UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una nueva Universidad para el Desarrollo"

REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNASAM

Dirección del Instituto de Investigación

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI. Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU Nº 033-2016-SUNEDU/CD

1. **Datos del Autor:**
   Apellidos y Nombres: **LOLI SILVA MARCO ANTONIO**
   Código de alumno: **19886103** Teléfono: **943488818**
   Correo electrónico: **marcoconstructoraMLS@gmail.com** DNI O Extranjería: **31626594**

2. **Modalidad de trabajo de investigación:**
   ( ) Trabajo de investigación ( ) Trabajo académico
   ( ) Trabajo de suficiencia profesional (x) Tesis

3. **Título Profesional:**
   ( ) Bachiller ( ) Título ( ) Segunda especialidad
   ( ) Licenciado (x) Magister ( ) Doctor

4. **Título del trabajo de investigación:**

NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016

5. **Facultad de:**

6. **Escuela, Carrera o Programa: CIENCIAS E INGENIERIA CON MECION EN INGENIERIA ESTRUCTURAL**

7. **Asesor:**
   Apellidos y Nombres: **MILLA VERGARA ELIO ALEJANDRO** Teléfono: **944931238**
   Correo electrónico: **eliomilla@gmail.com** DNI o Extranjería: **31666219**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: .....

D.N.I.: **31626594**

FECHA: **30/04/2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"

ESCUELA DE POSTGRADO

NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016

Tesis para optar el grado de maestro
en Ciencias e Ingeniería
Mención en Ingeniería Estructural

MARCO ANTONIO LOLI SILVA

Asesor: **Mag. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA**

Huaraz – Ancash – Perú

2019

N° de Registro: TOU006

MIEMBROS DEL JURADO

Doctor Reynaldo Melquiades Reyes Roque Presidente

_____

Doctor Jorge Emiliano Bedón López Secretario

_____

Doctor Elio Alejandro Milla Vergara Vocal

_____

ASESOR

Doctor Elio Alejandro Milla Vergara

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por las facilidades brindadas para la investigación en curso.
- A mi asesor Mag. Elio Alejandro Milla Vergara, por la orientación oportuna y adecuada para el logro de los objetivos trazados y la redacción del documento.
- Agradezco especialmente a todos aquellos que con su esfuerzo y compromiso coadyuvaron a la consecución de los objetivos técnicos planteados.

A Dios,

A mis padres.

INDICE

Página

RESUMEN ..... **XIIII**

ABSTRACT ..... **XII**

I. INTRODUCCION 1

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 1

1.2. OBJETIVOS 2

1.3. HIPÓTESIS **2**

1.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN. **3**

II. MARCO TEORICO 4

2.1. ANTECEDENTES 4

2.2. BASES TEORICAS. 6

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS. 41

III. METODOLOGIA. 44

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. 44

3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN Y/O DISEÑO ESTADÍSTICO 49

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. 49

3.4. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN 50

IV. RESULTADOS 51

V. DISCUSION 77

VI. CONCLUSIONES 85

VII. RECOMENDACIONES 88

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 90

ANEXOS 92

1. MATRIZ DE CONSISTENCIA. 922
2. VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DEL LABORATORIO. 93
3. REGISTRO FOTOGRAFICO: RESERVORIO N° 1- PARAJE BATÁN. 94
4. REGISTRO FOTOGRAFICO: RESERVORIO N° 2 - PARAJE ACOVICHAY 121
5. CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS. 137

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Vista externa del Reservorio de Batán de este a oeste con su acceso externo con escalera de caracol de acero. 94
Fotografía 2: Escotilla de acceso al interior del reservorio con una escalera extensible para llegar a la losa de fondo. 94
Fotografía 3: Escalera usada para ingresar al interior del reservorio. 95
Fotografía 4: Columna y vigas de soporte de la losa de cobertura del reserevorio. 95
Fotografía 5: Vista de la parte interna de la losa de cobertura del reservorio. 96
Fotografía 6: Iluminación del interior del reservorio. 96
Fotografía 7: Ensayo esclerométrico de una columna interna del reservorio. 97
Fotografía 8: Ensayo esclerométrico E1 de la pared interna del reservorio. 97
Fotografía 9: Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E1. 98
Fotografía 10: Ensayo esclerométrico E2 de la pared interna del reservorio. 98
Fotografía 11: Ensayo esclerométrico E3 de la pared interna del reservorio. 99
Fotografía 12: Ensayo esclerométrico E4 de la pared interna del reservorio. 99
Fotografía 13: Ensayo esclerométrico E5 de la pared interna del reservorio. 100
Fotografía 14: Ensayo esclerométrico E6 de la pared interna del reservorio. 100
Fotografía 15: Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E6. 101
Fotografía 16: Ensayo esclerométrico E7 y anotación respectiva. 101
Fotografía 17: Ensayo esclerométrico E8 de la pared interna del reservorio. 102
Fotografía 18: Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E8. 102
Fotografía 19: Ensayo esclerométrico E9 de la pared interna del reservorio. 103
Fotografía 20: Ensayo esclerométrico E10 de columna interna del reservorio. 103
Fotografía 21: Limpieza de la zona de extracción de núcleos e identificación de barras de acero con el profómetro 104
Fotografía 22: Determinación meticulosa del área de extracción del núcleo de concreto. 104
Fotografía 23: Colocación cuidadosa del equipo de extracción de núcleos de concreto. 105
Fotografía 24: Extracción del núcleo de cocnreto con el enfríamiento del equipo con alimentación contínua de agua. 105
Fotografía 25: Equipo técnico en el interior del reservorio. 106
Fotografía 26: Perforación efectuada para extraer el núcleo de concreto. 106
Fotografía 27: Preparación del equipo de extracción de núcleos de concreto. 107
Fotografía 28: Equipo instalado y listo para comenzar la extracción del núcleo de concreto. 107
Fotografía 29: Técnico calificado en plena extracción de un núcleo de concreto. 108
Fotografía 30: Equipo técnico extrayendo el núcleo obtenido. 108
Fotografía 31: Jefe del equipo técnico de ensayos preparando el esclerómetro. 109
Fotografía 32: Jefe del equipo técnico verificando la corrosión de la escalera de gato para acceder al interior del reservorio. 109
Fotografía 33: Vista de la perforación efectuada para extraer un núcleo de concreto. 110

Fotografía 34: Preparación de los andamios para colocar el equipo para la extyracción en la parte alta de la pared interna del reservorio. 110
Fotografía 35: Iluminación apropiada para efectuar los trabajos en el interior del reservorio. 111
Fotografía 36: Extracción del núcleo de concreto inmediatemente después de desmontar el equipo utilizado. 111
Fotografía 37: Equipo instalado en la parte superior de la pared interna del reservorio. 112
Fotografía 38: Extracción del núcleo de concreto en la parte superior de la pared interna del reservorio. 112
Fotografía 39: Equipo de extracción de núcleos listo para comenzar su operación. 113
Fotografía 40: Equipo de extracción de núcleos en pleno funcionamiento con alimentación de agua de enfríamiento. 113
Fotografía 41: Núcleos de concreto extraídos de la parte inferior de la pared interna del reservorio. 114
Fotografía 42: Núcleo Ensayado a la Rotura y a la Carbonatación con Fenolftaleína .. 115
Fotografía 43: Núcleos Ensayados a la Rotura y a la Carbonatación con Fenolftaleína, donde se observa la carbonatación muy severa en todos los núcleos 115
Fotografía 44: Comparación con un testigo sin carbonatación de otro proyecto. 116
Fotografía 45: Núcleo 08 ensayado a la rotura y a la carbonatación. 116
Fotografía 46: Núcleo 02 Parte Superior ensayado a rotura. 117
Fotografía 47: Núcleo 02 Parte Superior ensayado a carbonatación. 117
Fotografía 48: Núcleo 03 Parte Inferior ensayado a la rotura. 118
Fotografía 49: Núcleo 03 Parte Inferior ensayado a la carbonatación y cristalizaciones extraídas de la pared externa del Reservorio. 118
Fotografía 50: Núcleo 06 Parte Superior ensayado a la carbonatación. 119
Fotografía 51: Núcleo 07 Parte Superior ensayado a la carbonatación. 119
Fotografía 52: Núcleo 09 Parte Superior ensayado a la carbonatación. 120
Fotografía 53: Escalera de acceso tipo gato y escotilla en la cúpula del Reservorio Acovichay. 121
Fotografía 54: Losa de cobertura del reservorio con grietas muy marcadas y en toda su extensión. 121
Fotografía 55: Vista de las grietas en la cobertura del Reservorio desde otro ángulo... 122
Fotografía 56: Más grietas visibles y muestra de su reparación. 122
Fotografía 57: Esclerómetro para medir la resistencia del concreto en la pared externa del reservorio. 123
Fotografía 58: Uso del esclerómetro en la parte superior del muro del reservorio. 123
Fotografía 59: Uso del esclerómetro encima de la caseta de válvulas del reservorio. .. 124
Fotografía 60: Frasco de fenolftaleína para verificar la carbonatación del concreto en el reservorio. 124
Fotografía 61: Frasco de fenolftaleína con sus especificaciones impresas. 125
Fotografía 62: Observación de eflorescencias, manchas y exudaciones en la pared externa del reservorio. 125
Fotografía 63: Identificación de patologías en la pared externa del reservorio. 126

Fotografía 64: Muestra de la reacción positiva a la carbonatación en la parte superior de la pared externa del reservorio. 126
Fotografía 65: Otra área extensa de ataque químico en la parte exterior superior de la pared externa del reservorio. 127
Fotografía 66: Carbonatación muy severa en la parte inferior de la cara oeste del reservorio 127
Fotografía 67: Pulverización y delaminación del recubrimiento del concreto en la parte inferior de la cara oeste del reservorio 128
Fotografía 68: Delaminación del exterior de la pared externa del reservorio. 128
Fotografía 69: Manchas, eflorescencias, exudaciones y delaminaciones del concreto en una reducida. 129
Fotografía 70: Manchas, eflorescencias, exudaciones del concreto en otra área. 129
Fotografía 71: Uso de la fenolftaleína en la cara oeste del reservorio en una zona muy degradada. 130
Fotografía 72: Muestras de carbonatación en la mayoría de los ensayos efectuados.... 130
Fotografía 73: Carbonatación muy severa en la parte inferior de la cara oeste del reservorio. 131
Fotografía 74: Varias patologías en área muy reducida: fisuras, manchas, exudaciones, cristalizaciones y deficiente proceso constructivo. 131
Fotografía 75: Fisuras visibles y daño químico en la parte externa de la pared del reservorio. 132
Fotografía 76: Cristalización visible en el exterior de la pared del reservorio. 132
Fotografía 77: Ataque químico por sulfatación (no hubbo reacción a la fenolftaleína) 133
Fotografía 78: Ataque químico por varias fuentes en la parte superior de la cara oeste del reservorio. 133
Fotografía 79: Ataque químico por varias fuentes en la parte inferior de la cara oeste del reservorio. 134
Fotografía 80: Cristalización de la reacción del concreto al agua y al aire atmosférico. 134
Fotografía 81: Ataque químico por varias fuentes en otra área observada..... 135
Fotografía 82: Ataque químico múltiple con condicíon de daño severo a la pared externa del reservorio. 135
Fotografía 83: Ataque químico severo en la pared adjunta a la caseta de válvulas..... 136
Fotografía 84: Determinación de dos tipos de ataques químicos, la carboantación y la sulfatación, ocasionados por deficiente proceso constructivo. 136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Anillo de Cimentación 64
Tabla 2: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán, Pared Circular - Parte Baja 65
Tabla 3: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Pared Circular-Parte Media 65
Tabla 4: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Pared Circular – Parte Alta..... 65
Tabla 5: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Techo o Losa de Cubierta del Reservorio 66
Tabla 6: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Viga Circular Superior..... 66
Tabla 7: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Columnas Centrales (4)..... 66
Tabla 8: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Anillo Circular de Cimentación 67
Tabla 9: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Baja..... 67
Tabla 10: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Media..... 68
Tabla 11: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Alta 68
Tabla 12: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Techo o Losa de Cubierta del Reservorio 68
Tabla 13: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Viga Circular Superior..... 69
Tabla 14: Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Noviembre del 2017. 70
Tabla 15: Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Noviembre del 2017 71
Tabla 16: Ensayos de Resistencia de Concreto con Rotura de Núcleos de Concreto. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Fecha: Noviembre del 2017..... 71
Tabla 18: Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° - Paraje Acovichay. Noviembre del 2017. 74
Tabla 19: Ensayo de Carbonatación con Fenolftaleína. Reservorio N° 1 – Paraje Acovichay. Noviembre del 2017. 75

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la presentación de los resultados de las investigaciones realizadas en reservorios de concreto armado apoyados en la ciudad de Huaraz, y la propuesta de recuperación, rehabilitación, sustitución y/o demolición. Para tal efecto se hizo la inspección de dos reservorios: el Reservorio N° 1 en el Paraje de Batán y el Reservorio N° 2 en el Paraje de Acovichay.

La metodología consideró visitas preliminares y análisis visuales para su reconocimiento. Posteriormente, mediante el uso de equipos y ensayos tecnológicos en inspecciones más detalladas se determinó el origen de las patologías, así como su extensión y nivel de deterioro mediante calificaciones cualitativas.

Las estructuras inspeccionadas y evaluadas presentan varias patologías evidentes, y de acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda la demolición del Reservorio N° 1, por tener patologías extensas a nivel severo y muy severo.

En el caso del Reservorio N° 2 se recomienda el uso de técnicas, materiales, procedimientos constructivos, así como equipos adecuados para los servicios de recuperación y refuerzo estructural.

Las principales manifestaciones patológicas son carbonatación y sulfatación del concreto, corrosión de las armaduras, grietas y levantamiento del recubrimiento del concreto.

Palabras clave: Concreto armado, patología, recuperación estructural, refuerzo estructural, corrosión, nivel de deterioro.

ABSTRACT

The present work consists in presenting the results of a research carried out in above ground reinforced concrete reservoirs in the city of Huaraz, and a proposal for recovery, rehabilitation, replacement and / or demolition. For this purpose, two reservoirs were inspected: Reservoir No. 1 in Batan Place and Reservoir No. 2 in Acovichay Place.

The methodology considered in preliminary visits and visual analysis for recognition. Subsequently, by using equipment and technological tests in more detailed inspections, the origin of the pathologies was determined, as well as their extent and level of deterioration through qualitative qualifications. The structures inspected and evaluated have several obvious pathologies, and according to the results obtained then demolition of Reservoir No. 1 is recommended, due to having extensive pathologies at a severe and very severe level. In the case of Reservoir No. 2, use of techniques, materials, construction procedures, as well as adequate equipment for recovery and structural reinforcement services is recommended. The main pathological manifestations are carbonation and sulfation of the concrete, corrosion of the reinforcements, cracks and lifting of the concrete cover.

