozos hacia los reservorios, se visualizaron manchas y puntos de filtraciones en el exterior de los reservorios, como se observa en las Figuras 23 y 24 de la presente investigación. Las filtraciones se presentaron debido al incumplimiento de las especificaciones técnicas del fabricante y a la adición de un impermeabilizante no aprobado denominado CRYSTAL FLEX.

El resultado de la segunda prueba hidráulica confirmó la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado, como se observa en las Figuras 27 a 33. Posteriormente, se realizaron inspecciones visuales dentro de la cuba, donde se evidenció el desprendimiento del impermeabilizante y la formación de burbujas de agua, como se muestra en las Figuras 34, 35 y 36. A raíz de la confirmación de las filtraciones, se llevaron a cabo trabajos de reparación para la aplicación del nuevo impermeabilizante aprobado PER IMPERMEABILIZANTE 2C.

Una vez obtenida la conformidad de la tercera prueba hidráulica, y los resultados positivos de las pruebas de ultrasonido de pulso, se autorizó la aplicación del nuevo impermeabilizante aprobado PER IMPERMELASTIC 2C. A diferencia de la primera aplicación del impermeabilizante CRYSTAL CONCENTRADO, este nuevo proceso de

impermeabilización se realizó con la asesoría del fabricante del aditivo. El contratista pudo llevar a cabo los procesos de preparación de la superficie, aplicación del producto y curado, según lo establecido en la ficha técnica.

El resultado obtenido de la estimación de costos en los trabajos de reparación e impermeabilización, demostró que producto de la ineficiencia en el proceso de impermeabilización y la aplicación de productos no permitidos conllevó un aumento en el costo del presupuesto de obra, estos sobre costos tuvieron que ser asumidos por el Contratista, ya que fue de su completa responsabilidad.

Por ende, el óptimo procedimiento en la aplicación del impermeabilizante para evitar la presencia de filtraciones en reservorios elevados de concreto armado hizo a la estructura en hermética y estanca, beneficiando así el servicio a la población.

VI. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones basadas en los resultados obtenidos mediante el óptimo procedimiento en la aplicación del impermeabilizante para evitar la presencia de filtraciones en la rehabilitación de reservorios elevados de concreto armado. El principal aporte es sobre conocimientos aplicables y verificables para optimizar los procesos de impermeabilización en estructuras hidráulicas de concreto armado, estableciendo un procedimiento técnico validado que reduce filtraciones, sobrecostos y fallas en estructuras.

- El procedimiento óptimo para la aplicación del impermeabilizante, con el fin de evitar la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado, se llevó a cabo siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas del fabricante, descritas en la ficha técnica del producto impermeabilizante aprobado PER IMPERMELASTIC 2C. Tiene un aporte técnico y metodológico lo que sirve como guía práctica para futuras obras similares.
- La inspección visual, el mapeo de fisuras, la ejecución de las pruebas de ultrasonido de pulso y la realización de pruebas hidráulicas fueron fundamentales para identificar la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado. Tiene un aporte metodológico que establece un método de control de calidad no destructivo previo y posterior a la impermeabilización.
- Las principales causas de la presencia de filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado fueron dos. La primera fue que el contratista, al impermeabilizar el interior de la cuba, no cumplió con las especificaciones técnicas descritas por el fabricante. La segunda fue el uso de un impermeabilizante no aprobado, denominado CRYSTAL FLEX. Tiene un aporte de diagnóstico y preventivo que ofrece criterios para evitar errores en futuras ejecuciones de obra.

- El procedimiento de reparación de las filtraciones en los reservorios elevados de concreto armado, que incluyó el retiro total del impermeabilizante y la verificación del daño estructural en los puntos de filtración mediante mapeo de fisuras y las pruebas de ultrasonido de pulso, permitió que las pruebas hidráulicas se superaran satisfactoriamente, sin presencia de filtraciones. Tiene un aporte técnico y práctico que demuestra la efectividad del proceso propuesto en campo.
- La estimación de costos en los trabajos de reparación e impermeabilización evidencia que el incumplimiento de las especificaciones técnicas del fabricante, así como la utilización de productos no aprobados, generó sobrecostos significativos que impactaron directamente en el presupuesto de la obra. Esta situación resalta la importancia de seguir los lineamientos técnicos establecidos para evitar desviaciones económicas y asegurar la calidad del proyecto. Tiene un aporte económico y de gestión que promueve la importancia del control técnico y financiero en proyectos de construcción.

La presente investigación constituye un aporte relevante al ámbito académico de la ingeniería civil, al desarrollar y validar un procedimiento técnico óptimo para la aplicación de impermeabilizantes en reservorios elevados de concreto armado. Este procedimiento, sustentado en criterios científicos y en la verificación empírica de su efectividad, amplía el conocimiento existente sobre la rehabilitación de estructuras hidráulicas, aportando fundamentos metodológicos que pueden ser utilizados como referencia en la enseñanza, la investigación y la práctica profesional. En el contexto de los proyectos de saneamiento, los resultados obtenidos ofrecen una herramienta técnica de aplicación directa que contribuye a mejorar los procesos constructivos y de mantenimiento, garantizando la integridad estructural, la funcionalidad hidráulica y la eficiencia económica de las obras. En conjunto, este estudio fortalece la gestión técnica y la toma de decisiones en proyectos de infraestructura hidráulica,

promoviendo una cultura de cumplimiento de especificaciones, control de calidad y sostenibilidad en la ejecución de obras civiles.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere aplicar la propuesta de procedimiento óptimo de impermeabilización de los reservorios elevados de concreto armado, siguiendo las especificaciones técnicas del producto impermeabilizante, esto evitará la aparición de fisuras y filtraciones en la estructura. Esto permitirá omitir los procedimientos de reparación, nuevas pruebas hidráulicas y un nuevo proceso de impermeabilización.
- Realizar pruebas hidráulicas en los reservorios elevados de concreto armado es esencial para corroborar la hermeticidad y estanqueidad de la estructura. Estas pruebas permiten verificar la pérdida del nivel del agua, así como la presencia de filtraciones y fisuras en la estructura.
- Se recomienda utilizar el producto impermeabilizante aprobado por la Supervisión y la Entidad, ya que esto es fundamental para asegurar un proceso de impermeabilización óptimo y evitar problemas que puedan incrementar los costos y retrasar el plazo de entrega del proyecto.
- La aplicación del impermeabilizante debe ser realizada por personal capacitado y bajo la supervisión técnica permanente, verificando el cumplimiento de los tiempos de curado y proporciones de mezcla.
- Ante la presencia de filtraciones, se recomienda ejecutar un procedimiento de reparación que incluya la remoción total del impermeabilizante defectuoso, la evaluación del daño estructural y la aplicación de un nuevo sistema impermeabilizante bajo condiciones controladas. Estas acciones permitirán alcanzar la hermeticidad esperada en los reservorios elevados de concreto armado.
- Se recomienda cumplir con las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes y utilizar únicamente productos aprobados por la Entidad. Esta medida no solo

garantiza la calidad y durabilidad de la obra, sino que también previene sobrecostos innecesarios, optimizando el uso del presupuesto.

- Finalmente, se sugiere fomentar la capacitación continua del personal encargado de los trabajos de impermeabilización, con el fin de mantener actualizados los conocimientos sobre nuevos productos, tecnologías y procedimientos constructivos que mejoren la calidad de las obras hidráulicas.

VIII. REFERENCIAS

Acuña, E. y Ambicho, M. (20125). *Mejora de la impermeabilización superficial en reservorios de agua potable en obras de Sedapal en Lima mediante tecnología de cristalización o*. [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/685584

Barreda, W. y Cahuata, F. (2018). *Evaluación de la permeabilidad del concreto utilizando aditivos impermeabilizantes por cristalización aplicado a estructuras hidráulicas de concreto armado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional UNSA. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/1d13099f-a493-4fe6-a313-0f753e6436e4

Bongiovanni, M. y Anze, R. (2021). *Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el Valle Bonaerense del Río Colorado*. Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). https://www.adaptation-fund.org/wp-content/uploads/2021/04/guia_reservorios.pdf

Bornand, J. (2012). *Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos pórtland puzolánicos.* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112264

Chema. *CHEMA REMOVE (NC).* https://www.chema.com.pe/hogar/limpieza/chema-remove.html

Chávez, D. y Lázaro, A. (2022). *Aplicación de Sikalastic - 1K para la impermeabilización del tanque de tratamiento de aguas residuales ubicado en el Caserío Laurel, distrito Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martin de Porres]. Repositorio Académico de la Universidad de San Martin de Porres. https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/11166

Coila, N. y Loayza, J. (2015). *Influencia de la relación agua cemento y el agregado fino en la retracción y/o contracción para concretos en Arequipa.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional de la UNSA. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3300