Key word: Reinforced concrete, pathology, structural retrofitting, structural reinforcement, corrosion, level of deterioration.

I. INTRODUCCION

1.1. Formulación del Problema

Desde inicios de la edad contemporánea, el concreto es el principal material de construcción que dispone el ser humano para sus edificaciones y estructuras diversas. Se emplea para propósitos de vivienda, servicios, comercio, educación, industria, recreación e infraestructura.

A pesar de su uso en la edad antigua, como se observa en portentosas obras que subsisten en la actualidad y construidas por el Imperio Romano, prácticamente desapareció en las edades media y moderna. Se redescubrió en la primera mitad del siglo XIX en Inglaterra y Francia. Varios inventores desarrollaron y patentaron sus mezclas para obtener los mejores concretos y en el siglo XX su aplicación se extendió a todos los países del mundo.

Durante mucho tiempo se supuso que tenía una duración ilimitada y no existían regulaciones para su dosificación y para el uso y mantenimiento de las estructuras construidas, hechos que determinan la existencia de diversas fallas y patologías que requieren ser corregidas oportunamente para su reparación y refuerzo.

En el ámbito geográfico de la Región Ancash y específicamente en la ciudad de Huaraz existen diversas estructuras destinadas a la infraestructura como caminos, puentes, hospitales, establecimientos públicos, embalses, canales de irrigación, reservorios y otros, que requieren ser diagnosticados y evaluados tanto a nivel de patologías como de comportamiento estructural pata determinar su durabilidad actual y su vida útil correspondiente.

El presente estudio está dirigido a los reservorios de agua apoyados o semienterrados ejecutados en concreto armado. Para diagnosticar las manifestaciones incidentes en los reservorios de agua del tipo mencionado es necesario hacer un estudio sobre las patologías en las estructuras de concreto, pudiendo este conocimiento ser entendido y aplicado en otras construcciones.

Al analizar algunas manifestaciones de las estructuras en cuestión, con la finalidad de identificar los orígenes, las causas y el mecanismo de esos problemas, se elaboran procedimientos adecuados de recuperación o protección de la estructura deteriorada, así como la especificación de

materiales y técnicas constructivas para el proyecto y ejecución de obras similares.

El presente trabajo de investigación podrá contribuir, al indicar las causas más frecuentes de los problemas incidentes en los reservorios de concreto armado, como apoyo a otros profesionales que requieran lidiar directa o indirectamente con problemas similares identificados en las construcciones.

Un factor importante que justifica este trabajo es que al ampliar la vida útil de reservorios de concreto armado apara abastecimiento de agua potable se economiza la diferencia que significaría su reposición o construcción integral.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Principal

Identificación de las principales manifestaciones patológicas presentes en los reservorios de concreto armado del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Huaraz, proponiendo intervenciones y considerando la calificación cualitativa del grado de deterioro.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los parámetros y las consideraciones realizadas en los proyectos estructurales.
2. Identificar las principales manifestaciones patológicas presentes en los reservorios.
3. Realizar ensayos de evaluación frente a la carbonatación, abertura de grietas y contaminación por cloruros.
4. Calificar cualitativamente el grado de deterioro de las estructuras de concreto.
5. Desarrollar un plan de recuperación para los reservorios considerados como objeto de este estudio.

1.3. Hipótesis

El diagnóstico estructural de reservorios de concreto armado apoyados y el empleo de equipos e instrumentos adecuados permite elaborar un

plan de rehabilitación sustentable para incrementar la durabilidad y la vida útil de las estructuras estudiadas.

1.4. Variables y Operacionalización.

Variable Dependiente:

Plan de Rehabilitación Estructural de un Reservorio Apoyado de Concreto Armado para Abastecimiento de Agua Potable en la Ciudad de Huaraz.

Variables Independientes:

Las variables independientes son evaluadas cualitativamente, siendo estas valoradas según importancia en una matriz bidimensional, que permitirá que cada una tenga un valor ponderado.

Las características que se van a evaluar por cada variable independiente son:

1.- Facilidad de Implementación. Este factor es determinante para evaluar las alternativas a considerar y seleccionar en cada paso de la implementación.

2.- Equipos e Instrumentos. Nivel de acceso y disponibilidad de los equipos e instrumentos para la detección de patologías del concreto.

3.- Técnicas y Materiales. Disposición de técnicas de rehabilitación y materiales apropiados.

4.- Nivel de Detalle. Apreciación Cualitativa del Nivel de Cumplimiento del Plan de Rehabilitación

5.- Durabilidad y Vida Útil. Nivel de ampliación de la durabilidad y la vida útil de la estructura**.**

Las calificaciones se dan de acuerdo a una escala 1 – 5, donde 1 es una menor valoración y 5 una mayor valoración. El ponderado se obtiene con la suma de los puntajes parciales dividido entre 5 (Número de Variables Cualitativas consideradas)

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Alves, (2017), realizó la investigación **Levantamento de manifestações patológicas em reservatorios de concreto armado no Município de Alegrete/RS -2017** en la Universidade Federal de Pampa en Brasil, en un trabajo de conclusión de curso para obtener el título de ingeniería civil. Para tal efecto, se hizo levantamientos fotográficos con cámara digital y se utilizó la termografía digital pasiva para identificar anomalías patológicas ocultas. Los termogramas obtenidos permitieron determinar la existencia de fisuras, su extensión y nivel de degradación del concreto.

Para una mejor comprensión de los problemas encontrados en este estudio, se elaboró un cuadro de resumen de las manifestaciones patológicas encontradas y de sus probables causas.

Se identificaron las siguientes manifestaciones patológicas: humedad, manchas oscuras, fisuras horizontales, fisuras verticales, fisuras mapeadas, corrosión, microorganismos, vegetación, descascaramiento de la pintura, eflorescencias, flujo de agua y burbujas.

Se hizo la determinación de las causas probables, y su ubicación en cada reservorio estudiado.

Santos, (2012), realizó la investigación Reabilitação sustentável de estruturas em betão armado en la Universidade de Minho-Escola de Engenharia, Portugal, Tesis de Maestría. El objetivo era determinar el método de rehabilitación más sustentable técnica y económicamente de una estructura seleccionada para tal propósito. Se hizo un estudio de caso, un reservorio de abastecimiento de agua que se encontraba bastante degradado.

Como conclusión se determinó que la técnica más económica es por lo tanto la más sustentable y es la técnica del mortero de reparación con laminados de carbono. Es más sustentable rehabilitar todo el reservorio, en vez de rehabilitar la estructura y restituir la cobertura. Esta técnica de

rehabilitación presentará una durabilidad elevada en el reservorio de abastecimiento de agua.

Gomes, 2014, realizó el Estudo sobre Reabilitação Interior de Reservatórios para Água Potável en el Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, presentando el Relatório de Estágio de la Maestría en Ingeniería Civil. Se elaboró una Clasificación de los Reservorios de en la empresa Aguas del Duero y Paiva S.A., para la evaluación en la matriz de riesgo. Se elaboró una ficha técnica para cada reservorio que, además de la sistematización de las características principales, tiene el objetivo de registrar todas las intervenciones de rehabilitación o de conservación, que pueden ocurrir en el mismo. Para tal efecto, se hizo un seguimiento de los problemas e intervenciones verificadas. La elaboración de fichas técnicas reveló asimismo un factor importante para la gestión de la información y del estado de conservación de los reservorios de AdDP.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Infante, 2017, desarrolló la investigación **Análisis patológico del reservorio de concreto armado R4 de la ciudad de Cajamarca**, en la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería. El objetivo de la tesis fue identificar las causas de las patologías en el reservorio de concreto armado R4 de la ciudad de Cajamarca. Después de realizar la evaluación en el reservorio se plantea una posible solución: diseñar una losa de concreto sobre la losa existente y forrar internamente el reservorio con un geosintético consistente en mantas asfálticas.

Pinedo, (2018), en su investigación **Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del reservorio apoyado R1, del distrito de Coishco, Provincia de Santa, Departamento de Ancash,** en la Universidad Católica Los Angeles Chimbote, Chimbote, Ancash, El objetivo fue determinar y evaluar los tipos de patologías y obtener el nivel de severidad en la que se encuentra la estructura del muro perimétrico de concreto armado del reservorio apoyado R1, del distrito de Coishco.

Las conclusiones a las que se llegó con el estudio fueron:

1. Se identificó que el área afectada en el reservorio apoyado R1 de concreto armado, ubicado en el distrito de Coishco, provincia del Santa, departamento de Ancash, presenta un 17.66 % de patologías; entre las cuales se reconoció patología como erosión, grietas, disgregación, eflorescencia y corrosión. El área no afectada corresponde a un 82.34 %.

2. Se analizó el área observada de la estructura del reservorio apoyado R1 de concreto armado, del distrito de Coishco, provincia del Santa, departamento de Ancash, obtiene como resultado del diagnóstico realizado; una distribución porcentualmente de patologías, siendo las más predominantes la Corrosión, con 7.76% y Eflorescencia, con 7.20%. Seguido de Disgregación, con 2.07%; Erosión con 0.50% y Grieta con 0.13%.

3. Se concluye que el nivel de severidad de las patologías identificadas en la estructura del reservorio apoyado R1 de concreto armado, del distrito de Coishco, provincia de Santa, departamento de Ancash, presenta un nivel de severidad MODERADO.

2.2. BASES TEORICAS.

2.2.1. CONCEPTOS GENERALES

2.2.1.1. DURABILIDAD DEL CONCRETO.

En la norma ISO 15686-1 se define la durabilidad como “la capacidad de los edificios o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un período específico bajo la influencia de determinados agentes”.

2.2.1.2. VIDA UTIL DEL CONCRETO.

En la norma ISO 15686-1 se define la vida útil de un edificio como “el período de tiempo después de la instalación o construcción

durante el cual un edificio o sus partes cumplen o exceden los requisitos mínimos de rendimiento para lo cual fueron diseñados y construidos".

2.2.1.3. FINAL DE LA VIDA UTIL DEL CONCRETO.

Talon et al. (2004) definen "el final de la vida útil llega cuando los materiales o componentes de construcción, una vez instalados y construidos, usados y aplicados a una parte del inmueble, ya no responden a los requerimientos de rendimiento; y cuando por sus fallos físicos ya no es conveniente económicamente seguir con un mantenimiento correctivo para dichos componentes".

Gaspar (2002) define el final de la vida útil de una construcción como un "punto en el tiempo en el cual ésta deja de poder asegurar las actividades que en ella se desarrollan, por obsolescencia funcional, falta de rentabilidad económica o degradación física de sus componentes más determinantes".

2.2.1.4. PATOLOGIA DEL CONCRETO.

En un artículo, BH Concretos (2018) señala que la patología del concreto puede definirse como el estudio sistemático de los procesos y características de los daños que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y soluciones. Las estructuras de concreto pueden sufrir defectos o daños que alteran su estructura interna y su comportamiento. Algunos pueden estar presentes desde su concepción o construcción, otras pueden haberse contraído durante alguna etapa de su vida útil, y otras pueden ser consecuencia de accidentes.

2.2.2. AGENTES DE DEGRADACION.

Santos (2012) expresa que "el concreto está sujeto a varios agentes de degradación que afectan su durabilidad. El clima (agua, viento, temperatura, etc.) afecta sobre todo al concreto en estructuras exteriores. La influencia de los agentes agresivos depende del clima, localización geográfica, del micro clima y de la época del año. La degradación del concreto hace que éste deje de desempeñar las funciones iniciales pretendidas."

Santos (2012) refiere que la degradación de las estructuras de concreto armado se puede clasificar en cinco tipos:

- Deterioro del concreto que puede ser por:

  - Agrietamiento.

  - Desintegración local.

  - Defectos de estanqueidad.

  - Erosión.

  - Deterioro por ataque químico o biológico.

- Deterioro de las armaduras que puede ser por:

  - Corrosión de las armaduras.

  - Rotura de las armaduras.

- Deterioro de otros materiales:

  - Apoyos articulados.

  - Materiales estancos.

- Deformaciones excesivas:

  - Desplazamientos.

  - Vibraciones excesivas.

  - Movimientos anormales en los apoyos.

Las causas de la degradación del concreto pueden ser:

- Humanas, es decir, durante la concepción del proyecto y durante la fase de ejecución. Ejemplos de causas humanas son los cálculos incorrectos, la mala concepción, detallamiento deficiente, deficiente ejecución, mala interpretación de los diseños, modelos de análisis inadecuados.

- Acciones naturales:

  - Acciones físicas.

  - Acciones químicas.

  - Acciones biológicas.

2.2.3. CAUSAS MECANICAS Y FISICAS DE DEGRADACION.

2.2.3.1. CICLO DE HIELO-DESHIELO.

El ciclo hielo-deshielo ocurre cuando el concreto endurecido está saturado y expuesto a temperaturas bajas, el agua que queda retenida en los poros capilares se congela y consecuentemente se expande (Páez et al., 2009).

2.2.3.2. TEMPERATURAS ELEVADAS.

En el caso del concreto se tiene que evitar que la temperatura máxima exceda los 500°C porque el concreto sólo resiste temperaturas elevadas hasta los 500° sin sufrir daños (Santos, 2012).

2.2.3.3. TENSIONES TERMICAS

Las tensiones térmicas surgen cuando el aumento de temperatura de una estructura conduce a una variación diferencial de volumen. Pueden ocurrir contracciones o expansiones. Si las tensiones de tracción resultantes superaran a las tensiones resistentes del concreto, ocurre el agrietamiento (Santos, 2012).

2.2.3.4. ABSORCION DE AGUA EN EL CONCRETO.

Cuando el contenido de agua del concreto aumenta, éste aumenta de volumen. Si este aumento de volumen es impedido se generan grietas. Cualquier concreto es más o menos poroso (Santos, 2012).

2.2.3.5. RETRACCION.

La retracción se caracteriza por la disminución de las dimensiones del concreto con el tiempo, y ocurre cuando se desarrollan

tensiones de tracción que resultan del impedimento del concreto al movimiento. Cuando las fuerzas de tracción superan la resistencia a tracción del concreto, se originan grietas (Munizaga, 2009).

2.2.3.6. RETRACCION DURANTE EL ENDURECIMIENTO

Las reacciones químicas pueden prolongarse durante años, causando disminución de volumen-retracción por endurecimiento. Si hubiera algún bloqueo a la deformación se generan grietas (Munizaga, 2009).

2.2.3.7. FUENCIA Y FATIGA

La fluencia es el aumento de la deformación del concreto cuando está sujeto a tensión constante. Sus consecuencias sólo se manifiestan luego de un periodo largo de tiempo (Santos, 2012).

2.2.3.8. IMPACTOS.

Como el concreto está sujeto a impactos, es necesario evaluar la resistencia bajo éstos. Además de la capacidad de resistencia a impactos es también fundamental evaluar la capacidad de absorción de energía (Santos, 2012).

2.2.3.9. ABRASION.

Es el proceso que provoca el desgaste por deslizamiento. La abrasión depende de las condiciones de servicio a las que está expuesta la estructura. Consiste en el desgaste por fricción de la capa superficial de concreto (Santos, 2012).

2.2.3.10. EROSION Y CAVITACION.

La erosión es el proceso en el que ocurre desgaste, no en seco sino en contacto con agua corriente Es, por lo tanto, un desgaste resultante de la acción abrasiva de fluidos que contienen sólidos en suspensión. El grado de erosión depende del tipo y potencia del agente erosivo y de la calidad del concreto. La cavitación es la pérdida de material debido al contacto y consiguiente impacto de burbujas de

vapor en un flujo de elevada velocidad de un fluido. Se presenta en canales cuando la velocidad del agua es superior a 12m/s y las superficies de contacto son irregulares. Hay desintegración en la superficie del concreto debido a las variaciones de presión (Santos, 2012).

2.2.3.11. FUEGO.

Depende del tipo de cemento, razón agua/cemento, del tipo de agregados, del espesor del recubrimiento y de la dosificación de cemento y también de la temperatura. Obviamente que las temperaturas muy elevadas resultantes de los incendios traen consecuencias negativas para el concreto. Cuanta mayor temperatura generada menor será la resistencia del concreto (Santos, 2012).

2.2.4. CAUSAS QUIMICAS.

2.2.4.1. AGUA PURA.

El agua pura descompone ciertos compuestos de cemento y esto ocurre mediante la disolución del hidróxido de calcio, siendo este ataque muy lento (Gonzáles de la Cotera. 1991).

2.2.4.2. ATAQUE POR ACIDOS.

Resulta de una reacción entre la solución agresiva y los compuestos de cemento, donde por lixiviación ocurrirá la pérdida de resistencia del concreto (Gonzáles de la Cotera, 1991).

2.2.4.3. ATAQUES POR SULFATOS.

Se caracterizan por la reacción química de los iones sulfato con los compuestos de alúmina, iones sulfato, calcio e hidróxidos del cemento Portland, formando etringita y una cantidad menor de yeso. La formación retardada de etringita se caracteriza por un proceso expansivo, donde ocurre agrietamiento generalizado (Gonzáles de la Cotera, 1991).

2.2.4.4. AGUA DE MAR.

Una estructura de concreto en contacto con el mar está sujeta a cargas de impacto. Dando origen a patologías como cavitación y erosión. Además de ello, está sujeta a ciclos de secado/mojado, ciclos de hielo/deshielo y ataque químico (Gonzáles de la Cotera, 1991).

2.2.4.5. EXPOSICION A SALES.

Se presenta una expansión cristalina de sales disueltas que origina la descomposición del concreto. Esta descomposición de sales ocurre debajo de la superficie del concreto (Gonzáles de la Cotera,. 1991).

2.2.4.6. CARBONATACION.

Según Gonzáles de la Cotera, (1991), el dióxido de carbono reacciones con el hidróxido de calcio formando carbonato de calcio:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \Longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

La carbonatación ocurre cuando el dióxido de carbono reacciona en presencia de la humedad con los minerales de cemento hidratado.

2.2.4.7. CLORUROS.

La carbonatación conjuntamente con los cloruros son las principales causas para la despasivación de la armadura en el concreto armado. El problema principal en el ataque por cloruros es la corrosión del acero (Gonzáles de la Cotera, M. 1991).

2.2.4.8. ATAQUE ÁLCALIS-AGREGADO.

Según Gonzáles de la Cotera (1991), el ataque álcalis-agregado ocurre cuando los álcalis liberados por el cemento hidratado reaccionan con los agregados cuyos constituyentes son reactivos.

Pueden presentarse dos tipos de ataques:

- Ataque álcalis-carbonato (contenido calcáreos-dolomíticos);

- Ataque álcalis-sílice (contenido agregados-silíceos).

El agrietamiento en la superficie del concreto sujeto a este tipo de ataque es irregular. En este tipo de ataque las grietas atraviesan las partículas de agregado y la pasta de cemento.

2.2.5. ATAQUE BIOLOGICO.

Se presenta cuando el concreto entra en contacto con aguas residuales que resultan de la actividad metabólica de bacterias y hongos. Estas bacterias y hongos tienen la tendencia a oxidar o azufrar. Los compuestos de azufre en los desechos son reducidos a sulfitos por la acción de bacterias porque en estas condiciones los niveles de oxígeno son muy bajos. El H_2S es un ejemplo de estos componentes que van a la atmósfera y se disuelven en la humedad condensada encima del nivel de la tubería. En caso que haya un nivel elevado de oxígeno o H_2S disuelto se origina H_2SO_4 (Márquez 2015),

2.2.6. CAUSAS ELECTROQUIMICAS DE DEGRADACION.

2.2.6.1. CORROSION DE ARMADURAS.

El acero está protegido en el concreto mediante una película fina de hidróxido de calcio que tiene elevada alcalinidad y, además de esto, el concreto también le confiere una protección al medio ambiente mediante una barrera física que lo separa del medio ambiente. De esta manera, en las condiciones de exposición normales el acero está protegido contra la corrosión mediante una capa de Pasivación (Rojas, 2006).

Las estructuras sumergidas no poseen oxígeno entonces el acero va a oxidarse lentamente y no ocurrirá la corrosión. La capa de pasivación está formada por Fe_2O_3. Esta capa protege al acero de la corrosión mientras que no sea destruida el acero permanecerá sin daño. Cuando se menciona la corrosión entonces se tiene que mencionar las celdas electroquímicas pues la corrosión se presenta como resultados de estas celdas, en las que el ánodo presenta corrosión y el cátodo

reducción. Hay transporte de flujo de electrones que se deslizan del ánodo hacia el cátodo (Rojas, 2006).

Los cloruros provocan la despasivación de la armadura. Pueden ser incorporados en el concreto cuando en la pasta de cemento se usan agregados contaminados o mediante la utilización de adyuvante que contienen cloruro (Rojas, 2006).

Los cloruros solamente penetran en el concreto saturado en presencia de oxígeno. El contenido de cloruros disminuye con la profundidad de la capa de recubrimiento (Rojas, 2006).

2.2.7. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEFICIENTES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS ERRONEOS

Algunos proyectos en fase de diseño no consideran aspectos técnicos todas las cargas de servicio a nivel estático como dinámico, dosificación del concreto en función al uso futuro de la estructura, juntas rígidas entre losas, deformaciones, fugas a través de las juntas, drenaje insuficiente, conjunto deficiente de juntas de dilatación, incompatibilidad de materiales, incompatibilidad de secciones, fluencia no tomada en consideración y otros errores propios de la elaboración del proyecto (Santos, 2012).

En la fase de ejecución del proyecto no se efectúa un adecuado control de los materiales a usarse, como agregados, tipo de cemento y los aditivos apropiados; asimismo la supervisión no es rigurosa en los procedimientos constructivos y se efectúa un control de calidad deficiente, como el caso del concreto, tanto en la dosificación como en su colocación y posterior tratamiento (Santos, 2012).

2.2.8. CAUSAS DE DESINTEGRACION DEL CONCRETO EN LA EJECUCION.

Santos (2012), considera que: las causas más comunes de desintegración del concreto en obra son:

- Vibraciones;

● Deslizamiento de encofrados;

● Depresiones en las superficies del concreto;

● Desencofrado prematuro;

● La contracción, particularmente en el fraguado del concreto;

● Segregación del concreto fresco.

2.2.8.1. DEPRESIONES EN LAS SUPERFICIES DE VACIADO DE CONCRETO.

La depresión en la localización de las superficies de vaciado de concreto surge cuando existen zonas con resistencias distintas y la presencia de vacíos. En estas situaciones se presentará un asentamiento bajo el efecto de su peso propio, originando (Santos, 2012).

2.2.8.2. DESLIZAMIENTO DEL ENCOFRADO.

Cuando el encofrado se mueve durante la fase en la que el concreto pasa de la fase fluida a la fase de fraguado pueden presentarse fisuras y la seguridad de la estructura se pierde porque hay formación de una bolsa de agua en la masa del concreto y si ésta se congela el concreto estallará (Santos (2012).

2.2.8.3. VIBRACION.

Estas vibraciones se refieren a aquellas que ocurren durante el fraguado del concreto, como por ejemplo, la circulación de vehículos, clavado de estacas, entre otras (Santos, 2012).

2.2.8.4. SEGREGACION DEL CONCRETO FRESCO.

Las partículas más pesadas son sedimentadas y este proceso se presenta antes del fraguado del concreto. El concreto endurece primero en la superficie y luego cualquier bloqueo podrá provocar agrietamiento (Santos, 2012).

2.2.8.5. DESENCOFRADO PREMATURO.

Se presenta cuando hay necesidad de efectuar la obra en un plazo muy corto, por lo que se aceleran los trabajos y se retiran los encofrados cunado el concreto armado todavía no tiene la resistencia adecuada, por lo que se presentan grietas graves (Santos, 2012).

2.2.9. INVESTIGACION Y DIAGNOSTICO DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

2.2.9.1. INTRODUCCION.

Porto (2005) y Avendaño (2006), consideran que: cuando se solicita la realización de un informe o investigación acerca de la salud de una estructura de concreto armado es porque está en peligro la seguridad respecto a la capacidad de carga, o porque las expectativas de durabilidad en servicio han decrecido. Las circunstancias que suelen motivar la petición de un diagnóstico acerca de una estructura suelen ser las siguientes:

- Sospecha de una insuficiencia estructural al detectar síntomas o lesiones (fisuras, flechas, etc.)
- Degradación por falta de protección contra las condiciones del entorno (fisuración, corrosión, etc.)
- Dudas, respecto al estado actual de la estructura, al haber estado sometida a unas condiciones límite (incendios. sismos, explosiones, etc.).
- Previsión de un incremento de las cargas actuales a causa de la realización de unas reformas y a un cambio de uso.

En los tres primeros casos el estudio de las lesiones de todos y cada uno de los componentes de la estructura será el arma fundamental que nos permita determinar las causas y de cómo afectan a la estructura. En el último caso las dimensiones, el conocimiento de los materiales y el recálculo estructural serán las herramientas básicas.

Independientemente del caso en el que nos encontremos, la diagnosis de una estructura exige una metodología ordenada en su reconocimiento. Esta se dividirá en etapas de manera que nos permita avanzar paso por paso hasta llegar a conclusiones finales. Las tres etapas fundamentales de todo proceso de investigación de una estructura son:

1. **Informe preliminar o Prediagnosis.** Consiste en un primer reconocimiento de la estructura y permite establecer una primera valoración y la necesidad de una diagnosis de la estructura.
2. **Estudios previos o Diagnosis.** Estudio para el conocimiento de la estructura, recogiendo la información necesaria, mediante ensayos de información complementaria, para determinar el estado con relación a la seguridad y a las expectativas de durabilidad.
3. **Diagnóstico o dictamen final**. El informe definitivo que en base a lo estudiado en las etapas anteriores permite determinar cuáles son los motivos de la enfermedad de la estructura y de qué manera hay que intervenir en ella para solucionar el problema: reparación, refuerzo o sustitución.

2.2.9.2. Informe Preliminar o Prediagnosis

Porto (2005) y Avendaño (2006), considera que: la primera fase del proceso consiste en un reconocimiento inicial de la estructura y especialmente de sus componentes estructurales de concreto para identificar sus características fundamentales y detectar la presencia de síntomas o lesiones. Se realizará mediante la inspección visual de la estructura y con la recogida de la información genérica imprescindible para conocer el estado de la misma.

Los dos objetivos fundamentales de esta etapa son:

1. Hacer una primera valoración de la situación en la que se encuentra la estructura.

2. Decidir la necesidad de acceder a la segunda etapa de diagnosis. El caso de que no debamos seguir al proceso de diagnosis puede venir por dos razones contrapuestas: por el buen estado de la estructura que simplemente requiere de pequeños trabajos puntuales, o por el pésimo estado que no merece malgastar esfuerzo y dinero pues resulta irrecuperable. Fuera de estos dos extremos deberemos de orientar ya la próxima fase indicando las zonas donde debe dedicarse mayor atención, planificar la campaña de inspección y ensayos e incluso recomendar la adopción de medidas urgentes (apuntalamientos, desalojos, etc.) para evitar riesgos por colapso parcial de la estructura.

Las principales acciones a llevar a cabo se resumen en:

- Identificación del tipo de construcción y del papel de la estructura de concreto a analizar.
- Búsqueda de defectos en los elementos estructurales:
- Deformaciones excesivas en elementos horizontales.
- Fisuras o grietas, tanto estructurales como los no estructurales que hayan podido ser producidas por fallos estructurales.
- Cambios de aspecto superficial del concreto.
- Análisis de otros aspectos que puedan afectar al concreto (térmicos, de uso, higrotérmicos, etc.)
- Análisis estructural con un esquema de distribución y descenso de cargas.
- Determinación cualitativa de los materiales.
- Localización de síntomas y lesiones.

Las herramientas a emplear son muy básicas:

- Documentación diversa: planos de la estructura, proyecto de reparaciones si ha sufrido.

- Croquis del sistema estructural y detalles.
- Instrumentación de lectura sencilla: rociador de fenolftaleína, galgas, detector de armadura, higrómetro de agujas, pie de rey, lupas tipo cuentahílos, etc.
- Otros: linterna, maceta, cincel, bolsas etiquetadas, cámara fotográfica, cinta métrica, etc.

EJEMPLO DE INFORME PRELIMINAR:

Porto (2005), indica que: la estructura básica de un informe preliminar puede ser la siguiente:

1. **Antecedentes:** Descripción breve de quien es el peticionario, cual es el problema a estudiar y describir la situación y definición de la construcción.
2. **Información disponible**: Descripción de la información previa disponible, ya sea verbal o escrita. La escrita se describirá sucintamente y se acompañara, completa o resumida, en un anexo.
3. **Resultado de la Inspección:** Datos recogidos en la inspección, así como descripción detallada de los técnicos que la realizan y de las personas que estuvieron presentes. Las fotografías, tomadas así como los croquis realizados, formarán dos anexos independientes.
4. **Análisis del problema:** Razonamiento que se realiza para pasar de la información disponible al diagnóstico y a las conclusiones. Si dicho razonamiento aporta cálculos y no son muy extensos se incluyen en este apartado, de lo contrario se pasarán a un anexo.
5. **Conclusiones:** Con base a lo anterior, se establece un apartado independiente destinado a las conclusiones. Dado el carácter preliminar del documento, es razonable que limite la rotundidad en las conclusiones. Pero que eso no signifique que limite su claridad, estableciendo, por tanto, si es preciso pasar a la siguiente etapa del proceso de investigación. En caso de duda se puede proponer la realización de diagnósticos alternativos.