Consorcio Consultor Las Torres (2022). *ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DEFINITIVO Y EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: REPARACIÓN DE RESERVORIO; EN EL (LA) R-256 Y R-257 UBICADOS EN LAS TORRES DE LIMATAMBO EN EL DISTRITO DE SAN BORJA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA.*

Consorcio Ingeniería LN II (2015). *Estudios Definitivos a nivel de construcción, para las obras de sectorización, rehabilitación y catastros de redes de agua potable y alcantarillado, preparación de Expediente Técnico – LIMA NORTE II.* N° de Convenio de Préstamo: PE-P42. Proyecto "Optimización De Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima" – LOTE 1

Contraloría General de la República. (2025). *Estado situacional de la obra: "Mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado del C.P. Huanaco, distrito de Santiago – Ica – Ica"* (Informe de Visita de Control N° 012-2025-OCI/0406-SVC).

https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/1219075-ica-filtraciones-de-agua-ponen-en-riesgo-vida-util-de-obra-de-saneamiento-en-localidad-de-huanaco

Del Rosal, J. (2017). Durabilidad del Concreto: Conceptos y Sustentabilidad. *Construcción y Tecnología en Concreto,* *6*(12), 16-21. https://www.imcyc.com/revistacyt/MARZO%202017/MARZO17.pdf

Espinoza, A. (2016). *Caracterización técnica económica para la implementación de impermeabilizantes naturales en vivienda de autoconstrucción, popular y de interés social.* [Tesis de postgrado, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Red de Repositorio Latinoamericanos. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/7533275

Giaretton-Cappellesso, V., Dos Santos-Petry, N., Coitinho-Dal Molin, D. y Borges-Masuero. A. (2016). Use of crystalline waterproofing to reduce capillary porosity in concrete. *J Build Rehabil, 1(9).* https://link.springer.com/article/10.1007/s41024-016-0012-7

Gojevic, A., Ducman, V., Netinger-Grubesa, I., Baricevic, A. y Banjad-Pecur, I. (2021). The Effect of CrystallineWaterproofing Admixtures on the Self-Healing and Permeability of Concrete. *Material, 14(8).* https://www.mdpi.com/1996-1944/14/8/1860

Gómez, J. y Palacios, E. (2011). *Principales causas y posibles soluciones de las reclamaciones a nivel patológico en sistemas de edificaciones aporticadas.* [Tesis de postgrado, Universidad de Medellín]. Repositorio Institucional Universidad de Medellín. https://repository.udem.edu.co/handle/11407/1113

Gonzales, N. (2020). *Factores que inciden en una adecuada impermeabilización del concreto.* [Tesis de pregrado, Escuela Colombina de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Escuela Colombina de Ingeniería Julio Garavito. https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1344/Gonzalez%20Barrera

%20Nicolas-2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y#:~:text=Condensaci%C3%B3n%2C%20falta%20de%20ventilaci%C3%B3n%20y%20acumulaci%C3%B3n%20de%20hongos

Hermida, G. (2009). *Sika Informaciones Técnicas: Concreto Impermeable*. Perú. Sika Latam. https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2a4c9422-120b-358c-9436-9672bf915150/BROCHURE%20CONCRETO%20IMPERMEABLE%20LATAM.pdf

Hermida, G. (2013). Concreto de baja Permeabilidad, algo más que disminuir A/C. *Presupuesto & Construcción, 56*(1), 8-12.

Huisa, J. (2017). *Formulación de una guía de diseño para mejorar la respuesta sísmica en reservorios de concreto armado para almacenamiento de agua.* [Tesis de postgrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada de Tacna. https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/622

Okere C., Nwankwo E., Arinze, B. y Osukalu E. (2017). Waterproof Concrete Additives and Their Effects on Concrete Properties. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 4*(7), 7621-7623. https://www.researchgate.net/publication/350123599_Waterproof_Concrete_Additives_and_Their_Effects_on_Concrete_Properties

Menesby, E. (2015). *Costos y Presupuestos.* Universidad Peruana Los Andes.

Narváez, L. y Valero, J. (2018). *Análisis de construcción y sistemas de impermeabilización de cubiertas en el laboratorio nacional de la dirección de impuestos y aduanas nacionales*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia - RIUCaC. http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3340

Resolución de Gerencia General N°0501-2010-GG. Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao. (20 de marzo de 2010). https://ww2.sedapal.com.pe/storage/objects/reglamento-de-elaboracion-de-proyectos-2010.pdf

Rivva, E. (2006). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM). https://www.yumpu.com/es/document/view/19438058/durabilidad-y-patologia-del-concreto-enrique-asocem

Min Joung, Y. (2008). *Evaluation and Optimization of Pervious Concrete with Respect to Permeability and Clogging, 2008.* [Tesis de Maestría, Texas A&M University]. Repositorio de Texas A&M University. https://core.ac.uk/download/pdf/4278309.pdf

Muñoz, F. y Mendoza, C. (2012). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo, 4(1),* 63-86. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112012000200004

Salsabeel, P., Kumar, I., Tiwari, A. y Srivastava, V. (2018). Effect of Waterproofing Systems and Materials on the Environment. *Journal of Environmental Nanotechnology, 7(4),* 40-45. https://nanoient.org/upload/pdf/ENT184326.pdf

Sierra, I. (2005). *Diagnóstico, evaluación y modelo de rehabilitación de estructuras en concreto sometidas a carbonatación y corrosión.* [Tesis de postgrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Séneca.

https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/af3e3941-4e8e-4679-86c7-d8f361da7678

Simba, E. (2007). *La Impermeabilización en construcciones nuevas y existentes.* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1310

Ślusarek, J. (2007). Surface waterproof protection of concrete structures. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities,10(4).* http://www.ejpau.media.pl/articles/volume10/issue4/art-26.pdf

Xypex. *Productos de Impermeabilización de hormigón por Cristalización*. https://www.xypex.com/about/crystalline-technology/

ANEXOS

Anexo A. Matriz de Consistencia

	PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	METODOLOGIA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
GENERAL	Presencia de filtraciones en la rehabilitación de reservorios de concreto armado	Describir el procedimiento óptimo para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios de concreto armado.	Procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes	Prueba hidráulica para corroborar impermeabilización	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)	La aplicación de impermeabilizantes tiene como objetivo impedir el paso del agua, cerrando los poros de la superficie y así proteger las estructuras. (Giaretton at al., 2016)	Optimizar el procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios de concreto armado.	Mediante las pruebas hidráulicas se verificará la adecuada implementación del impermeabilizante	La presente investigación reúne las condiciones de una investigación de enfoque cuantitativa, toda vez que se busca probar las hipótesis realizadas a consecuencia de los problemas detectados en los trabajos de impermeabilización en la rehabilitación de reservorios de concreto armado. Se debe de mencionar que el trabajo es del tipo descriptivo, explicativo, no experimental y correlacional, en razón, que se busca describir el proceso del seguimiento que se le dio a la reparación de los muros en los que se presentan filtraciones, explicar el problema configurado en la realización de las pruebas hidráulicas, analizar la causa de las filtraciones detectadas y escoger un óptimo proceso de reparación e impermeabilización para prevenir un incremento excesivo en los costos del proyecto..
ESPECIFICO 1	¿Cómo identificar la presencia de filtraciones en los reservorios de concreto armado?	Detectar las filtraciones mediante pruebas hidráulicas en reservorios de concreto armado	Presencia de filtraciones en reservorios	Prueba hidráulica para detectar filtraciones	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)	Las filtraciones son una patología que ocurre cuando el agua ingresa a la estructura mediante fisuras o gritas. (Gonzáles, 2020)	Mediante las pruebas hidráulicas en los reservorios de concreto armado se podrá detectar la presencia de filtraciones.	Mediante pruebas hidráulicas se detectará la presencia de filtraciones	
ESPECIFICO 2	Conocer la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios de concreto armado	Explicar la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios de concreto armado.	Causa y proceso de reparacion	Desprendimiento del impermeabilizante, desgaste de concreto, corrosión del acero	Verificación visual, fotográfica y fílmica al interior del reservorio	La reparación de estructuras consiste en eliminar el material dañado y reemplazarlo con nuevos materiales sanos para prevenir futuros daños causados por agentes agresivos. (Sierra, 2005)	Explicar la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios.	Se describirá el proceso de reparación en los muros de los reservorios rehabilitados, así como también el óptimo procedimiento en la aplicación del impermeabilizante	
ESPECIFICO 3	El incremento del costo por los procesos de reparación e impermeabilización	Emplear el óptimo proceso de reparación e impermeabilización para evitar un excesivo incremento en el costo	Costo de reparación e impermeabilización	Número de pruebas hidráulicas, impermeabilizante por m2	Costo sobre las pruebas hidráulicas y el impermeabilizante (Soles)	El costo se entiende como la valoración en dinero de los recursos empleados para alcanzar un determinado fin u objetivo. (Menesby, 2015)	Los costos de reparación e impermeabilización se cuantificarán de acuerdo al óptimo proceso de reparación e impermeabilización.	Estimar el costo de reparación e impermeabilización a raíz de las filtraciones detectadas en reservorios de concreto armado	