6. **Plan de actuación:** Generalmente el Informe preliminar no cierra el tema (en aisladas ocasiones puede hacerlo) sino que es un paso obligado para centrar correctamente la investigación. Por tanto usualmente se cierra con un plan de actuación que contemplará:

   Ensayos necesarios: pueden ser muy variados. Sondeos, ensayos de concreto y acero, ensayos geotécnicos, pruebas de carga, mediciones en obra, etc.

   Adquisición de información complementaria: levantamiento de planos, determinación del número y diámetro de armaduras, recubrimientos, etc.

   Realización de cálculos.

   Redacción del informe definitivo.

2.2.9.3. Estudios Previos o Diagnosis

Porto (2005) y Avendaño (2006), consideran que: esta fase consiste en una recogida de información en todos los campos que se considere necesarios para llegar a un conocimiento profundo de la estructura con relación a la seguridad y a las expectativas de durabilidad. Algunas características de esta fase son:

- La diferencia básica entre esta fase y la anterior está en la orientación de los estudios. Esta segunda etapa se dirigirá a los aspectos concretos que se hayan detectado como más significativos en la anterior fase. Dichos aspectos pueden tener razones diversas como las patologías observadas o supuestas que habrá que resolver, las modificaciones estructurales que se prevén, etc.
- Esta fase no la puede afrontar un único profesional, ya que requiere la participación de equipos pluridisciplinares perfectamente coordinados.

- Los medios auxiliares que se requieren son de mayor complejidad, cuyo costo puede representar una partida significativa. (ej.: escalera telescópica)

El objetivo fundamental del estudio previo es el de obtener el conocimiento de la estructura para determinar las causas de las lesiones (si las hay) y definir las intervenciones a realizar. Dicho objetivo se divide en:

- Localización de las zonas en mal estado y que exigen una reparación.
- Obtención de una imagen completa de la geometría de la estructura.
- Conocer las características del concreto y el acero.
- Conocer las solicitaciones a las que estén sometidos los distintos componentes.
- Determinar los elementos y las zonas que deben ser objeto de estudio profundo, con pruebas in situ y/o en laboratorio.
- Conocer todos los parámetros necesarios para comprobar la seguridad estructural y la durabilidad.

Las acciones que se han de realizar para alcanzar los objetivos antes mencionados las podemos dividir en cuatro grupos:

1. **Inspección detallada y análisis estructural.**

   Inspección, toma de datos y representación del sistema estructural, detalles constructivos, síntomas, lesiones y ataques químicos.

   Realización de una hipótesis del estado de cargas y primera valoración de la seguridad estructural.

   Estimación de las cargas.

2. **Toma de muestras y pruebas de laboratorio.**

   Diseño y realización de una campaña de ensayos.

   Cuantificación de los parámetros mecánicos, químicos y tensionales de los materiales.

3. **Comprobación la seguridad.**

   Cálculo de los coeficientes de seguridad.

4. **Valoración de la durabilidad.**

   Determinación de las expectativas de durabilidad mediante la valoración de los procesos de degradación.

   Para la realización del estudio previo podemos auxiliarnos de multitud de herramientas y de los ensayos de información complementaria. Dichos ensayos los podemos clasificar en:

   1. Ensayos destructivos.
   2. Extracción de probetas testigo de concreto.
   3. Toma de muestras de armaduras.
   4. Profundidad de carbonatación.
   5. Otros ensayos destructivos.
   6. Ensayos no destructivos.
   7. Estudio esclerométrico.
   8. Determinación de la fisuración por ultrasonidos.
   9. Corrosímetro.
   10. Otros ensayos no destructivos.
   11. Ensayos de laboratorio.
   12. Presencia de cloruros y sulfatos.
   13. Perdida de sección (grado de corrosión).
   14. Pruebas de servicio.
   15. Prueba de carga.

Algunas recomendaciones para que la recogida de información sea lo más exitosa posible son:

- Preparar previamente la visita identificando cuál es la información que nos interesa recoger, los lugares y la forma de recogerlas puede ahorrarnos mucho tiempo.
- Tener acceso a los puntos de estudio y facilidad de movimiento para una observación detallada y sin obstáculos.
- Reconocer la información importante sin perder detalle y desestimar rápidamente la que no sirve.
- Establecer criterios de muestreo para cada prueba. Es complejo establecer un criterio estándar ya que cada caso tendrá sus propias características particulares como volumen de la estructura, tipología estructural, edad, aspecto, etc.
- Recurrir también a otras fuentes de información útiles, como los documentos relacionados con la estructura, proyectos, proyectos de modificación, estudios geotécnicos; así como la normativa de aplicación cuando se ejecutó la estructura, etc.

Para conocer el funcionamiento de los ensayos se comentarán brevemente en las páginas siguientes.

2.2.9.4. Ensayos Destructivos

Extracción y Rotura de probetas testigo de concreto

Consiste en un ensayo para determinar la resistencia de un concreto endurecido de una estructura mediante la extracción con sonda rotativa de diamante de probetas testigo, y su posterior rotura en laboratorio. Es el sistema más seguro para determinar con fiabilidad la resistencia a compresión pero también es el sistema más costoso y más destructivo, aunque usándolo de forma combinada con un método no destructivo permite reducir el número de extracciones y conseguir correlaciones que permiten hacer buenas estimaciones de las resistencias (Porto, 2005).

Toma de muestras de armaduras

Porto (2005) y Avendaño (2006) indican que: en la toma de muestras de armaduras hay que considerar dos casos:

- Las barras de armado se encuentran a la vista como ocurre frecuentemente cuando ha habido un incendio o los elementos han sufrido una acción corrosiva fuerte. En este caso no es preciso detectar la situación de las barras para tomar la muestra.
- Las armaduras se encuentran en el interior del concreto, protegidas por la capa de recubrimiento. En este caso se localicen las barras por medio de un pachómetro, y después descubrirlas en un tramo de suficiente longitud como para tomar una muestra con cierta comodidad. Posteriormente hay que sustituir el trozo de barra por otro nuevo unido a la barra en la que se ha hecho el corte. Si las barras son de diámetro superior a 20 mm. pueden soldarse para evitar grandes longitudes de solapo, si las barras son de diámetro inferior se recomienda una longitud de solapamiento por cada lado de 50 cm. Cuando se opte por la soldadura hay que descarnar de concreto los extremos de las barras en una longitud de seis diámetros para garantizar la adherencia.

Profundidad de Carbonatación

Porto (2005) indica que este ensayo se emplea para determinar la carbonatación del mortero de cemento Portland, Dicho proceso consiste en la combinación del CO_2 con la portlandita presente en el concreto produciéndose una desprotección química de las armaduras frente a la corrosión.

El ensayo es simple y consiste en impregnar el concreto próximo a las armaduras con un indicador de pH. El producto más empleado es una solución alcohólica de fenolftaleina al 1%. Esto permitirá conocer si la carbonatación es superior o inferior al recubrimiento de concreto.

Otros ensayos destructivos

Aparte de los tres ensayos destructivos antes estudiados existen otros:

- **Pistola Windsor**. Método que se basa en la medida de la resistencia a la penetración de una sonda de acero endurecido. El sistema consiste en una pistola accionada por pólvora que transmite una cantidad de energía determinada a la sonda, provocando su penetración en el concreto. La sonda queda perfectamente introducida en el concreto y mediante un micrómetro se determina la profundidad de penetración. Con este ensayo podemos determinar zonas homogéneas y realizar estimaciones de la resistencia a compresión cuando se correlacionan con probetas testigo.
- **Micro probetas**. Similar al de las probetas testigo. Se basa en la extracción y posterior ensayo de pequeños cilindros (20, 25, 30 mm de diámetro). Las extracciones también se realizan mediante una sonda rotatoria de extremo diamantado y refrigerada por agua. Este sistema es adecuado para aquellos casos en que las características geométricas del elemento no permitan la extracción de probetas testigo.

2.2.9.5. Ensayos No Destructivos

Ensayo esclerométrico o Índice de Rebote.

Según Porto (2005), consiste en un ensayo para obtener la calidad de la capa superficial (3-4 cm.) del concreto. El sistema de funcionamiento está basado en la medida del rebote de una masa de acero, liberada por un percutor al hacer presión con el aparato sobre la superficie del concreto. Una vez que la masa ha impactado vuelve hacia atrás, arrastrando la aguja de una escala graduada donde se lee el resultado.

Ensayos Ultrasónicos.

Según Porto (2005), consiste en un ensayo que determina la velocidad de propagación de los impulsos de las vibraciones longitudinales ultrasónicas que pasan a través del concreto, pudiendo por tanto caracterizar la masa del concreto que se está estudiando. Este ensayo no debe considerarse sustitutivo de los ensayos destructivos sino que se debe considerar como ensayo complementario o adicional.

Medida del potencial de corrosión

Según Avendaño (2006), consiste en un ensayo que se realiza para determinar el estado en el que se encuentra una armadura, que no presenta fisuras en el plano de las barras, con respecto a la corrosión. Para ello se recurre a la medida de potencial eléctrico entre el acero del armado y un electrodo de referencia colocado sobre la superficie del concreto. La medida del potencial de corrosión es un valor de referencia que no permite cuantificar la corrosión que presenta la barra, pero si la posibilidad de que se esté produciendo este fenómeno en el momento de la lectura.

Según Porto (2005), otros ensayos no destructivos son:

Pachómetro: Consiste en un aparato capaz de localizar las barras de acero dentro de un elemento de concreto. Consta de varias sondas y de un módulo de lectura y control; y su funcionamiento se basa en la medida de la resistencia al flujo magnético generado por la sonda, de forma que cuando la sonda se sitúa más cercana a un elemento metálico esta resistencia disminuye. En el mercado actual existen pachómetros que además de determinar la posición y la dirección de las armaduras son capaces de determinar también el diámetro y el recubrimiento de la barra. La fiabilidad de este ensayo no es total ya que en presencia de una acumulación de barras o con barras a mucha profundidad el equipo no da buenos resultados, incluso los propios fabricantes recomiendan que en trabajos de cierta responsabilidad el uso del pachómetro se acompañe de catas. Otras aplicaciones que se le pueden dar al

pachómetro son la comprobación de la separación de los estribos, la presencia de mallas electrosoldadas, etc.

Fisurómetros: Son herramientas que permiten medir el grueso de una fisura y cuantificar su variación en función del tiempo o de la temperatura. Destacan:

Cuentahílos. Pequeño aparato formado por una o dos lentes de aumento y una escala graduada impresa en un cristal. Se emplea para medir el grueso de la fisura sobreponiendo el cuentahílos en la fisura, pudiendo alcanzar una precisión de 0,1 mm.

Deformómetro. Está formado por un cuerpo metálico extensible y un comparador situado en la parte central que capta las variaciones de longitud. Las medidas se realizan por medio de la instalación de dos tetones fijados permanentemente a cada lado de la fisura y colocando los extremos del Deformómetro sobre ellos. Se emplea para el estudio evolutivo de las fisuras en el tiempo, y su precisión alcanza hasta el 0,001 mm.

Fisurómetro de regleta. Regleta de plástico, formada por dos piezas que se fijan cada una de ellas a cada uno de los lados de la fisura de forma permanente y que lleva incorporada una escala graduada, para poder ver la evolución de la fisura en el tiempo.

Extensímetro eléctrico. Consiste en colocar un Extensímetro (captador eléctrico de desplazamientos) fijado a un lado de la fisura y una placa al otro, conectado a un sistema de lectura de datos. Al moverse la fisura el extensímetro genera un potencial eléctrico que es enviado al sistema de lectura que lo traduce en mm de desplazamiento. Este sistema se emplea en lugares de difícil acceso ya que solamente precisa de su montaje inicial y su desmontaje final.

2.2.9.6. Ensayos de Laboratorio

Densidad y porosidad

La densidad y la porosidad son dos parámetros físicos del concreto que van ligados uno al otro, que se pueden determinar en el mismo ensayo y que no sólo son un indicador de la resistencia, sino que también son un parámetro fundamental en estudios de durabilidad de las estructuras. De forma orientativa las porosidades próximas al 15% pertenecen a concretos permeables que posiblemente puedan llegar a presentar problemas, mientras que los superiores al 15% indican que se trata de concretos muy permeables fácilmente atacables en ambientes agresivos (Vélez, 2010).

Permeabilidad

Consiste en un ensayo para la determinación de la permeabilidad al agua bajo presión del concreto endurecido. La permeabilidad al agua de una estructura de concreto está fuertemente influenciada por el grado de compactación, la presencia de juntas, fisuras o heterogeneidades, así como de su conservación. Este ensayo es muy interesante cuando se trata de juzgar la estanqueidad de estructuras de contención de líquidos como los depósitos de agua (Vélez, 2010).

Contenido de cloruros

Porto (2005) indica que: este ensayo sirve para comprobar si existen cloruros en el concreto de un elemento estructural, tanto si proceden de los materiales componentes del mismo como si penetraron posteriormente a lo largo de la vida del elemento. El interés por esta determinación radica en conocer si existen cloruros en las proximidades de la armadura, para poder establecer si han provocado o contribuido al desarrollo de la corrosión de dichas armaduras.

Contenido de sulfatos

Porto (2005) indica que: la combinación de los sulfatos con el aluminato tricálcico, en presencia de agua, provocan la formación de la expansiva etringita, capaz de fisurar el concreto al poder aumentar su volumen. El contenido máximo de sulfatos que debe tener un concreto es complicado determinarlo, y depende del tipo de cemento, del contenido, etc. Valores por encima de 0,7% se pueden considerar peligrosos.

Según Porto (2005) otros ensayos de laboratorio son:

Discriminación de óxidos: Técnica que consiste en determinar la cantidad de cada uno de los óxidos mayoritarios que forman la muestra. Permite obtener los datos necesarios para identificar la naturaleza de la muestra.

Difracción de rayos X: Técnica analítica, empleada en el análisis de muestras de concreto endurecido, que se basa en la respuesta que cada uno de los compuestos cristalinos de un material pulverizado, al impacto de un haz de rayos X. El resultado es un espectro gráfico que permite obtener el tipo de conglomerante, las fases carbonatadas, los tipos de agregados, las fases cristalinas peligrosas, etc.