Anexo B. Operacionalización de Variables

	OBJETIVO	VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIÓN
GENERAL	Describir el procedimiento óptimo para la aplicación de impermeabilizantes en la rehabilitación de reservorios de concreto armado.	Procedimiento para la aplicación de impermeabilizantes	Prueba hidráulica para corroborar impermeabilización	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)
ESPECIFICO 1	Detectar las filtraciones mediante pruebas hidráulicas en reservorios de concreto armado	Presencia de filtraciones en reservorios	Prueba hidráulica para detectar filtraciones	Pérdida admisible y real del nivel del agua (cm)
ESPECIFICO 2	Explicar la causa y el proceso de reparación de los muros en los que se presentan filtraciones en reservorios de concreto armado.	Causa y proceso de reparación	Desprendimiento del impermeabilizante, desgaste de concreto, corrosión del acero	Verificación visual, fotográfica y fílmica al interior del reservorio
ESPECIFICO 3	Emplear el óptimo proceso de reparación e impermeabilización para evitar un excesivo incremento en el costo	Costo de reparación e impermeabilización	Número de pruebas hidráulicas, impermeabilizante por m2	Costo sobre las pruebas hidráulicas y el impermeabilizante (Soles)

Anexo C. Ficha Técnica CRYSTAL CONCENTRADO

CRYSTAL CONCENTRADO

CRYSTAL® Waterproofing Concrete

FICHA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN

Crystal Concentrado es un tratamiento químico, diseñado para impermeabilizar y proteger el hormigón de la penetración del agua. Es el producto químicamente más activo de la gama de Crystal.

Asimismo, el producto te proporciona una solución impermeabilizante permanente. La tecnología cristalina de Crystal, trabaja dentro del substrato del hormigón o cemento y la humedad. Por ello, la reacción que se produce al aplicar el producto es la formación de millones de cristales con forma de aguja dentro de los poros y capilares del hormigón, parando de manera inmediata y eficaz la penetración del agua. Dada la naturaleza catálica de la teconología Crystal, si el agua presenta en el futuro, el proceso se reactivará deteniendo toda penetración de agua. Por lo tanto, es una solución definitiva.

VENTAJAS

- Impermeabilización total y permanente.
- Detiene las filtraciones de agua en el hormigón
- Sella e impermeabiliza fisuras de hasta 0.5 mm
- Protege a las armaduras contra la corrosión
- La protección impermeable se incrementa con el tiempo
- Excelente penetración dentro de la masa de hormigón
- No le afecta el desgaste o abrasión superficial
- Excelente resistencia a la presión hidrostática
- Impermeabiliza tanto a presión positiva como negativa
- Permeable al vapor de agua
- Resistente a los ciclos hielo-deshielo
- Apto para su uso en contacto con agua potable
- No requiere de una superficie seca
- Permite que respire el concreto
- No contiene compuestos orgánicos volátiles (UC05)

PRESENTACIÓN

Crystal Concentrado se suministra en baldes o sacos de 25kg.

RECOMENDADO PARA

- Reservorios
- Plantas de tratamientos de agua potable y residual
- Estructuras subterráneas
- Cisternas AP y ACI
- Cajas de ascensor
- Estructuras para estacionamientos
- Piscinas
- Jardines y jardineras
- Estructuras secundarias de contención
- Túneles y sistemas de metro
- Garajes y parking
- Cimentaciones
- Alcantarillados
- Estructuras marinas
- Cubiertas de puentes
- Muros y losas de hormigón

APLICACIÓN

Los hormigones a tratar deben estar limpios y con el poro abierto. Eliminar lechadas, partes sueltas o disgregadas, polvo, suciedad, grasas desencofrantes, pinturas, etc. La superficie de hormigón a tratar deberán ser saturadas con agua antes de la aplicación.

Mezcla para lechada:
Mezclar Crystal Concentrado en polvo con agua limpia hasta obtener una consistencia cremosa en las siguientes proporciones.

Para aplicación con brocha:
• 0.65 -0.8 kg/m² (1.25 - 1.5 lbs./yd2)
5 partes de polvo por 2 partes de agua.
• 1.0 kg/m² (2.0 lbs./yd2)
3 partes de polvo por 1 parte de agua.

Para aplicación por aspersión:
0.65 - 0.8 kg/m² (1.25 - 1.5 lbs./yd2)
5 partes de polvo por 3 partes de agua (la proporción puede variar según el equipo)

No mezclar más material de Crystal Concentrado del que se pueda aplicar en 20 minutos. A medida que la mezcla espese revolver ligeramente hasta que esta se mantenga fluida, pero sin agregar agua.

CURADO

Para el curado de tratamiento de Crystal Concentrado se debe rociar ligeramente la superficie con agua limpiar, el curado debe comenzar tan pronto fragüe la mezcla en condiciones normales. Se debe curar tres veces al día por dos o tres días.

Nota: Para estructuras de concreto que almacenan o contengan líquidos (represas, cisternas, reservorios) dejar que fragüe durante 48 horas antes del llenado de agua dentro de la estructura.

RENDIMIENTO

Condiciones normales de superficie, el rendimiento por cada capa es:
• 0.65 a 0.8 kg/m² aplicado en dos capas.

DATOS TÉCNICOS

Color	Gris
Textura	Polvo
Densidad de la mezcla	1.2 g/ cm³
pH (disolución acuosa)	13
Resistencia a comprensión	34.5 N/mm² (Clase R3: ≥ 25MPa)
Adhesión por tracción directa	2.82 MPa (Clase R4: ≥ 2.0MPa)
Curado inicial a 25˚C	60 minutos
Profundidad de penetración (impregnación)	≥ 5mm
Relación de mezcla (lechada)	5:2 (En volumen)
Absorción capilar y permeabilidad al agua	W < 0.1 kg/(m²x h0.5)

ALMACENAMIENTO

• Proteger el producto de la radiación solar y de temperaturas extrema.
•En climas tropicales el producto debe almacenarse en un lugar fresco.
• En climas fríos el producto debe almacenarse a una temperatura > 5˚C.
•Tiene una duración de 24 meses si se almacena correctamente.

POTABILIDAD

Producto apto para el conacto con el agua potable según:

UNE-EN 14944-3:2008
LABAQUA
BS 6920: 2000
Informe no: MAT/LAB 593H, NSF-WRc Ltd.

SEGURIDAD Y SALUD

- Crystal Concentrado utiliza una base de cemento. Por lo tanto, puede causar irritación en la piel y ojos.
- Use ropa adecuada y protección para los ojos.
- Porfavor remitanse a la hoja de seguridad del fabricante para información.

GARANTÍA

La empresa Crystal garantiza la calidad de sus productos. En caso alguno de los productos presente defectos de manufactura, nuestra responsabilidad se limitará a la reposición del mismo. El usuario será responsable de determinar la aptitud del producto y su aplicación para el uso deseado

CE

Krystaline Technology, S.A.
C/ Alfred Nobel 18
03203 Elche (Alicante)

17

1170/CPR/ER.03608

CRYSTAL CONCENTRADO
Principio 1 (PI): Protección contra la penetración
Método 1.2 impregnación (I)

EN 1504-2
PRODUCTOS PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
Sistemas de protección superficial para el hormigón
Tablas 1 y 4 Impregnación

Características esenciales	**Valores declarados**
Permeabilidad al vapor de agua (cuando proceda)	NPD*
Absorción capilar y permeabilidad al agua	W < 0,1 kg/(m2 x $h^{0,5}$
Resistencia química (cuando proceda)	NPD*
Compatibilidad térmica (cuando proceda)	NPD*
Adhesión mediante el ensayo de arrancamiento (cuando proceda)	NPD*
Reacción al fuego	Clase A1
Resistencia al derrape (cuando proceda)	NPD*
Profundidad de penetración	≥5 mm
Sustancias peligrosas	NPD*

* NPD. Prestación No Determinada (No Performance Determined)

Representante Exclusivo en Perú UNO CRYSTAL PERÚ SAC

Mz. D Lote 24 Villas de Oquendo - Callao
Telf: (+51) 981223510 - plamadrid@crystal-peru.com / info@crystal-peru.com
www.crystal-peru.com

Anexo D. Ficha Técnica CRYSTAL FLEX

CRYSTAL
Waterproofing Concrete
FLEX

DESCRIPCIÓN

Mortero predosificado de dos componentes, de excelente impermeabilidad, adherencia y flexibilidad. A base de polímeros modificados y cemento.

CAMPO DE APLICACION

Impermeabilizante de estanques, canaletas, piscinas, en general, cualquier tipo de receptáculo con agua permanente.
Impermeabilizante de fundaciones, pisos y muros de baños, Cocinas, jardines, lavaderos, terrazas, balcones, subterráneos. En general, cualquier tipo de superficie expuesta a humedad.
Impermeabilizante de fundaciones en general y de muros enterrados.

PROPIEDADES

- Resiste presión positiva y negativa de agua como por ejemplo estanques contenedores
de agua y/o subterráneos.
- Resistencia al ciclo de hielo y deshielo.
- No es tóxico inflamable ni corrosivo.
- Resistente a los rayos UV.
- Resistente y flexible a bajas temperaturas.
- Permeable al Vapor de agua.
- Producto apto para permanecer en contacto con el agua potable.
- Puede revestirse con elementos decorativos, tales como látex, cerámicas, estucos especiales u otros.
- Producto libre de compuestos orgánicos volátiles (VOC).

NORMAS

- NCh 409/1 OF 2005 (Potabilidad).
- NCh 2262 OF 87 (Impermeabilidad)
- Procedimiento "Permeámetro Amsler". Determinación de Presión positiva y negativa bajo el agua.

DATOS BÁSICOS

COLOR Blanco.
UNIDAD DE SUMINISTRO
- Kit de 35 Kg aprox.

FLEX

Representante Exclusivo en Perú Uno Crystal Perú SAC
Mz. D Lote 24 Villas de Oquendo - Callao
*Telf. 250-3745 / 98122*3510*
plamadrid@crystal-peru.com
info@crystal-peru.com

INSTRUCCIONES DE LA APLICACIÓN

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Las superficies de hormigón deben encontrarse estructuralmente sanas, limpias, exentas de polvo, partes sueltas o mal adheridas, libres de grasa, aceite o cualquier otro contaminante. Las áreas con más de 3,2 mm de espesor deberán prepararse antes de que se aplique Crystal Flex. La superficie previa a la aplicación, debe encontrarse húmeda sin agua libre (S.S.S.). En caso de necesidad de reparación de la superficie contactarse con el departamento técnico de Uno Crystal S.A.C. para información de producto de apropiado.

INSTRUCCIONES DE MEZCLADO

En un recipiente limpio se debe colocar el componente acrílico (parte B), a continuación agregar lentamente el componente polvo (parte A) de Crystal Flex. Puede utilizar un revolvedor mecánico como taladro u otro. El producto viene listo para mezclarse en sus dosis exactas, por lo que no se debe incorporar agua.

METODO DE APLICACIÓN

Aplicar Crystal Flex con brocha de cerdas duras o rodillo, depositando el producto sobre el sustrato, sellando toda la porosidad existente. El revestimiento se forma al cabo de 2 horas a 20°C y con un 60% de humedad.
Pasado 24 horas de la primera capa, se da una segunda capa cambiando el sentido de aplicación. En la etapa de terminación puede usarse brocha rodillo, llana o rastra de goma. El tiempo disponible para la aplicación de Crystal flex es de aproximadamente 30 minutos a 20°C desde el momento del mezclado.

CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN

- La aplicación adecuada es responsabilidad del usuario. Las visitas a terreno de los técnicos de Crystal no son para supervisar, son sólo para recomendar técnicamente la instalación.
- Las indicaciones están basadas en ensayos que consideramos seguros y son correctas en base a nuestra experiencia. No obstante, no pudiendo controlar su aplicación, no nos responsabilizamos por daños o pérdidas por el uso inadecuado de los productos.
- Crystal Flex no se debe aplicar como pintura.
- Se debe aplicar Crystal flex en espesores no superiores 2 mm. en una sola capa.
- Se debe evitar el exceso de material en cantos y aristas.
- Se debe aplicar sobre superficies saturadas con agua superficialmente secas (S.S.S).
- No se debe aplicar el producto con temperaturas bajo 8°C, o si hay riesgo de heladas, antes del secado completo. Tampoco con temperaturas superiores a 30°C.
- Después de 7 días de aplicada la última capa, momento en que termina completamente la polimerización, puede ser sometida a pruebas de agua.

CONSUMO

En estanques contenedores de agua.
- Con presión menor a un metro de columna de agua hasta 1,5 Kg/m^2 por capa.
- Con presión mayor a un metro de columna de agua hasta 2,0 Kg/m^2 por capa.

Para el resto de aplicaciones
- 1.0 Kg/m^2 a 1.2 Kg/m^2 por capa.

Todos los consumos informados dependerán de la porosidad del sustrato.

ANTECEDENTES TECNICOS

Densidad aparente parte A	1.40 [Kg/L] . +/- 0.02
Densidad parte B	1.02 [Kg/L] +/- 0.02
Espesor de capa	Min= 1 mm ; Máx.= 2 mm
Grado de Resistencia Hidráulica	>9 (referencia 6 a 9 mm)
T° Mínima de aplicación	5° C
T° Máxima de aplicación	30° C

Los datos que se muestran reflejan los resultados basados en pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas, pudiendo presentarse variaciones por condiciones atmosféricas y propias del lugar de trabajo.

ALMACENAMIENTO

- Se debe apilar sobre un entramado de madera evitando el contacto directo con el suelo.
- Almacenar en su envase original y bajo techo. Bajo estas condiciones el producto dura 12 meses a partir de la fecha de fabricación.
- Se recomienda utilizar en su totalida.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIÓN DE MANIPULACION DEL PRODUCTO.

Resguárdese utilizando guantes de goma natural o sintética, anteojos de seguridad y mascarillas.

Evite el contacto directo con ojos, piel y vías respiratorias. En caso de contacto con los ojos lavar inmediatamente con abundante agua. En caso de emergencia diríjase al centro de salud más cercano. Para mayor información consultar Hoja de Seguridad.

MEDIO AMBIENTE

No colocar el producto directamente a cursos de agua, sino conforme a las regulaciones locales.

CRYSTAL
Waterproofing Concrete
FLEX

OBSERVACIONES

Toda información y recomendación contenida en esta ficha, acerca de la aplicación y uso de los productos UNO CRYSTAL PERU SAC se otorgan bajo el conocimiento y experiencia actual de los productos cuando se han almacenado, manipulado y aplicado, bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de UNO CRYSTAL PERU SAC.

En la práctica las diferencias de materiales, sustratos y condiciones reales del sitio
de su aplicación son tales que ninguna garantía está en relación a un propósito en particular, así como tampoco ninguna relación legal puede ser inferida de esta información, recomendaciones u otras sugerenciasencias ofrecidas.

El usuario debe probar el funcionamiento del producto en terreno para la aplicación y el propósito propuesto.

UNO CRYSTAL PERU SAC se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos.

Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega.

Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la ficha técnica local del producto correspondiente, copias que se encuentran disponibles en www.crystal-peru.com

FLEX

Anexo E. Ficha Técnica PER GROUT MORTAR

Hoja Técnica
Edición 04, 20-03-23 JPARODI
ADITIVOS ESPECIALES S.A.C.

PER GROUT MORTAR

Mortero sin contracción, de alta resistencia, con agregado mineral especial para reparaciones de concreto estructurales.

Aditivos Especiales
Fabricante de Aditivos para la Construcción

DATOS TECNICOS
APARIENCIA: Polvo Cementicio

NORMAS:
ASTM C-1107-02, grados A, B y C.
ASTM C 827 prueba de expansión.
RNE. Reglamento Nacional de Edificaciones
ASTM C270. Mortero para unidades de albañilería
IRAM 1572: Hidrófugos de masa para morteros de cemento portland.
NTP 334.009 Norma Técnica Peruana, Cementos Portland.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:
01 día : ≥ 354 Kg/cm2
07 días : ≥ 402 Kg/cm2
14 días : ≥ 476 Kg/cm2
28 días : ≥ 510 Kg/cm2
Solicitar certificado de laboratorio de ensayo de materiales de SENCICO.

USGBC VALORACIÓN LEED
PER GROUT MORTAR cumple con los requerimientos LEED.
LEED CI 2009 IEQc 4.1 Low-Emitting Materials – Adhesives and Sealants y Green Seal Standard for commercial Adhesives GS-36 – (SCAQMD Rule #1168.)
Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)

PRODUCTO NO CONTROLADO POR SUNAT

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
PER GROUT MORTAR es un mortero hidráulico tixotropico pre dosificado base cementicia, fibras sintéticas, microsilice, de alta resistencia y sin contracciones, con agregados minerales de granulometría controlada, aditivos de última generación sin cloruros y componentes metálicos.
Ha sido diseñado especialmente para reparación de estructuras de concreto como cangrejeras en placas y estructuras que requieren de altas resistencias mecánicas.
Es un mortero de granulometría fina de 0 a 1 mm, especial para espesores menor igual a 25 mm.
El espesor mínimo de aplicación es de 5 mm.
Se utiliza solo agregando agua (el porcentaje de agua varía según la consistencia requerida).