Análisis térmico diferencial: Técnica basada en registrar la diferencia entre la temperatura suministrada y leída por una muestra y un material inerte, ambos sometidos al mismo régimen de enfriamiento o calentamiento. Los resultados dan un espectro gráfico basado en la entalpía propia de los distintos cambios de fase de los componentes presentes.

Lupa binocular: Técnica que consiste en observar la muestra mediante un aparato dotado de unas lentes de aumento. Permite identificar los tipos de agregados, hacer estimaciones de la porosidad, etc.

Microscopía de lámina fina: Consiste en examinar mediante un microscopio una muestra previamente preparada. Esta preparación se

basa en obtener de la muestra inicial una lámina de pocas micras de grosor, que puede ser observada a distintos aumentos y con luz directa o polarizada. Con esta técnica se pueden conseguir datos fiables del tipo de conglomerante, del tipo de agregado, de la presencia de agentes nocivos, etc.

2.2.9.7. Pruebas de servicio

Pruebas de carga

Aire (2016), considera que: son ensayos destinados a determinar de forma experimental las acciones que una determinada estructura de concreto armado puede soportar en condiciones adecuadas de seguridad. Consisten en aplicar acciones sobre el elemento estructural, generalmente un vaciado, para determinar y analizar la respuesta de dicho elemento ante esas acciones a través de la obtención de unas magnitudes (deformaciones, corrimientos, etc.) en una serie de puntos críticos de la estructura

2.2.10. Diagnóstico o dictamen final

Se trata del informe definitivo que define cuales son los motivos de la enfermedad de la estructura y de qué manera hay que intervenir en ella para solucionar el problema: reparación, refuerzo o sustitución. Con los resultados obtenidos en las dos etapas anteriores es ahora cuando se realiza su evaluación e interpretación para comprobar de que manera las patologías de la estructura han afectado a los dos factores básicos de una edificación: la seguridad respecto a la capacidad de carga y a las expectativas de durabilidad en servicio (Porto, 2005).

2.2.11. INTERPRETACION Y EVALUACION DE LOS RESULTADOS:

Muñoz (2011), describe este acápite como sigue:

Respecto a la seguridad estructural:

La seguridad estructural de cualquier edificación se logra a través de las siguientes acciones:

Aplicación de unos coeficientes de seguridad.

Ponderación de las acciones.

El valor supuesto de las acciones siempre está por encima del valor real.

El ajuste de dimensionado siempre es superior al dimensionado analítico.

Una ampliación de la seguridad debido a la comprobación del dimensionado bajo aspectos de servicio (deformaciones).

Cuando una estructura presenta patologías es posible que su seguridad estructural se haya visto reducida, por tanto, es labor del técnico plantearse si esta hipótesis es cierta y en qué medida afecta. Generalmente cuando las causas de las patologías de la estructura son por defectos de comportamiento estructural (baja resistencia de los materiales, defectos de cálculo o dimensionado, defectos en la ejecución, etc.) resulta obligatorio una evaluación de la seguridad; pero cuando los daños estructurales son por causas ajenas a la propia estructura (presencia de humedades, ambientes agresivos, etc.) no es preciso una evaluación y bastaría con intervenir las zonas que provocan el daño.

La comprobación de la seguridad de la estructura se puede realizar a través de tres métodos distintos:

Comprobación analítica: Consiste en un recálculo de los esfuerzos conocidas las características mecánicas de los materiales y los valores de las acciones sobre los elementos estructurales de forma que en función del dimensionado existente se valora el nivel de seguridad con respecto a la normativa

Comprobación experimental: Consiste en la realización de pruebas de carga (ver pág. anterior) sobre elementos estructurales cuya seguridad se quiere evaluar.

Comprobación empírica: Esta forma de comprobación es la más operativa, pero a la vez la menos fiable. Consiste en aplicar el sentido común a la estructura, de tal forma que si una estructura con diez años de vida útil no ha sufrido lesiones por deficiencias de comportamiento estructural ha demostrado su eficiencia; por tanto sino varían las solicitaciones sobre la misma no es necesario evaluar su seguridad

Respecto a la durabilidad:

La durabilidad de una estructura de concreto se puede definir como su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural.

2.2.12. INTERVENCION EN UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

2.2.12.1. INTRODUCCION:

Porto (2005), señala que: una vez tengamos las conclusiones del dictamen final acerca de las causas de las patologías de la estructura de concreto, se debe llevar a cabo la intervención sobre dicha estructura para solucionar su problema.

Podemos agrupar las posibles formas de intervenir en las estructuras de concreto en cuatro apartados:

- **Actuaciones de urgencia:**

  Puede suceder que durante la diagnosis observemos que algún elemento estructural se encuentra en una situación límite siendo un riesgo evidente mantenerlo en servicio, por lo tanto, se debe proceder con celeridad y actuar de forma adecuada: el apuntalamiento, y el desalojo del edificio si fuese necesario.

- **Prevención y protección:**

  En ocasiones con aplicar una protección superficial a la porosidad y a las posibles microfisuras del concreto, de forma que se impermeabilice puede ser suficiente. En algunos casos también puede ser recomendable, siempre que la diagnosis lo permita, no hacer ningún tipo de actuación y plantearse un control periódico de los puntos críticos de la estructura.

- **Reparación y refuerzo:**

  Aquí se engloban los casos en los que una simple protección no resulta suficiente y debemos plantearnos otra solución:

  Saneamiento de la zona afectada y reconstrucción de la misma.

  Reparaciones puntuales mediante inyecciones o rellenos.

  Refuerzos por la pérdida de capacidad mecánica del elemento mediante armaduras o estructuras colaborantes.

- **Sustitución:**

  En aquellas situaciones en las que la perdida de incapacidad estructural es tal que la sustitución de la estructura por otra nueva. Esta sustitución puede ser física, derribando el elemento degradado para poner otro en su lugar; o solo funcional basado en la anulación de las funciones que realiza el elemento mediante la introducción de nuevos elementos resistentes que asuman los esfuerzos.

2.2.12.2. Preparación o saneado de la superficie del concreto

Cuando hay que realizar una reparación o refuerzo en la que es necesario aplicar un material nuevo adherido sobre un concreto existente, la aplicación debe comenzar con una preparación adecuada de la superficie de dicho concreto. Esta preparación superficial es imprescindible para obtener uniones eficaces garantizando la adherencia entre el concreto y el material a unir, eliminar las sustancias contaminantes de la capa de concreto deteriorado, y en definitiva obtener una reparación durable (Lago, 2015).

2.2.12.3. Protección superficial del concreto

Lago (2015), considera que: una vez la superficie dañada ha sido saneada, se puede nos podemos encontrar dos situaciones:

- La patología no es grave y la aplicación de una protección superficial es suficiente.
- La patología es grave y precisa de una reparación en toda regla, o incluso un refuerzo.

2.2.12.4. Reparación y refuerzo de la estructura

Lago (2015), indica que: cuando la acción de los elementos agresores sobre el concreto ha sido tan importante que la protección de la superficie no es suficiente nos debemos plantear otro tipo de actuaciones para solucionar el problema. Las actuaciones que se estudian en este apartado son:

- **Reparaciones superficiales**. Son deterioros de la superficie como coqueras o rotura de aristas que no tienen gravedad estructural, pero pueden suponer una puerta abierta a los agentes agresivos.
- **Reparación de fisuras.** Una de las lesiones más habituales en el concreto son la aparición de fisuras o grietas de diferentes tamaños y causas, que no implican peligro estructural. El relleno o inyección de estas fisuras resulta imprescindible para acabar con ellas.
- **Refuerzo.** Es la situación que se produce cuando hay que mejorar la capacidad resistente y las condiciones de seguridad de la estructura. Las causas más comunes que pueden provocar la necesidad de refuerzo son:

  Aumento de las cargas portantes.

  Errores en el proyecto.

  Errores en la ejecución de la estructura: concreto con insuficiente resistencia, armaduras cortadas por bajantes, mala interpretación de planos, etc.

  Accidentes de la estructura: choques, explosiones, etc.

  Cambios en el esquema estructural: cambios de uso.

2.2.12.5. MATERIALES DE REPARACION Y REFUERZO:

Porto (2005), señala que: los productos que se pueden emplear para la reparación y el refuerzo del concreto se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- De base inorgánica. Son los que están compuestos de cemento, pudiendo dividirse en dos grandes grupos: los tradicionales que se basan en el

empleo del cemento Portland. y los no tradicionales que pueden emplear cemento Portland, aluminoso, mezclas de ambos, etc.

- De base orgánica. Están basados en resinas o polímeros como las epoxídicas, poliéster, poliuretanos, etc. Se pueden presentar en muy diversas formas: morteros, masillas, etc.
- De base mixta. Son materiales que tienen por base cementos inorgánicos, generalmente Portland, y polímeros, normalmente termoplásticos.

Mientras que los requisitos que deben cumplir los materiales a emplear en reparaciones y refuerzos son:

- Tener mayor durabilidad que el material estructural existente.
- Proteger el acero mejorando la alcalinidad del medio que lo rodea haciéndolo impermeable.
- Tener una estabilidad dimensional adecuada con una mínima retracción y fluencia.
- Presentar una buena adherencia tanto con el acero como con el concreto.

2.2.12.6. Reparación de Concreto

Reparaciones superficiales

Porto (2015), indica que: la mayoría de las reparaciones superficiales que se realizan sobre el concreto armado no presentan ningún riesgo desde el punto de vista estructural, pero si reducen la durabilidad del concreto puesto que favorecen la pérdida de impermeabilidad ante los agentes externos; además de dar una mala imagen estética. Los principales deterioros superficiales son:

- Nidos de grava.
- Coqueras.
- Rotura de aristas.
- Perdida de lechada superficial.
- Textura superficial o estética inadecuada.
-

2.2.12.7. Refuerzo de elementos estructurales

Recrecidos de concreto armado

Consiste en incrementar la sección de concreto del elemento estructural dañado o debilitado, aumentando de esta forma su capacidad resistente.

1. Recrecido de columnas

El refuerzo de columnas de concreto que no tienen la resistencia de proyecto como la consecuencia de una mala calidad de concreto o de falta de armadura, y de aquellos que siendo de buena calidad y estando bien armados han de estar sometidos a cargas superiores para las que fueron proyectados se puede realizar mediante el recrecido de las caras de los mismos en toda su altura con concreto de adecuada resistencia. A estas columnas se les colocará una armadura principal de cuantía similar a la existente que se diseñará para absorber todas las solicitaciones de la columna dañada (Río, 2008).

2. Recrecido de vigas

Consiste en incrementar la sección de concreto (y normalmente también la de acero) de la viga para aumentar la capacidad resistente a flexión, a cortante o a ambas (Río, 2008).

Refuerzo con perfiles metálicos

Consiste en adosar exteriormente perfiles laminados de acero a los elementos de concreto armado a reforzar (Río, 2008).

Refuerzo con chapas de acero encoladas con epoxi

Este sistema consiste en encolar con adhesivos de naturaleza epoxídica bandas de acero de sección conveniente en las zonas a reforzar de los elementos de concreto armado (Río, 2008).

Otras técnicas de refuerzo

Postensado adicional: Técnica empleada en el refuerzo de estructuras que han llegado a una situación grave de debilidad estructural, que no pueden ser solucionables con otros sistemas. La técnica consiste alojar unos cables o alambres en huecos o taladros realizados en los elementos a postensar (Río, 2008).

Impregnación con polímeros: Sistema que en su origen se emplea como protector superficial en las zonas de puentes en los que se usan sales para evitar las heladas (Río, 2008)

2.2.12.8. Reparación de daños causados por acciones específicas

Acciones físicas

Porto (2005), indica que: el concreto armado puede estar sometido a diferentes acciones de tipo físico que pueden llegar a provocar una disgregación o pérdida de integridad. Las diferentes acciones físicas son dos:

- Erosión, ya sea por abrasión por el paso continuo de vehículos o personas sobre una superficie; o por cavitación que se produce por el paso del agua a gran velocidad como sucede en obras hidráulicas.
- Acción del hielo y deshielo, que suelen sufrir concretos situados en el exterior o que se encuentran por encima y por debajo de los cero grados.

Acciones Químicas

Porto (2005), explica que:

- Los daños causados por las acciones químicas se pueden dividir en los siguientes tipos:
- Ataque por ácidos que reaccionan con el cemento endurecido.
- Ataque por sulfatos que reaccionan con los aluminatos del concreto.
- Reacción álcali-sílice de los agregados reactivos.

Los concretos que vayan a estar expuestos en ambientes agresivos y con riesgo evidente de ataque químico deben realizarse con cementos adecuados, deben compactarse cuidadosamente, y sobre todo, se debe eliminar la presencia de agua en contacto con estos concretos por medio de barreras, drenes y diseños estructurales que alejen y eviten el contacto del agua.

Fuego

El concreto armado presenta un comportamiento bueno frente al fuego especialmente cuando se han diseñado y ejecutado los elementos estructurales con los recubrimientos óptimos, ya que el factor débil ante el fuego son las armaduras de acero. Los daños que puede tener una estructura de concreto armado dependen de la gravedad del incendio, estos pueden exigir desde pequeñas intervenciones hasta la demolición (Porto (2005).

Sismo

Cuando una estructura sufre un sismo o un terremoto va a estar sometida a vibraciones en cualquier sentido que se traducen en empujes horizontales que afectan a todas las plantas de dicha estructura. Estos efectos que provoca el sismo pueden incrementarse debido a la resonancia que consiste en una repetición periódica de los movimientos; de forma que puede resultar más peligroso la repetición prolongada de sismos de baja intensidad que otro de gran intensidad, pero de corta duración (Porto, 2005).

2.2.13. PLAN SECUENCIAL DE INSPECCION Y DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS

2.2.13.1. PLAN SECUENCIAL.

Dimaio et al. (2003) y Porto (2005) consideran las siguientes actividades que serán expuestas secuencialmente su mejor comprensión. Esta secuencia presenta un número de actividades genéricas, que se desarrollan independientemente del tipo de patología.

1. Inspección y Examen Visual.
2. Análisis de Aspectos Ambientales.
3. Factibilidad de Medidas de Emergencia.
4. Actuaciones o Intervenciones.

Apuntalamiento Estructural

Arriostramientos.

Evacuación.

Cierre o Precintado.

5. Historial de la Estructura.
6. Mapeado y Registro de los Síntomas y Daños Detectados.
7. Identificación de Errores y Fallos de Diseño o Ejecución.
8. Análisis del Proyecto.
9. Mediciones, Instrumentación, Ensayos In Situ y de Laboratorio.
10. Obtención de Nuevos Datos.
11. Recolección de Datos.
12. Análisis de Datos.
13. Diagnóstico.
14.- Informe Preliminar.
15.- Verificación de Resultado Satisfactorio.
16.- Rehabilitación.
17.- Refuerzo.
18.- Limitación de Uso.
19. Demolición.
20. Intervención para la Extensión de la Vida Útil de la Estructura.
21.- Fin de la Secuencia.

Básicamente las actividades de un estudio de Patología se dividen en tres partes:

1. La recopilación de toda la información posible, documental, inspecciones, ensayos, pruebas, etc.
2. El análisis de todos los datos recogidos, incluyendo los filtros de aproximación al problema y toda la actividad de cálculo necesaria para procesar los datos obtenidos en la primera parte.

3. Definición de la Patología, el Diagnóstico en sí, las Conclusiones y Recomendaciones sobre la referida Patología, que deberán quedar reflejados en informes y protocolos de actuación en función de la gravedad de la(s) Patología(s) detectada(s).

2.2.13.2. NIVELES CUALITATIVOS DE DETERIORO O DAÑO DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

0 Ninguno: La estructura no presenta ninguna patología y puede ponerse o continuar en servicio.

1 Ligero: La estructura presenta señales incipientes de alguna patología y puede mantenerse en servicio.

2 Medio Bajo: La estructura presenta señales visibles de alguna patología que podría limitar el servicio y es recomendable que se evalúe y se haga mantenimiento.

3 Medio: La estructura presenta alguna patología extensa y que limita seriamente el servicio y es recomendable que se interrumpa su servicio yse proceda a su mantenimiento, refuerzo o rehabilitación.

4 Severo: La estructura presenta una o varias patologías extensas y impiden su operación y servicio. Se recomienda su sustitución de las partes dañadas.

6 **Muy Severo:** La estructura presenta una o varias patologías extensas en el grado que su colapso es inminente. Se recomienda su demolición

2.2.13.3. NIVELES CUALITATIVOS DE DETERIORO POR CARBONATACION DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

0 Ninguno: La estructura no presenta ninguna reacción a la Fenolftaleína.

1 Ligero: La estructura presenta de 0 a 5 % de coloración de la profundidad de la prueba.

2 Moderado: La estructura presenta de 6 a 20% de coloración de la profundidad de la prueba.

3 Regular: La estructura presenta de 21 a 40 % de coloración de la profundidad de la prueba.

4 Elevado: La estructura presenta una de 41 a 100% de la coloración de la profundidad de la prueba.

2.3. Definición de términos.

Concreto Armado: Es la combinación de materiales que forman el concreto reforzado con varillas de acero y en conjunto permiten la obtención de las propiedades requeridas, según el diseño, y con transcurso del tiempo desarrollen la capacidad de resistir las fuerzas de compresión, tracción y flexión.

Conservación o mantenimiento: Es toda actividad encaminada a permitir que la estructura cumpla con las misiones para las que se ha proyectado o mantenga su apariencia y estado original.

Daño: El daño es consecuencia de sobrepasar un estado límite de la estructura durante su uso o explotación. Los daños no se refieren únicamente a acciones de tipo mecánico, sino que pueden tener su origen en acciones de tipo físico o químico.

Defecto: Es el exceso sobre los límites de tolerancia de alguna propiedad de la estructura al aceptarla, o incluso si se descubre posteriormente a la aceptación.

Degradación: Es el envejecimiento o deterioro que sufre la estructura con el uso, haciendo que cada vez se vaya separando más del estado nominal. Esta degradación es muy influenciada por el uso, tiempo transcurrido, condiciones ambientales, etc.

Diagnóstico Patológico: Diagnóstico al que se llega mediante el estudio de la composición y comportamiento de los materiales del concreto, especialmente de las alteraciones físicas del concreto mediante técnicas de reconocimiento y empleo de instrumentos para tal finalidad.

Elementos Estructurales: Aquellos elementos diseñados independientemente para soportar las fuerzas que actúan por interacción de los mismos y fuerzas externas.

Evaluación: La evaluación es el proceso de determinar si una estructura o uno de sus componentes es adecuado para el uso pretendido, mediante el análisis sistemático de la información y los datos recolectados a partir de la revisión de la documentación existente, la inspección de campo, las condiciones de servicio, y los ensayos de los materiales.

Patología estructural: La patología del concreto se define como el estudio sistemático de los procesos y características de las "enfermedades" o los "defectos y daños" que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y remedios. En resumen, se entiende por Patología a aquella parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto.

Reparación: Conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado

constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad estructural original. El proceso de reparación comienza una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión.

Reservorio Apoyado: Los reservorios apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo

Reforzamiento: Los trabajos en la estructura para incrementar la respuesta resistente del elemento.

Rehabilitación: Es aquella acción constructiva o edificatoria que se realiza para mejorar algunas de las condiciones de usabilidad de la estructura, de seguridad estructural y constructiva, de protección contra la presencia de agua y humedades.

Sustitución: Es una operación que tiene por finalidad sustituir o reponer elementos estructurales que tienen una vida intrínsecamente inferior a la vida de servicio del resto de la estructura, como pueden ser apoyos, juntas de expansión, etc.

Daño: El daño es consecuencia de sobrepasar un estado límite de la estructura durante su uso o explotación. Los daños no se refieren únicamente a acciones de tipo mecánico sino que pueden tener su origen en acciones de tipo físico o químico.

III. METODOLOGIA.

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.

3.1.1. Tipo de Investigación

Por su propósito esta investigación es **aplicada**.

Por el tipo de variables que se evaluarán, es de tipo cualitativa.

Por el tipo de conocimiento que se adquirirá, es una investigación Exploratoria y Proyectiva, considerando que:

1. Investigación Exploratoria

Son las investigaciones que pretenden darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido, y cuando más aún, sobre él, es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad. Suele surgir también cuando aparece un nuevo fenómeno que por su novedad no admite una descripción sistemática o cuando los recursos del investigador resultan insuficientes para emprender un trabajo más profundo (Cazau, 2006).

Los estudios exploratorios nos sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real, investigar problemas del comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones (postulados) verificables. Esta clase de estudios son comunes en la investigación del comportamiento, sobre todo en situaciones donde hay poca información (Cazau, 2006).

2. Investigación Proyectiva

Este tipo de investigación, consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores

involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo (Sneiderman, 2006).

En toda investigación científica es necesario que los hechos estudiados, así como las relaciones que se establezcan entre éstos, los resultados obtenidos y las evidencias trascendentes encontradas en relación al problema investigado, sean confiables, objetivos y válidos, por lo tanto, es imprescindible delimitar los procedimientos de orden metodológico mediante los cuales se intenta dar las respuestas a los objetivos planteados en la investigación (Bueno Sánchez, 2003).

Por lo tanto, el marco metodológico de la presente investigación, trata de detallar el conjunto de métodos, técnicas y protocolos instrumentales utilizados en esta investigación que facilitan la obtención de datos fiables y objetivos con el fin de desarrollar un programa de diagnóstico y propuesta de rehabilitación de un reservorio apoyado de concreto armado para abastecimiento de agua potable.

Para seleccionar la metodología más idónea que permita la solución del problema planteado, es de vital importancia realizar un análisis detallado del mismo que facilite la clasificación y ubicación de la investigación en su contexto. Existen muchos modelos y criterios de clasificación de las investigaciones, y se pueden clasificar según su propósito, su nivel y su diseño (Bueno Sánchez, 2003).

3.1.2. Desarrollo de la metodología

Las actividades que se realizaron para la redacción de los dictámenes contemplaron la realización de visitas, que permitieron la identificación y el registro de las anomalías por medio de la observación de los síntomas. En esa perspectiva, el estudio suministró análisis completos, con diagnóstico del cuadro patológico, y la evaluación de la gravedad o de su grado de criticidad, en función a la seguridad de las estructuras. El informe indicó las intervenciones dirigidas a erradicar los problemas, mediante recomendaciones para corregir daños superficiales o pequeñas reparaciones: también recomendaciones para devolver o restablecer el desempeño original perdido (recuperación) y la propuesta de refuerzo de los elementos estructurales, en el caso de riesgo de colapso o por la identificación de alguna falla de proyecto o ejecución que pueda comprometer la estabilidad de la estructura del reservorio.

La investigación consistió inicialmente en un análisis histórico de las estructuras, es decir, una recopilación y organización detallada de datos, que fue

imprescindible para el conocimiento macro y profundo de los problemas. En esta etapa, se verificó, la edad de la estructura, el histórico de mantenimientos/reparaciones realizados, los materiales y técnicas empleadas durante la obra, el tipo de productos utilizados en el tratamiento del agua, eventos que pueden interferir en la estructura, ocurrencia y localización de fugas, operaciones diarias, etc. Luego, se realizó una inspección preliminar con un examen visual para caracterizar todos los síntomas. En algunos casos fueron necesarios algunos ensayos tecnológicos complementarios, que permitieron la evaluación de los problemas. Se pueden citar algunos de tales ensayos:

a) **Profundidad de carbonatación**. Realizado de acuerdo con las recomendaciones de la RILEM (Reunion Internationale de Laboratoires D'essais et Materiaux): ''Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth'', recomendación CPC-18. En este método, la profundidad de carbonatación se determinará mediante la aspersión de indicadores apropiados de pH sobre el concreto recién quebrado. El indicador que se utilizará será la fenolftaleína diluida en alcohol (1%).
b) **Actividad y abertura de grietas**. Mediante la aplicación de sellos de yeso transversales a las grietas. Al ocurrir el movimiento de la grieta, la tendencia es el agrietamiento del sello de yeso por ser un material frágil. Para la determinación de la abertura de la grieta se utilizará fisurómetros o paquímetros.
c) **Pérdida de la sección de la armadura**. Con la utilización del paquímetro y conociendo el proyecto estructural original del reservorio, se determinará la pérdida de sección causada por la corrosión.
d) **Ensayos de Percusión**. Con la utilización de un martillo de goma, se realizarán golpeteos en la estructura, con la finalidad de auscultar y definir si el concreto presenta buenas condiciones.
e) **Espesor del recubrimiento del concreto**. Con la utilización de una regla o con el paquímetro, es posible verificar si el recubrimiento fue ejecutado de acuerdo a lo que consta en el proyecto original.

La investigación evaluó los factores importantes en el deterioro del concreto y la despasivación de la armadura.

La investigación muestra las principales manifestaciones patológicas en reservorios de concreto armado para abastecimiento de agua potable en la ciudad de Huaraz, además presenta las principales opciones para su recuperación mediante

consultoría a realizarse para la empresa abastecedora de agua potable en la ciudad de Huaraz.

La presentación y análisis de resultados se basó en el criterio adoptado para la evaluación técnica de las estructuras en función a la vida útil, de las condiciones de riesgo y grado de urgencia para la intervención, en lo que se refiere a los factores de conservación, depreciación, salud, seguridad y funcionalidad de los elementos o sistemas de las estructuras.

La evaluación definió el impacto que se encuentra en la estructura, que puede ser: recuperable, cuando causa pequeños perjuicios a la estética o actividad programable o planeada del sistema; parcialmente recuperable, cuando provoca la pérdida de la funcionalidad o la pérdida puntual del desempeño y deterioro precoz; irrecuperable, cuando provoca pérdida excesiva del desempeño, causando paralizaciones, además de comprometer la vida útil de la estructura. A partir de ahí, se determinaron las probabilidades de riesgos a la salud y a la seguridad de los usuarios y del medio ambiente. Finalmente se definió si la estructura requiere una intervención inmediata, o a medio o corto plazo.

3.1.3. Método de Investigación

Método inductivo-deductivo:

Este método se utiliza cuando se observan hechos particulares y se obtienen proposiciones generales. Esto significa que es un proceso mediante el cual, a partir del estudio de casos particulares, se obtienen conclusiones o leyes universales que explican o relacionan los fenómenos estudiados. El método inductivo utiliza la observación directa de los fenómenos, la experimentación y el estudio de las relaciones que existen entre ellos. Este enfoque implica separar los actos más elementales para examinarlos en forma individual, observar sus relaciones con fenómenos similares, formular hipótesis y a través de la experimentación, comprobarlas (Dávila, 2006).

La deducción desciende de lo general a lo particular. Este método parte de datos generales aceptados como verdaderos, para inferir, por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones. Este enfoque se basa en certezas previamente establecidas como principio general, para luego emplear ese marco teórico a casos individuales y comprobar así su validez (Jurado, 2002).

3.1.4. Diseño de la Investigación

Vallejo (2002) considera que: el diseño de investigación, es la estrategia que adopta el investigador, para responder al problema planteado. Se refiere a dónde y cuándo se recopila la información, así como a la amplitud de la información recopilada.

El **DONDE** alude a las fuentes y se clasifica en:

Diseño de Campo: Cuando la información se recoge en un contexto natural o si son fuentes vivas.

Diseño de Laboratorio: Cuando la información se recoge en un ambiente artificial o creado.

Diseño Documental: Si las fuentes no son vivas o aquella que se basa en la obtención y análisis de los datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.

Diseño Experimental: Proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos o determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente).

Pueden utilizarse diseños de fuentes mixtas.

El CUANDO alude a la perspectiva temporal del diseño:

Diseño Histórico o Retrospectivo: Cuando está dirigido a reconstruir hechos pasados.

Diseño Contemporáneo: Cuando el propósito es obtener información de un evento actual.

Diseño Evolutivo: Estudia el evento en su proceso de cambio a lo largo del tiempo por ello necesita hacer mediciones repetidas.

Diseño Transeccional: Estudia el evento en un único momento del tiempo. Puede haber diseños históricos evolutivos o históricos transeccionales, contemporáneos evolutivos o contemporáneos transeccionales.

Como la investigación es del tipo exploratorio y proyectivo en la que es difícil determinar la estructura del modelo o propuesta metodológica a desarrollar,

el diseño de la investigación mantendrá una dinámica de ajustes y modificaciones que no pueden determinarse en esta fase de la investigación.

3.2. Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico

3.2.1. Población y Muestra

La población considerada en nuestra investigación se compone de todos los reservorios de concreto armado de la empresa administradora de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huaraz, Región Ancash, Perú.

3.3. Instrumentos de recolección de la información.

3.3.1. Técnicas e Instrumentos

Las técnicas que se aplicarán son:

a). Técnicas para recolectar información:

Observaciones directas, revisión de archivos, publicaciones, investigaciones previas, compendios estadísticos, datos históricos, entre otros de menor relevancia. Se elaborarán formularios estandarizados para la toma de datos en campo y se generarán catálogos de códigos y descripciones de todos los elementos de información necesarios para la consecución del objetivo principal de la investigación.

b). Técnicas para el procesamiento y análisis de datos:

Tablas, diagramas, gráficos diversos y estimaciones de costos y rendimientos por partidas de trabajo.