USO
- Especialmente diseñado para aplicaciones que requieran un mortero grout de alta resistencia sin contracción para lograr una máxima superficie de contacto para una óptima transferencia de altas cargas.
- Para reparar estructuras de concreto como cangrejeras, vacíos o rellenar los huecos de los encofrados.
- Reconstrucción de concreto en aplicaciones verticales, horizontales y Techos (Sobre cabeza sin escurrir)
- Reparación estructural en vigas, losas, cisternas, muros, pavimentos, túneles, puentes, canales, plantas de tratamiento de agua y concreto en general.

VENTAJAS
- Viene listo para aplicar, bastando solo agregar agua para obtener la mezcla optima, tiene propiedades tixotropicas y buena trabajabilidad.
- Extenso tiempo para trabajar la mezcla, lo que asegura un tiempo suficiente de colocación.
- Alta resistencia para alcanzar un máximo soporte de cargas a corto tiempo.
- Puede mezclarse y obtener varias consistencias asegurando una adecuada colocación en distintos usos.
- Endurece sin contracción, exudación o segregación.
- Gracias al agregado mineral de alta calidad obtenemos altas resistencias y trabajabilidad.
- Es resistente a los sulfatos, aguas residuales, etc.
- Rápida puesta en servicio.
- Los aditivos que contiene están libres de cloruros que puedan contribuir a la corrosión de la estructura.
- Tiene alto desempeño en bajas y altas temperaturas.
- Módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica similar al concreto.
- Alta resistencia a comprensión, flexión, tracción y desgaste.

TIEMPO DE VIDA-ALMACENAMIENTO
Los envases sellados de este producto se garantizan durante 9 meses si se mantiene bajo techo y en un lugar fresco.
En caso el producto este vencido consultar al fabricante para la revisión y aceptación de su uso.

RENDIMIENTO Y CONSUMO
Rinde aproximadamente PER GROUT MORTAR 1.1 metros cuadrados a 1.5 cm de espesor por bolsa de 30 kilos.
Agregar agua hasta obtener la trabajabilidad necesaria para el uso deseado. En caso quede muy suelto agregue más cantidad de PER GROUT MORTAR.

ENVASES
Sacos de 30 kilos

www.aditivosespeciales.com.pe

ventas@aditivosespeciales.com.pe

PER GROUT MORTAR

www.aditivosespeciales.com.pe

LIMITACIONES

Antes de utilizar hay que estar bien informados sobre el producto.
Requiere curados mínimos por 3 días manteniendo húmeda la reparación.
Puede usarse también curadores químicos para favorecer el proceso de curado
No agregue químicos fluidificantes.
No aplique en temperaturas donde el producto pueda congelarse antes de su secado.
En tiempo o zonas de calor proteger del sol directo y del viento.

PRECACIONES

Puede irritar los ojos y la piel, evitar contacto directo con los ojos o contacto prolongado con la piel, en caso de contacto lavarse automáticamente con agua.
No ingerir. Puede causar problemas respiratorios y estomacales.
Mantener fuera del alcance de los niños.
En caso de derrame cubrir con abundante arena o tierra, recoger y botar.
Para limpieza de los utensilios lavar con agua.
Utilizar EPP (Equipo de Protección Personal)

APLICACIÓN

Preparamos la superficie

Aplicar en temperaturas mayores a 5ºC
La superficie de concreto debe estar limpias de suciedad, grasas, aceites, o cualquier contaminante que impida la adherencia.
Debe saturarse con agua limpia, en caso quedara agua estancada hay que secar la superficie.
Espesor mínimo de aplicación 5mm.
Para espesores mayores a 25mm aplicar en capas subsecuentes de espesores no mayores a 20 mm cada una.
La segunda capa debe ser aplicada cuando la primera haya endurecido dejándola previamente con una terminación rugosa o peinada para mejorar la adherencia de la siguiente capa.

Mezclado

Debe mezclarse solo con agua. El producto puede ser mezclado manual o mecánicamente (taladro de bajas revoluciones), durante 4 minutos. En el proceso de mezclado adicione el 50% de agua al equipo de mezclado, posteriormente adicione el mortero, luego aplique el otro 50% poco a poco hasta obtener la fluidez que más le convenga.
No mezcle más grout del que pueda colocar en 20 minutos o menos, dependiendo de la temperatura ambiente.
No reacondicione el mortero agregando agua y re-mezclando una vez que endurece.
Terminar el acabado con plancha o Tecnopor.

GUIA DE AGUA PARA MEZCLAS POR SACO DE 30 KILOS

- Plástica: 4.30-5.00 litros

APLICACIÓN

Para cangrejeras hacer cortes rectangulares para garantizar el anclaje.
El mortero deberá colocarse asegurándose que llene todos los espacios y este en contacto con la placa todo el tiempo.
Para el curado: usar curadores químicos o curar protegiendo con trapos húmedos por 72 horas (humedecer la reparación).
Después de retirar los trapos húmedos cubra con un compuesto químico curador que cumpla con la norma ASTM C-309, Tipo PER MEMBRANA, para 100% adherencia aplicar previamente el aditivo puente de adherencia de unión de concreto antiguo con nuevo PER POX 32.

ESPESORES

La profundidad es menor igual a 25 mm, mínimo: 5mm.
NOTA: Se puede obtener una consistencia más o menos fluida, agregando una cantidad de agua menor a la indicada. Es compatible con todos los aditivos de AE previa consulta y autorización por escrito.
Para espesores mayores a 25mm puede aplicar el PER GROUT MORTAR en capas sucesivas de 20mm cada una, aplicar la siguiente capa cuando la primera capa esta seca al tacto en aproximadamente 1 hora humedeciendo antes con agua.

GARANTIA LIMITADA
Aditivos le garantiza en el momento y en el lugar que se efectué el despacho, que nuestro material será de buena calidad y estará en conformidad con nuestras especificaciones publicadas vigentes en la fecha de aceptación del pedido.
LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD
La ilustración contenida en el presente se incluye únicamente para fines ilustrativos, y a nuestro mas leal saber, es fiel y correcta. Sin embargo AE no puede ofrecer, bajo ninguna circunstancia, garantía alguna de los resultados ni asume ninguna obligación ni responsabilidad en relación con el uso de esta información. Dado que AE no tiene ningún control sobre el uso que se pueda hacer de su producto, se recomienda probar los productos para determinar si son aptos para un uso específico y si el nuestra especificación es valida en una circunstancia determinada. La responsabilidad recade en el usuario en cuanto al diseño, la aplicación y la instalación correcta de cada producto. El fabricante y el usuario determinaran la idoneidad de los productos para una aplicación específica y asumirán toda responsabilidad en relación con la misma.

Anexo F. Prueba hidráulica del R-1 Villa del Norte (R02)

	GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD	Código:	CL1/GCC-For-20	sedapal 04746
	PROTOCOLO DE PRUEBA HIDRAULICA DE ESTRUCTURAS PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE	Versión:	01	
		Fecha:	17/08/2017	

Nro. : 20221402010001

OBRA: "OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, SECTORIZACIÓN, REHABILITACIÓN DE REDES Y ACTUALIZACIÓN DE CATASTRO – ÁREA DE INFLUENCIA PLANTA HUACHIPA – ÁREA DE DRENAJE OQUENDO, SINCHI ROCA, PUENTE PIEDRA Y SECTORES 84, 83, 85 Y 212 – LIMA LOTE 1"

CROQUIS

Se Adjunta

UBICACIÓN: RESERVORIO R02 R-1 (VILLA DEL NORTE - Sector 83 A-2) Los Olivos

PLANO DE REFERENCIA: RE502-ST-001

1. DESCRIPCION:
   - Tipo: ELEVADO
   - Capacidad (m^3): 1500.64 m^3
   - Altura nivel de agua: +103.34 msnm.
2. FECHA DE PRUEBA:
   - Inicio: 23.01.2022
   - Termino: 24.01.2022
   - Total horas de prueba: 24
3. RESULTADO:
   - Pérdida admisible (cm): 0
   - Pérdida real (cm): 0
4. REGISTRO: Cuaderno de Obra N° 2703 Pág. 1692
5. DESINFECCION: 05.02.2022
6. OBSERVACIONES:

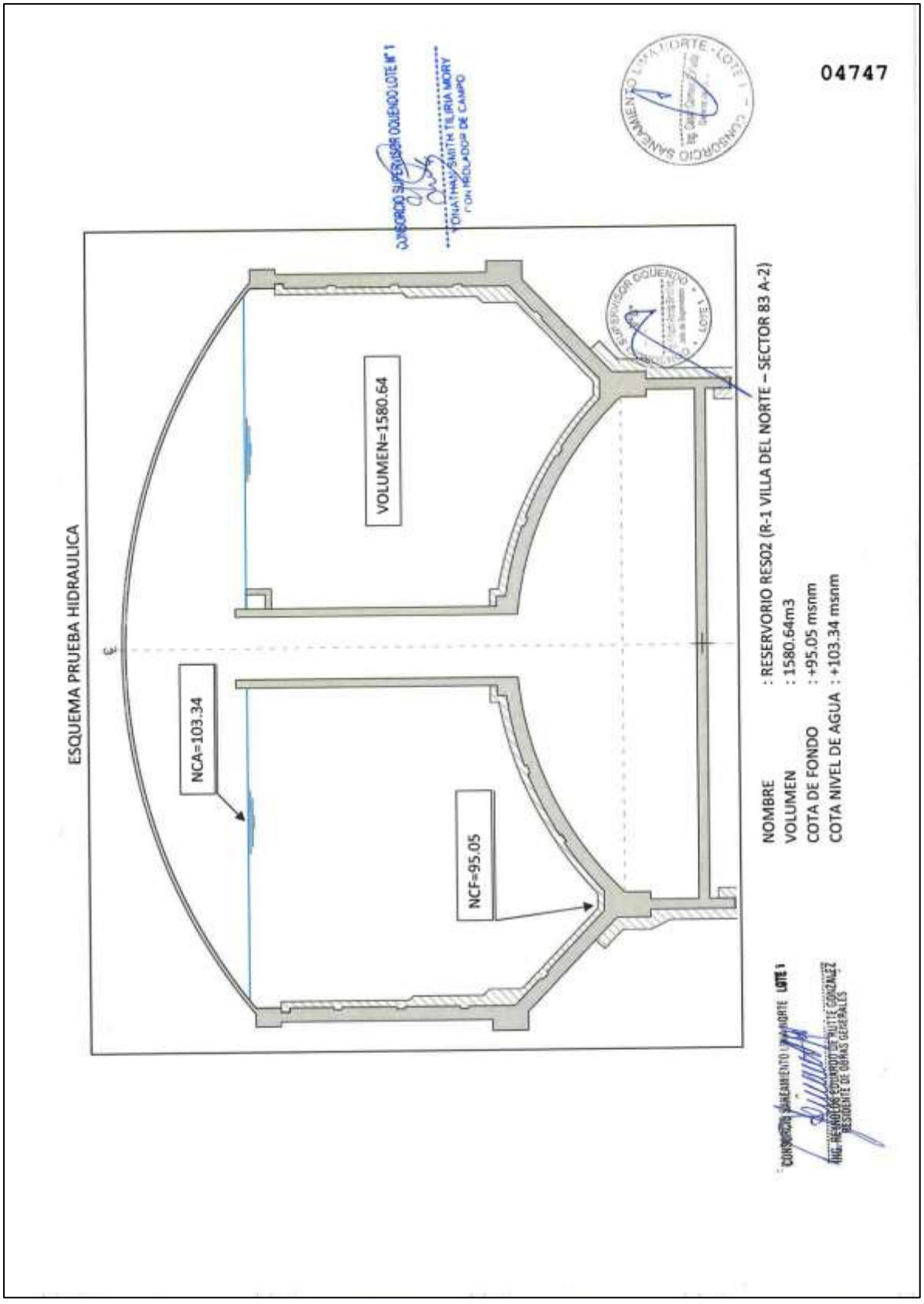
NOTA.- En el croquis indicar la cota de fondo de la estructura y la cota del nivel de agua.

CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE - LOTE 1
ING. REYNOLDS EDUARDO DE RUTTE GONZALEZ
RESIDENTE DE OBRAS GENERALES
Ing°. Residente
Representante del Contratista

CONSORCIO SUPERVISOR OQUENDO LOTE 1
Controlador de Prueba N° 05

CONSORCIO SUPERVISOR OQUENDO
V°B° Ing°. Supervisor

CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE - LOTE 1
Ing. Cesar Cornejo Cañada


04747
ESQUEMA PRUEBA HIDRAULICA
VOLUMEN=1580.64
NCA=103.34
NCF=95.05
NOMBRE : RESERVORIO RES02 (R-1 VILLA DEL NORTE – SECTOR 83 A-2)
VOLUMEN : 1580.64m3
COTA DE FONDO : +95.05 msnm
COTA NIVEL DE AGUA : +103.34 msnm
CONSORCIO SANEAMIENTO VILLA DEL NORTE LOTE 1
ING. REYNOLDS EDUARDO DE MUTTE GONZALEZ
RESIDENTE DE OBRAS GENERALES
CONSORCIO SUPERVISOR OQUENDO LOTE N° 1
JONATHAN SMITH TILIRIA MORY
1° ON INGLADOR DE CAMPO
SUPERVISOR OQUENDO
CONSORCIO SANEAMIENTO VILLA DEL NORTE - LOTE 1

Anexo G. Prueba hidráulica del R-2 Programa Confraternidad (R06)

	GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD	Código:	CL1/GCC-For-20	sedapal
	PROTOCOLO DE PRUEBA HIDRAULICA DE ESTRUCTURAS PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE	Versión:	01	
		Fecha:	17/08/2017	

Nro. : 20221406010001

OBRA: "OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, SECTORIZACIÓN, REHABILITACIÓN DE REDES Y ACTUALIZACIÓN DE CATASTRO – ÁREA DE INFLUENCIA PLANTA HUACHIPA – ÁREA DE DRENAJE OQUENDO, SINCHI ROCA, PUENTE PIEDRA Y SECTORES 84, 83, 85 Y 212 – LIMA LOTE 1"

CROQUIS

SE ADJUNTA

UBICACIÓN: RESERVORIO R06 (R2 CONFRATERNIDAD- SECTOR 84A-2) - LOS OLIVOS

PLANO DE REFERENCIA: .....

1. DESCRIPCION:
   - Tipo: ELEVADO
   - Capacidad (m³): 1492.41 m³
   - Altura nivel de agua: +108.39 msnm
2. FECHA DE PRUEBA:
   - Inicio: 02.03.2022
   - Termino: 03.03.2022
   - Total horas de prueba: 24
3. RESULTADO:
   - Pérdida admisible (cm): 0
   - Pérdida real (cm): 0
4. REGISTRO: Cuaderno de Obra N° ..... Pág. .....
5. DESINFECCION: .....
6. OBSERVACIONES: .....

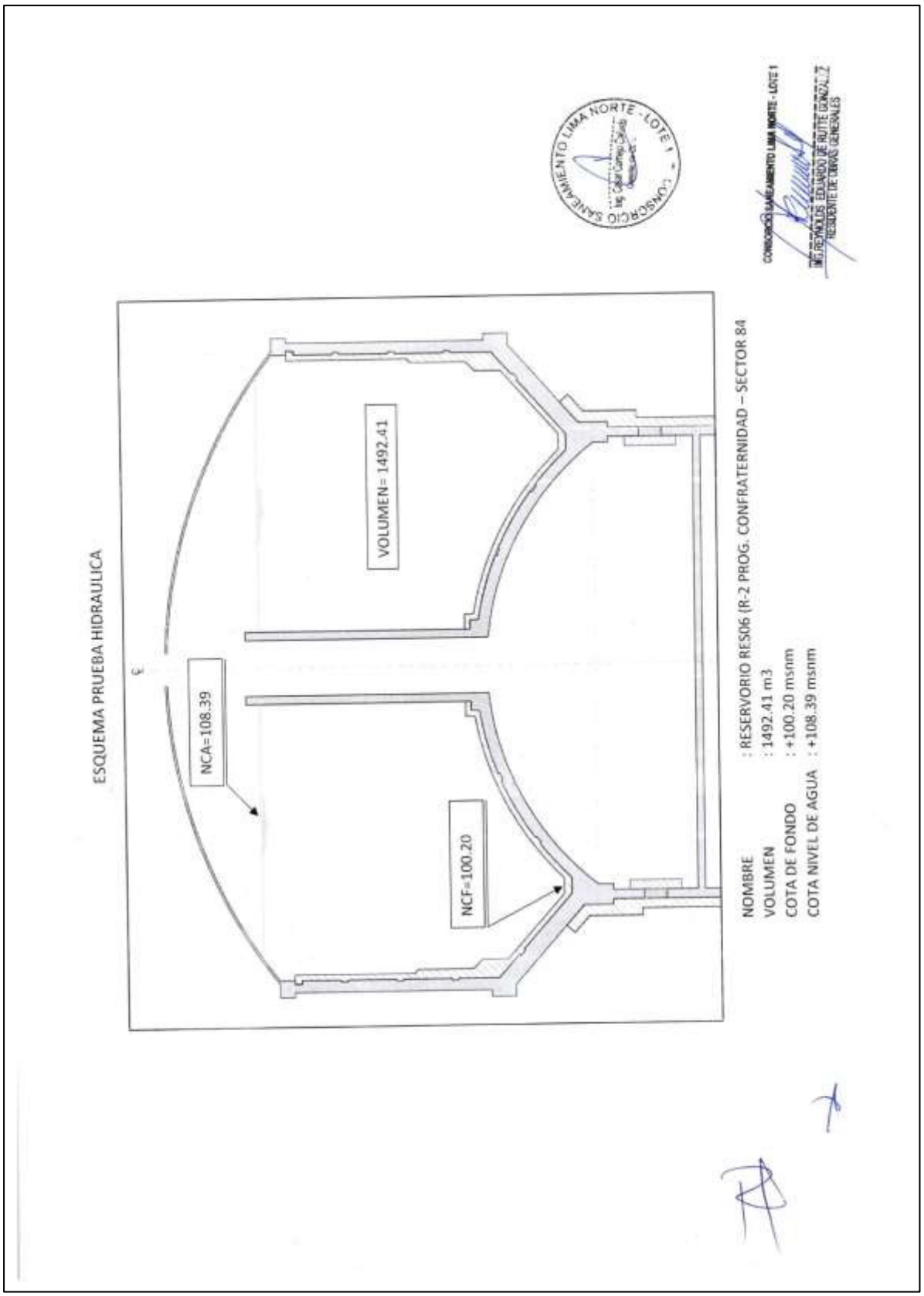
CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE LOTE 1 – Ing. Cesar Gamio Cancio – Gerente de Obra