Cuadros sinópticos y diagramas de flujo de los procesos intervinientes en la construcción de la edificación propósito de la investigación.

c) Como ésta es una investigación principalmente de tipo proyectiva, donde la determinación inequívoca de la información pertinente y de los procesos involucrados es de difícil predicción, en el transcurso de la investigación se identificarán las técnicas más adecuadas para el logro de los objetivos especificados.

3.3.2. Fuentes de Información

Las fuentes de información que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto de graduación están dentro de las siguientes categorías:

Investigación Mixta

Esta consiste en la aplicación de investigación documental e investigación de campo de una forma conjunta.

Para la investigación se tomó en cuenta la información brindada por el propietario del proyecto.

Fuentes Primarias:

Las fuentes primarias corresponden a aquellos trabajadores de la empresa que conocen el desarrollo histórico de las estructuras estudiadas. Para extraer esta información se utilizará el método de entrevista. (Eyssautier, 2002).

Las fuentes primarias correspondientes a este trabajo de investigación son el grupo de diseñadores y el propietario del proyecto.

Fuentes Secundarias:

Se refieren a todos aquellos portadores de datos e información que han sido previamente retransmitidos o grabados en cualquier documento

3.4. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.

En primera instancia se realizó un análisis comparativo entre la información inicial (antes de la aplicación) y final (luego de la aplicación de la metodología), en el proyecto y en lo que se refiere a los procesos de diagnóstico, evaluación y propuesta de rehabilitación del reservorio.

IV. RESULTADOS

4.1. INSPECCION Y DIAGNOSTICO DE RESERVORIOS CIRCULARES APOYADOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE HUARAZ-AÑO 2017

Es importante mencionar que en el plan de inspección y ensayos en los reservorios se planteó usar dos equipos para ensayos no destructivos: el ultrasonógrafo y el termógrafo, para caracterizar de modo más preciso el estado del concreto y el acero, sin embargo, no se pudo adquirir por la demora en la importancia y entrega, así como su alto precio. El alquiler de tales equipos no está disponible en el Perú.

De acuerdo al plan metodológico propuesto para el proceso de inspección y diagnóstico de reservorios de concreto se eligieron dos reservorios específicos en el área de influencia de la EPS Chavín de Huaraz.

4.2. DATOS PRINCIPALES DEL RESERVORIO N° 1:

UBICACIÓN: Zona urbana del distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, Región Ancash en el Paraje denominado Batán en la Av. Diego Ferrer donde funciones las oficinas de la Empresa EPS Chavín-Huaraz.

INFORMACION PRELIMINAR

COORDENADAS UTM: 18 L E 0223500 N 8945345

ALTITUD: 3124 msnm

DIMENSIONES:

Diámetro: 12 m

Altura: 7.5m.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:

800m3.

CARACTERISTICAS:

- Losa de cobertura de concreto de 20 cm de espesor.
- Paredes del reservorio de espesor de 30cm.
- Columnas internas centrales de 35cmx35cm que soportan la losa de cobertura.
- Cámara lateral estanca con acceso independiente.
- Tres (3) escotillas superiores en la losa de cobertura.
- Dos (2) escaleras de gato ancladas en las paredes internas del reservorio.
- Viga circular de concreto armado en la parte superior que soporta la losa plana de cobertura.
- Una escalera de caracol externa para acceder a la parte superior del reservorio.
- Caseta de válvulas, ubicada lateralmente al reservorio.

ACCESO:

Al encontrarse en una zona urbana y dentro del predio donde funcionan las oficinas administrativas y técnicas de la EPS Chavín-Huaraz, el acceso y fácil.

OBSERVACION:

Actualmente se encuentra fuera de funcionamiento, por lo que es conveniente una intervención técnica para inspeccionar y diagnosticar su estado actual y su posible rehabilitación y puesta en uso.

4.3. INSPECCION PRELIMINAR DEL RESERVORIO N°1 Paraje Batán

Previamente se hizo los preparativos de la visita e inspección preliminar, recabando planos catastrales y mapas de referencia.

Se dispuso la selección de instrumentos de medida, equipos y accesorios como: dispositivo de ubicación global GPS, cinta métrica, flexómetro de 30 m, medidor de fisuras, lupas, cámara fotográfica, espátulas, frascos y sobres para

muestras, martillos de jebe, linternas y equipo de protección personal como botas de jebe, arneses de seguridad, sogas de nylon y escaleras extensibles.

Se determinó la ubicación geográfica, coordenadas y altitud en el terreno. El clima preponderante en el área estudiada es de templado a frío (gradiente de temperatura de -5°C a 30°C), con lluvias moderadas a intensas de octubre a abril principalmente.

Al no haber industrias que emanen gases contaminantes que puedan reaccionar con los materiales de la estructura y por la humedad relativa baja de un clima seco como el de la zona, es muy probable que no haya patologías de origen químico. A considerar, podemos mencionar el impacto contaminante de la extracción minera en zonas cercana a Huaraz, así como la emanación de gases por el consumo de combustibles en los vehículos de transporte en la zona de Huaraz,

La estructura es un reservorio circular de concreto armado apoyado en la superficie. No se observa asentamientos en la estructura, el suelo circundante es estable y no se observa alteraciones que podrían indicar peligros eventuales.

No hay muestras de ataque biológico en la estructura, no hay líquenes o vegetales arraigados en su superficie o en grietas o fracturas.

Se procedió a determinar sus medidas y sus componentes. Las tuberías y válvulas metálicas se encuentran corroídas, casi en su totalidad.

Se procedió a determinar su antigüedad, y de acuerdo a las averiguaciones correspondientes, fue puesto en uso hace 50 años aproximadamente, lo que indica que fue construido antes del Terremoto en Huaraz del año 1970. Este dato indica que la construcción se hizo cuando no había regulaciones tendientes a edificar construcciones sismo-resistentes y con diseño enfocado a la durabilidad de las estructuras y una vida útil correspondiente a obras de infraestructura esencial de 50 a 100 años.

Se observan pequeños desprendimientos del recubrimiento de concreto en la estructura, no hay exposición de la armadura de acero.

En la parte externa de la pared circular del reservorio no se observan a simple vista fisuras ni grietas significativas. No hay eflorescencias ni manchas por causas químicas. Aunque es preciso mencionar que el reservorio se encuentra revestido con pintura íntegramente y no se encuentra en funcionamiento hace varios años.

Se hizo el registro fotográfico de los componentes observados.

Mediante la escalera metálica de caracol se ascendió a la parte superior del reservorio, observándose la losa de cobertura con fisuras estrechas pero extensas, y acciones de mantenimiento con el uso de brea en las áreas afectadas por las fisuras.

Las escotillas de acceso no poseían sus correspondientes tapas metálicas y las escaleras de gato en la parte interna de las paredes del reservorio estaban corroídas y al tratar de descender se desprendió parte del concreto de anclaje, hecho que indica que el concreto está sulfatado y carbonatado. Al acceder a su interior con una escalera telescópica transportada para tal efecto, se procedió a hacer el reconocimiento preliminar, observándose tareas de mantenimiento en las paredes y la losa inferior del reservorio, que impermeabilizaron con mortero epóxico hasta una altura de 3m, a partir de la superficie de la losa.

En la parte central se identificó la existencia de cuatro columnas de concreto armado de 35cmx 35cm de sección rectangular. En ellos se identificó el ataque químico que podría ser producto de la sulfatación y/o carbonatación.

Se observaron fisuras internas en la parte inferior de la losa de cobertura del reservorio.

No se observaron fisuras y grietas visibles y/o significativas en las paredes internas del reservorio.

En el reservorio se identificó una cámara estanca, independiente con su propia escotilla. En ella se determinó igualmente la corrosión de la escalera de gato y el desprendimiento del concreto de anclaje. Asímismo se verificó las mismas características y patologías de la cámara principal.

La información recogida fue transcrita a formato digital en una planilla electrónica.

4.4. INSPECCION DETALLADA DEL RESERVORIO N°1 BATAN

Su propósito es determinar con precisión, cuando sea posible, el grado del daño y la extensión del deterioro del concreto. Por lo tanto, tenemos que identificar la extensión de la patología, la causa del deterioro en el concreto y la extensión de la reparación necesaria.

En esta etapa, las patologías deben definirse con precisión, porque los metrados que se deducirán y calcularán deben conocerse antes de que los contratistas hagan las reparaciones. Asimismo, tenemos que estar familiarizados con las razones del deterioro y el impacto en la capacidad resistente y de operación de la estructura.

Primeramente, se hará la inspección visual, conjuntamente con un pequeño martillo para detector sonidos que permitan deducir desprendimientos, grietas o fisuras o un comportamiento anómalo en el concreto, como la carbonatación o sulfatación del concreto. Si hay exposición de la armadura de acero, se puede percibir el grado de corrosión y su extensión en la armadura. Se debe considerar el estado del clima, porque puede afectar a las medidas a tomarse e igualmente para determinar posteriormente el método de reparación.

4.5. ENSAYOS A REALIZAR EN EL RESEVORIO N° 1 BATAN

Al estudiar la información preliminar obtenida y los resultados de la inspección preliminar y visual se determinó emplear los siguientes ensayos:

1. **Esclerometría**, para calcular in situ la resistencia del concreto de la estructura, con el impacto y rebote de una pesa.
2. **Detección Ultrasónica de la Armadura de Acero**, efectuada en el interior de la estructura de concreto, para identificar su posición, medidas y deducir el nivel de corrosión del acero.
3. **Extracción de Núcleos de Concreto de la Estructura Existente**, que se sometieron posteriormente a la rotura por compresión en el Laboratorio.

4. **Detección de la Carbonatación del Concreto** en los núcleos de concreto ensayados, mediante un Indicador Químico denominado Fenolftaleína.

Para los ensayos esclerométricos se determinó tomar datos en tres niveles: bajo, intermedio y superior cada 90°.

La detección ultrasónica con Profómetro o Pachómetro para detectar las barras de acero se hizo con el propósito de dirigir las perforaciones para extraer los núcleos de concreto y adicionalmente para determinar el grado de corrosión tentativo del acero de la armadura.

Se determinó extraer 10 núcleos de concreto: cuatro (4) en la parte inferior, cada 90°, cuatro (4) en la parte media, cada 90° y dos (2) en la parte superior, donde se perciba mayor deterioro.

4.6. DATOS PRINCIPALES DEL RESERVORIO N° 2

UBICACIÓN: Zona periférica del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, Región Ancash en el Paraje denominado Acovichay, al Este del distrito.

INFORMACION PRELIMINAR

COORDENADAS UTM: 18 L E 0222257 N 8945856

ALTITUD: 2987 msnm

DIMENSIONES:

Diámetro: 15 m

Altura: 7.5m.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:

1300m3.

CARACTERISTICAS:

- Losa de la cúpula de cobertura de concreto de 20 cm de espesor.
- Paredes del reservorio de espesor de 30cm.

- Una (1) escotilla superior en la losa de la cúpula.
- Una (1) escalera de gato anclada en la pared interna del reservorio.
- Viga circular de concreto armado en la parte superior que soporta la cúpula de cobertura.
- Una escalera de gato externa para acceder a la parte superior del reservorio.
- Caseta de válvulas, ubicada lateralmente al reservorio.

ACCESO:

Al encontrarse en una zona periférica del distrito de Independencia se tuvo que disponer de un vehículo con doble tracción en todas sus ruedas para llegar a través de un acceso empinado y con poco mantenimiento.

OBSERVACION:

Actualmente se encuentra en funcionamiento, por lo que no se pudo desarrollar una intervención técnica en la parte interna del reservorio.

4.7. INSPECCION PRELIMINAR RESERVORIO N° 2 ACOVICHAY

Previamente se hizo los preparativos de la visita e inspección preliminar, recabando planos catastrales y mapas de referencia.

Se dispuso la selección de instrumentos de medida, equipos y accesorios como: dispositivo de ubicación global GPS, cinta métrica, flexómetro de 30 m, medidor de fisuras, lupas, cámara fotográfica, espátulas, frascos y sobres para muestras, martillos de jebe, equipo de protección personal como botas de jebe, arneses de seguridad, sogas de nylon y escaleras extensibles.

Se determinó la ubicación geográfica, coordenadas y altitud en el terreno. El clima preponderante en el área estudiada es de templado a frío (gradiente de temperatura de -5°C a 30°C), con lluvias moderadas a intensas de octubre a abril principalmente.

Al no haber industrias que emanen gases contaminantes que puedan reaccionar con los materiales de la estructura y por la humedad relativa baja de un

clima seco como el de la zona, es muy probable que no haya patologías de origen químico. Para tomar en consideración, se puede mencionar el impacto contaminante de la extracción minera en zonas cercana a la ciudad de Huaraz en su conjunto, así como la emanación de gases por el consumo de combustibles en los vehículos de transporte en la provincia de Huaraz,

La estructura es un reservorio circular de concreto armado apoyado en la superficie. No se observa asentamientos en la estructura, el suelo circundante es estable y no se observa alteraciones que podrían indicar peligros eventuales.

No hay muestras de ataque biológico en la estructura, no hay líquenes o vegetales arraigados en su superficie o en grietas o fracturas.

Se procedió a determinar sus medidas y sus componentes. Las tuberías y válvulas metálicas se encuentran operativas y sin ninguna patología observable.

Se procedió a determinar su antigüedad, y de acuerdo a las averiguaciones correspondientes fue puesto en uso hace 5 años aproximadamente, lo que indica que fue diseñado según las normas sismo-resistentes y criterios de calidad en las estructuras de concreto y acero para obras de infraestructura, como es el caso de los reservorios de almacenamiento de agua potable.

No se observaron desprendimientos del recubrimiento de concreto en la estructura y no hay exposición de la armadura de acero.

En la parte externa de la pared circular del reservorio no se observaron a simple vista fisuras ni grietas significativas. Pero se encontraron muestras extensas de eflorescencias y manchas por causas químicas. Asimismo se observaron exudaciones y cristalizaciones en una proporción elevada respecto del área total de la pared externa.

Se hizo el registro fotográfico de los componentes observados.

Mediante la escalera externa del reservorio se ascendió a la parte superior del reservorio, y se observó la cúpula de cobertura con pequeñas fisuras.

Se observó con cierta dificultad acciones de mantenimiento en las paredes internas del reservorio en lo referente a impermeabilización con resinas epóxicas, probablemente a la alta porosidad y permeabilidad del concreto tras su puesta en funcionamiento.

La información recogida fue transcrita a formato digital en una planilla electrónica.

4.8. INSPECCION DETALLADA RESERVORIO N° 2 ACOVICHAY

En la inspección preliminar se observó visualmente el estado del reservorio y sus principales anomalías o patologías y se hizo el registro adecuado para ella siguiente fase del trabajo de investigación en el Reservorio N° 2.