NOTA.- En el croquis indicar la cota de fondo de la estructura y la cota del nivel de agua.

CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE LOTE 1
ING. EDUARDO DE SUTTE GONZALES
RESIDENTE DE OBRAS GENERALES
Ing. Residente
Representante del Contratista

Controlador de Prueba

V°B° Ing°. Supervisor


ESQUEMA PRUEBA HIDRAULICA
NCA=108.39
VOLUMEN= 1492.41
NCF=100.20
NOMBRE : RESERVORIO RES06 (R-2 PROG. CONFRATERNIDAD – SECTOR 84
VOLUMEN : 1492.41 m3
COTA DE FONDO : +100.20 msnm
COTA NIVEL DE AGUA : +108.39 msnm
CONSORCIO SANEAMIENTO LIMA NORTE - LOTE 1
ING. REYNOLDS EDUARDO DE RUTTE GONZALEZ
RESIDENTE DE OBRAS GENERALES

Anexo H. Ficha Técnica PER IMPERMELASTIC 2C

Hoja Técnica
Edición 04, 9-2-22, JPARODI
ADITIVOS ESPECIALES S.A.C.

PER IMPERMELASTIC 2C

MORTERO CEMENTICIO IMPERMEABILIZANTE SUPER FLEXIBLE Y RESISTENTE.

Aditivos Especiales
Fabricante de Aditivos para la Construcción

DATOS TECNICOS

Apariencia:	Polvo Cementicio
Color:	Gris
Mezcla:	Parte A -Parte B
Densidad:	1,75 - 1,93 kg/litro
Granulometria:	0-0.3mm
Espesor de capa:	1-1,5mm por capa (mínimo 2 capas, 6 horas entre capas)

Posibilidad de retoques: 5 horas
Puesta en servicio: 5 -7 días
- Resistencia a presión positiva de agua (DIN 1048, apdo. 7.6): 7 bares (70m de agua)
- Resistencia a presión negativa de agua: (DIN 1048 apdo, 7.6) : 3 bares (30m de agua)
- Coef. resistencia a la difusión de vapor de agua (H.R. 50-95%): Aprox. 4800 sobre superficie húmeda.

Consistencia: Plástica
Duración de la mezcla: 60 minutos

NORMAS
- Migraciones especificas dentro de los límites indicados en el RD 1262/2005.
- Fabricado con materias primas comprendidas en las listas positivas de sustancias permitidas para la fabricacion de material y objetos plasticos destinadosa entrar en contacto con alimentos segun RD 118/2003.

CE 0099 / **1742106** / EN 1504-2:2004
Resistencia a la abrasión: Pérdida de peso<3000 mg
Absorción capilar y permabilidad al agua: <0,1 kg/m²-h^{0,5}
Resistencia al impacto: Clase III > 20Nm.

Adhesión por tracción directa:	> 1,5 Mpa
Reacción al fuego:	Clase A2 S1 d0
Sustancias peligrosas:	Conformes con 5.3

RENDIMIENTO / CONSUMO
Se recomienda usar PER IMPERMELASTIC 2C en un rango entre 2.5 kg (en 2 capas) por m2 para 2 mm de espesor dependiendo de la superficie y para presión de agua.
Como sellador aplicar 1/2 kg/m2 en dos capas para mayores espesores aplicar más capas.
Los consumos que se presentan son estimativos. Los consumos reales en obra pueden variar de acuerdo con las condiciones del sustrato y los espesores que se aplique.

ENVASES: Juego x 20 kg

PRODUCTO NO CONTROLADO POR SUNAT

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
PER IMPERMELASTIC 2C es un mortero cementicio que forma una membrana impermeabilizante súper flexible y resistente, es bicomponente elaborado a base de cemento flexible, arenas silices, polimeros, fibras sintéticas y aditivos especiales que permite que la mezcla tenga un alto grado de elasticidad y adherencia.

USO
- Se utiliza en obras donde sea necesario impermeabilizar los morteros y/o concretos.
- Se utiliza como sellador impermeable en edificios, casas, sótanos, techos, cocheras, jardineras, cimentaciones, terrazas y cualquier obra civil.
- Para obras hidráulicas como canales de irrigación, bocatomas, represas, pozos, tanques elevados, cisternas, túneles, piscinas, estanques de agua, alcantarillado y plantas de tratamiento de agua. Como revestimiento impermeable en edificaciones civiles y/o hidráulicas.
- Sobre concreto, mortero y albañileria.
- Puente de adherencia e Impermeabilizante antes del colado de contrapisos en techos y baños.

VENTAJAS
- Fácil de aplicar solo mezclar los componentes A y B.
- Es fácil de mezclar y aplicar dado que la mezcla fluye fácilmente.
- Excelente impermeabilidad aún bajo presión directa o indirectamente.
- Tiene la capacidad de puentear fisuras de hasta 0,8mm de anchura desarrolladas despues de que el revestimiento haya curado , siempre y cuando se hayan aplicado 2mm de revestimiento.
- Adecuado para uso con agua potable.
- Soporta la presión hidrostática positiva como negativa.
- Impermeabiliza las fisuras superficiales de retracción.
- No requiere el uso de imprimación.
- Se aplica en pequeños espesores entre 0.5 y 2.00 mm.
- Soporta movimientos estructurales.
- No es toxico para el agua potable.
- Mejora la resistencia al ataque químico.
- No es toxico ni corrosivo.
- Se puede pintar sobre el recubrimiento.
- Tiene gran resistencia mecánica.
- El alto contenido y calidad de las resinas sintéticas del PER IMPERMELASTIC 2C genera una capa endurecida que permanece flexible bajo todas las condiciones ambientales.
- Tiene una excelente adherencia sobre cualquier estructura de concreto, mamposteria, cerámica, etc.
- No agregar cemento, áridos ni agua.
- Proteger de la lluvia y los derrames de agua durante las primeras 24 horas después de la instalación.

SUPERFICIES RECOMENDADAS
Especial para distintos tipos de concreto
- Concreto
- Mortilo
- Ladrillo
- Paneles de madera
- Paneles prefabricados

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN
PREPARACION
La superficie tiene que ser limpiada de todo resto de polvo, grasas, aceites o materiales mal adheridos, esto nos

www.aditivosespeciales.com.pe

1 de 2

ventas@aditivosespeciales.com.pe

PER IMPERMELASTIC 2C

www.aditivosespeciales.com.pe

garantiza una buena penetración y adherencia del producto.
La superficie para recubrir debe estar húmeda o saturada en agua horas antes.
De preferencia humedezca la superficie para que los poros del concreto se habrán y penetre el producto. Si tienen compresora de agua mucho mejor dado que mejora la limpieza.
Eliminar toda lechada de cemento, las escamas sueltas y todo rastro de polvo.
Las superficies deficientes o dañadas repararlas antes de la aplicación.
La superficie debe encontrarse firme, estable y limpia.
Eliminar todo el óxido mediante chorro de arena, y de haber preparado bien las barras de refuerzo (cubierto con anticorrosivo epoxico o epoxico adherente PER-POX 32) repare todos los daños con un mortero premezclado de alta resistencia (PER-GROUT MORTAR)

NIVELADOR DE CONCRETO
Reparar y nivelar áreas con morteros de alta resistencia PER GROUT MORTAR, PER GROUT 100, epoxicos puente de adherencia PER POX 32, PER PRIMER POX las grietas causadas por contracción plástica.
Aunque se reparen las grietas no se garantiza que ellas reaparezcan, aun cuando se sigan las técnicas de reparación establecidas.

Aplicación
Vierta la parte B (liquido) en un recipiente adecuado limpio. Agregar lentamente la parte A (polvo) mientras revuelve con una mezcladora mecánica (no mezcla a mano).
Utilizar una mezcladora de bajas revoluciones por unos minutos asegurando de que no quede polvo adherido a los lados y al fondo del recipiente.
Mezclar hasta lograr uniformidad en la mezcla.
Aplicar hasta una hora después de haber mezclado.
Debe ser aplicado PER IMPERMELASTIC 2C en 1 o más manos dependiendo del espesor requerido, no exceder de 2 mm como máximo.
Aplicar la segunda mano sobre la primera mientras aun esta fresca hasta obtener el espesor deseado.

APLICACIÓN CON MANTA
PER FIBERGLASS MESH
Inmediatamente después de la aplicación de la primera mano aplicar la malla de refuerzo PER FIBERGLASS MESH, de modo que actué como refuerzo. La malla también se debe aplicar en áreas con pequeñas grietas o que estén particularmente sometidas a mucho esfuerzo.
También se puede aplicar con escobillón de cerdas gruesas.
Aplicar una capa fina adicional sobre la malla con el borde plano de una llana de empastar asegurando el espesor requerido para cubrir al 100% la malla.
Asegurarse de alisar las uniones o traslapes entre malla y malla que debe ser no menor a 2".
Para asegurar una membrana continua, espere de 4 a 5 horas hasta que la primera capa se haya fraguado. Con el lado plano de la llana, aplicar una segunda capa de hasta 2 mm de espesor y fíjarse que la manta quede 100% cubierta, no exceder de los 2 mm de espesor por capa.
Durante las operaciones de impermeabilización aplicar mantas de pvc alrededor de las juntas de dilatación y de las juntas entre las superficies horizontales y verticales. Adherir con el adherente PRIMER POX y sellar las uniones con aditivo PER BITUPOXI.
Luego de aplicar las capas de PER IMPERMELASTIC 2C, esperar por lo menos 5 días para el curado antes de instalar otra cosa sobre la misma.
Curado
Luego de la aplicación, y en climas particularmente secos, cálidos o con vientos, proteja la superficie de la evaporación prematura cubriéndola con telas húmedas.
Se recomienda curar mínimo 24 horas máximo 48 horas al aire libre.
NOTA
El tiempo de secado mínimo es de 5 días y puede ser sometido a pintura u otras coberturas y a acción mecánica mínima (tránsito de personas) en 24 horas, además si se desea películas de mayor espesor aplicar sobre la segunda mano capas sucesivas en dirección contraria a la primera.
Prepara la cantidad que pueda utilizar en un periodo de 60 minutos.
Es compatible con todos los aditivos de AE y con todos los tipos de concreto.

TIEMPO DE VIDA-ALMACENAMIENTO
Los envases sellados de este producto se garantizan durante 12 meses si se mantiene bajo techo. En caso el producto este vencido consultar al fabricante para la revisión y aceptación de su uso. Almacenar a temperaturas mayores de 8°C y menores de 30°C.

LIMITACIONES
No utilice el producto sobre superficies recubiertas con selladores. Consulte con el departamento técnico sobre el estado de la superficie a tratar.

PRECAUCIONES
Puede irritar los ojos y la piel, evitar contacto directo con los ojos o contacto prolongado con la piel, en caso de contacto lavarse automáticamente con agua. No ingerir. Puede causar problemas respiratorios y estomacales, en caso suceda provocar vomito. Mantener fuera del alcance de los niños. En caso de derrame cubrir con abundante arena o tierra, recoger y botar.

GARANTIA LIMITADA
Ademas le garantiza en el momento y en el lugar que se efectue el despacho, que nuestro material sera de buena calidad y estara en conformidad con nuestras especificaciones publicadas vigentes en la fecha de aceptación del pedido.
LIMITACION DE RESPONSABILIDAD
La información contenida en el presente no incluye únicamente para fines ilustrativos, y a nuestro mejor leal saber, es fiel y correcta. Sin embargo AE no puede ofrecer, bajo ninguna circunstancia, garantía alguna de los resultados ni asume ninguna obligación ni responsabilidad en relación con el uso de esta información. Dado que AE no tiene ningún control sobre el uso que se pueda hacer de su producto, se recomienda probar los productos para determinar si son aptos para un uso específico y/o si nuestra especificación se ajusta en una circunstancia determinada. La responsabilidad recae en el usuario en cuanto al diseño, la aplicación y la instalación correcta de cada producto. El fabricante y el usuario determinaran la idoneidad de los productos para una aplicación específica y asumirán toda responsabilidad en relación con la misma.

ventas@aditivosespeciales.com.pe

Anexo I. Ficha Técnica CHEMA REMOVE (NC)

Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA REMOVE (NC)

Removedor de incrustaciones de fragua y cemento.

VERSION: 02
FECHA: 18/05/2022

DESCRIPCIÓN

CHEMA REMOVE (NC) en limpiador ácido altamente concentrado formulado para remover incrustaciones de productos cementicios, morteros, incrustaciones calcáreas, eflorescencia y otros, sobre pisos y paredes de cerámica, porcelanatos, juntas cementicias, y diversos acabados cementicios. También es adecuado para la remoción de manchas rebeldes acumuladas en pisos de cerámica, baños, sanitarios de porcelana, lavaderos, piscinas, urinarios, losetas, terrazos, ladrillos caravista, tejas y diversos acabados cementicios. Se puede usar para limpiar y remover grasa, moho, hongos, manchas de óxido, sarro, depósitos minerales, cristales de orina, etc. Muy útil para neutralizar el salitre en muros y paredes.

VENTAJAS

- Excelente removedor incrustaciones cementicias.
- Eficaz removiendo eflorescencias calcáreas y salitre.
- Fórmula concentrada.
- Excelente limpiador de manchas rebeldes.
- Neutraliza el salitre en superficies de cemento.
- No afecta las tuberías.

USOS

- Para la limpieza y remoción de incrustaciones cementicias, depósitos minerales, marcas de agua dura, incrustaciones calcáreas, depósitos minerales y otros, sobre enchapes cerámicos, juntas cementicias, baños, lavaderos, losetas, superficies de cemento, terrazos, y diversos acabados cementicios.
- Para neutralizar el salitre en superficies de cemento.

DATOS TÉCNICOS

- Apariencia : Líquido transparente.
- Color : Incoloro a ligeramente amarillento.
- Olor : Característico.
- pH : Ácido.
- Densidad : 1.07 – 1.09 kg/L.
- VOC : 0.0 g/L

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Se recomienda protegerse con todos los elementos de seguridad para manipular el producto.

Realizar una prueba pequeña sobre la superficie a limpiar para determinar si el producto es el adecuado para el uso en particular. De preferencia humedecer la superficie.

Limpieza de superficies.

- Diluir CHEMA REMOVE (NC) 1/1 con agua limpia
- Aplicar con una brocha, cepillo o escobilla de nylon sobre los restos de cemento, de manera que éstas queden cubiertas por el producto.
- Deje actuar de 4 a 5 minutos como máximo (en caso de dejar por más tiempo el producto podría dejar manchas y/o aclarar el color de las superficies).
- Retire con una llana o espátula las incrustaciones mayores, luego frotar con una

Chema
Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA REMOVE (NC)

Removedor de incrustaciones de fragua y cemento.

VERSION: 02
FECHA: 18/05/2022

esponja o escobilla para retirar los restos y la suciedad.
- Enjuagar con abundante agua limpia.
- En caso de persistir la suciedad repita la aplicación usando CHEMA REMOVE (NC) puro y frotar con un cepillo, esponja o similar enjuagando de igual forma que la anterior.

RENDIMIENTO 5 - 7 m^2 aproximadamente por envase de 1L, varia según el grado de la suciedad a tratar.

PRESENTACIÓN
- Envase de 1L
- Envase de 5 gal
- Envase de 55 gal

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO 2 años almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco y bajo techo. Mantener cerrado mientras no se esté usando.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES Evitar el uso de CHEMA REMOVE (NC) sobre superficies sensibles al ácido (mármol, piedra calcárea, pizarra, etc.), debido a que puede afectar el brillo.

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/ 999012933).
PRODUCTO ALTAMENTE TOXICO, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.
No comer ni beber mientras manipula el producto. Utilizar guantes, máscara para vapores, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

"La presente Edición anula y reemplaza la Versión Nº 01 para todos los fines"

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.