4.9. ENSAYOS A REALIZAR EN EL RESERVORIO N° 2 ACOVICHAY

Al estudiar la información preliminar obtenida y los resultados de la inspección preliminar y visual se determinó emplear los siguientes ensayos:

1. **Esclerometría**, para calcular in situ la resistencia del concreto de la estructura, con el impacto y rebote de una pesa.
2. **Detección Ultrasónica de la Armadura de Acero** en el interior de la estructura de concreto, que permite identificar su posición, medidas y deducir el nivel de corrosión del acero.
3. **Detección de la Carbonatación del Concreto, a determinarse en los núcleos de concreto ensayados, me**diante un Indicador Químico denominado Fenolftaleína.

Para los ensayos esclerométricos se determinó tomar datos en tres niveles: bajo, intermedio y superior cada 36°.

La detección ultrasónica con Profómetro o Pachómetro para detectar las barras de acero, determinar las dimensiones y el grado de corrosión tentativo del acero de la armadura.

4.10. DESCRIPCION DE ENSAYOS UTIL;IZADOS EN LOS DOS RESERVORIOS ESTUDIADOS

A continuación, se describen y detallan brevemente los cuatro ensayos indicados:

1. ESCLEROMETRIA

La **Esclerometría**, es un método de medición no destructiva de la resistencia a compresión de estructuras de concreto. El esclerómetro es el instrumento de medición que se emplea para medir la resistencia a compresión en concretos en columnas, muros, pavimentos, etc. En algunos países ya no se usa para determinar la resistencia del concreto endurecido, solamente se utiliza para evaluar la uniformidad del concreto in-situ, definir zonas de concreto deteriorado o de baja calidad o estimar el desarrollo de resistencias in situ.

Su funcionamiento consiste en una pesa tensada con un resorte. Dicha pesa tensada es lanzada contra el concreto y se mide el rebote.

Aunque no es un método excesivamente fiable, su uso está muy extendido. Proporciona valores aproximados y se emplea principalmente como método de comprobación, siendo menos usado que el ensayo de compresión. Por ello, es recomendable hacer pruebas para determinar su correlación con ensayos destructivos como la rotura de probetas o núcleos de concreto en laboratorio, para luego hacer los ajustes para normalizar sus resultados.

Patentado originalmente en 1950 con el nombre de **MARTILLO DE SCHMIDT**, su valor de rebote "R" permite medir la dureza de un material, en la actualidad se ha convertido en el procedimiento más utilizado, a nivel mundial, para el control no destructivo del concreto

- Tiene que tenerse en consideración que es un método muy subjetivo. Según quién lo haga y cómo lo haga, arrojará unos valores más o menos fiables. Algunas de las causas que pueden alterar el valor son:

- Si no está el esclerómetro perfectamente perpendicular con la superficie, nos dará un rebote menor.
- Si la superficie no está muy limpia y pulida nos dará valores menores (capas de pintura o polvo crean una capa blanda que amortigua el golpe).

  El concreto es una mezcla de agua, cemento, agregados, arena y aditivos. Si golpeamos sobre un agregado grueso nos dará una dureza mayor. Si el hormigón es armado, corremos el riesgo de golpear cerca de una barra corrugada de acero, con una dureza mucho mayor.

2. Detección Ultrasónica de la Armadura de Acero

La ubicación de barras es una actividad esencial para la ejecución de ensayos en el emplazamiento de estructuras armadas. Es una necesidad primordial antes de perforar, cortar o taladrar, así como una operación preliminar requerida para la mayoría de las otras investigaciones no destructivas. Otras aplicaciones típicas incluyen la comprobación de la conformidad de estructuras nuevas, investigaciones en estructuras desconocidas y el análisis de la corrosión de las armaduras.

El principio de inducción por impulsos de corriente de remolino es la tecnología de formación de imágenes no influenciada por la composición del concreto y la presencia de humedad, con lo que se obtiene una alta precisión de cobertura en cualquier estructura.

Para obtener la ubicación y medidas de los aceros embebidos en el concreto se desplaza lentamente sobre la superficie de la estructura a estudiar el dispositivo sensor que emite la señal que se representa en un monitor en tiempo real, hecho que permite determinar los datos in situ, sin necesidad de hacer cálculos o conversiones posteriores en gabinete.

3. Extracción de Núcleos de Concreto de la Estructura Existente

ENSAYO: Extracción y rotura por compresión de núcleos de concreto

NORMA DE REFERENCIA: ASTM C42 / C39

ALCANCE

Este ensayo se aplica a la extracción de núcleos cilíndricos de concreto obtenidos a partir de estructuras existentes.

Este núcleo se falla a compresión para determinar la resistencia del concreto de la estructura.

IMPORTANCIA Y APLICACIÓN

El ensayo permite la evaluación de la resistencia del concreto a partir de especímenes representativos obtenidos por extracción. Esta evaluación se realiza cuando se desea conocer la resistencia a la compresión del concreto de una estructura existente.

La resistencia de los núcleos de concreto depende del grado de humedad al que está sometido, de la orientación hacia la cual fue extraído, de la ubicación del núcleo.

En general no existe una relación estandarizada entre la resistencia del núcleo de concreto y la resistencia de los especímenes curados bajo el método estándar.

ESPÉCIMEN DE ENSAYO

Núcleos (cilindros) de concreto cuyo diámetro depende del espesor de los elementos de concretos de los cuales se van a extraer y de la distribución del acero de refuerzo que allí se encuentre. El muestreo se realiza con taladros equipados con brocas de punta de diamante de diferentes diámetros.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

En la zona donde será extraído el núcleo se procede a determinar la distribución de acero de refuerzo existe de manera que en el momento de la perforación no se atraviese ninguna barra. El taladro se coloca de manera perpendicular a la superficie donde será extraído el núcleo y se inicia el proceso de corte. Una vez que es extraído el núcleo, este se mide y se registra cualquier peculiaridad que esté presente.

Ya en el laboratorio se procede a cortar los extremos del núcleo de manera que su longitud cumpla con una relación 2 a 1 con el diámetro. El espécimen se acondiciona por 5 cinco días antes de que se realice el ensayo de compresión.

4. Detección de la Carbonatación del Concreto

Una de las principales causas de la despasivación de las armaduras embebidas en el concreto hormigón es la carbonatación, que consiste en la neutralización de la matriz de cemento como consecuencia de su interacción con el CO_2 atmosférico.

La carbonatación puede inclusive causar problemas de corrosión aun en concretos de alta calidad. Un recubrimiento de poco espesor y defectos de superficie tales como grietas, roturas, fallas, facilitan el ingreso del CO_2. No pasará mucho tiempo antes de que el acero en el área de la grieta empiece a corroerse debido a la pérdida de pasivación.

Los bordes del recubrimiento del concreto son susceptibles a la corrosión inducida por carbonatación. Los bordes o las esquinas presentan un mayor contenido en dióxido de carbono que se difunde hacia el acero de refuerzo en dos direcciones. La fotografía muestra una probeta sometida a la prueba de la fenolftaleína.

La **solución de fenolftaleina al 1%** es una prueba general que se le hace al concreto para determinar su carbonatación. La fenolftaleina es un indicador de alcalinidad. Al aplicarlo con un spray o con un pincel, el concreto que protege a las armaduras toma una coloración rosada, en caso contrario el hormigón no toma color alguno. Con esta prueba se determina si el Ph del concreto ha descendido y ya no protege las armaduras de acero.

Es necesario señalar que es una prueba de carbonatación, y que no detecta cemento aluminoso.

La explicación necesaria es que la carbonatación es un proceso lento que ocurre en el concreto, donde la cal apagada (hidróxido cálcico) del cemento reacciona con el dióxido de carbono del aire formando carbonato cálcico. Esta reacción, necesariamente se produce en medio acuoso, ya que el dióxido de carbono reacciona con el agua formando ácido carbónico, ya que éste reaccionará con el hidróxido de calcio, obteniendo como resultado el carbonato de calcio y agua. Dado que la carbonatación provoca una baja de pH (ácido), esto puede llevar a la corrosión de la armadura y dañar la estructura.

4.11. EJECUCION DE LA INSPECCION DETALLADA.

Luego de determinarse los tipos de ensayos y el número total de ensayos por cada uno, se procedió a contratar a una empresa con personal especializado y los equipos e instrumentos adecuados para cada ensayo.

Para tal efecto, se hizo la visita al lugar de la estructura en estudio y se dirigió y supervisó el desarrollo de los ensayos, que fueron certificados en documentos adjuntos en el anexo correspondiente.

4.12. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA INSPECCION PRELIMINAR

4.12.1. RESERVORIO N°1 Paraje Batán

Al hacer la visita de campo para desarrollar la Inspección Preliminar en este Reservorio se utilizaron los equipos, instrumentos y herramientas necesarios para obtener la información adecuada y necesaria para determinar los alcances y requerimiento para las siguientes actividades en la secuencia propuesta previamente.

Se dispuso inspeccionar las patologías que podrían ser detectadas visualmente y haciendo uso de los dispositivos y mecanismos a disposición en el terreno.

Tabla 1*: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Anillo de Cimentación*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	Fisuras y Grietas	-	-	-
2	Desprendimiento de C°	-	-	-
3	Disgregación	-	-	-
4	Erosión	-	-	-
5	Abrasión	-	-	-
6	Exudación y Manchas	-	-	-
7	Eflorescencias	-	-	-
8	Humedad	-	-	-
9	Distorsión	-	-	-

Tabla 2: *Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán, Pared Circular - Parte Baja*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	5m2	5.3%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	1.5m2	1.6	Ligero
3	**Disgregación**	-	-	-
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	2.5m2	2.65	Ligero
7	**Eflorescencias**	1.8m2	1.91%	Ligero
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 3*: Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Pared Circular-Parte Media*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	6m2	6.37%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	1.2m2	12.74%	Medio
3	**Disgregación**	-	-	-
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	1.1m2	1.17%	Ligero
7	**Eflorescencias**	1.3m2	1,38%	Ligero
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 4: *Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Pared Circular – Parte Alta*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	4.5m2	4.77%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	1.7m2	1.8%	Ligero
3	**Disgregación**	0.9m2	0.95	Ligero
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	2.3	2.44%	Ligero
7	**Eflorescencias**	3.2	3.4%	Ligero
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 5: *Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Techo o Losa de Cubierta del Reservorio*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	15m2	13.26%	Medio
2	**Desprendimiento de C°**	4.8m2	4.24%	Medio
3	**Disgregación**	2.4m2	2.12%	Medio-Bajo
4	**Erosión**	1.6m2	1.41%	Medio-Bajo
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	-	-	-
7	**Eflorescencias**	-	-	-
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	4.2m2	3.71	Medio

Tabla 6: *Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Viga Circular Superior*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	3.4m2	3.01%	Ligero a Medio-Bajo
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	1.6m2	1.41%	Ligero
4	**Erosión**	0.8m2	0.71%	Ligero
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	-	-	-
7	**Eflorescencias**	-	-	-
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 7: *Inspección de Patologías en Reservorio 1 – Paraje Batán. Columnas Centrales (4)*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	6m2	10%	Medio
2	**Desprendimiento de C°**	2.4m2	4%	Medio-Bajo
3	**Disgregación**	12m2	20%	Medio
4	**Erosión**		-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	15m2	25%	Medio
7	**Eflorescencias**	12m2	20%	Medio
8	**Humedad**	18m2	30%	Severo
9	**Distorsión**	5m2	8.33%	Severo

4.12.2. RESERVORIO N°2 - Paraje Acovichay

Al hacer la visita de campo para desarrollar la Inspección Preliminar en este Reservorio se utilizaron los equipos, instrumentos y herramientas necesarios para obtener la información adecuada y necesaria para determinar los alcances y requerimiento para las siguientes actividades en la secuencia propuesta previamente.

Se dispuso inspeccionar las patologías que podrían ser detectadas visualmente y haciendo uso de los dispositivos y mecanismos a disposición en el terreno.

Tabla 8: *Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Anillo Circular de Cimentación*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	-	-	-
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	-	-	-
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	-	-	-
7	**Eflorescencias**	-	-	-
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 9: *Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Baja*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	8 m2	6.8%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	1.5m2	1.27%	Ligero
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	60m2	50.9%	Medio a Severo
7	**Eflorescencias**	70m2	59.4%	Medio1 a Severo
8	**Humedad**	5m2	4.24	Medio-Bajo
9	**Distorsión**	-	-	-

\

Tabla 10: *Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Media*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	6 m2	5.1%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	1.2m2	1.02%	Ligero
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	45m2	38.2%	Medio a Severo
7	**Eflorescencias**	55m2	46.7%	Medio a Severo
8	**Humedad**	2m2	1.7%	Medio-Bajo
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 11: *Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Pared Circular – Parte Alta*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	4.5 m2	3.8%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	0.8m2	0.68%	Ligero
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	15m2	12.73%	Medio-Bajo
7	**Eflorescencias**	20m2	17.0%	Medio-Bajo
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 12*: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Techo o Losa de Cubierta del Reservorio*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	1.0 m2	0.7%	-
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	-	-	-
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	-	-	-
7	**Eflorescencias**	-	-	-
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

Tabla 13*: Inspección de Patologías en Reservorio 2 – Paraje Acovichay. Viga Circular Superior*

N°	Patología	Extensión	%	Nivel de Deterioro
1	**Fisuras y Grietas**	1.0 m2	3.5%	Ligero
2	**Desprendimiento de C°**	-	-	-
3	**Disgregación**	-	-	-
4	**Erosión**	-	-	-
5	**Abrasión**	-	-	-
6	**Exudación y Manchas**	-	-	-
7	**Eflorescencias**	-	-	-
8	**Humedad**	-	-	-
9	**Distorsión**	-	-	-

4.13. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS EN LOS RESERVORIOS ESTUDIADOS

4.13.1. RESERVORIO N° 1 – PARAJE BATAN

1. ESCLEROMETRIA.

Tabla 14: *Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Noviembre del 2017.*

N°	Descripción	Diseño kg/cm2	Resistencia Resultante f'c
1	Muro de Reservorio D1	210kg/cm2	102kg/cm2
2	Muro de Reservorio D2	210kg/cm2	102kg/cm2
3	Muro de Reservorio D3	210kg/cm2	102kg/cm2
4	Muro de Reservorio D4	210kg/cm2	102kg/cm2
5	Muro de Reservorio D5	210kg/cm2	102kg/cm2
6	Muro de Reservorio D6	210kg/cm2	102kg/cm2
7	Muro de Reservorio D7	210kg/cm2	102kg/cm2
8	Muro de Reservorio D8	210kg/cm2	102kg/cm2
9	Muro de Reservorio D9	210kg/cm2	102kg/cm2
10	Muro de Reservorio D10	210kg/cm2	102kg/cm2

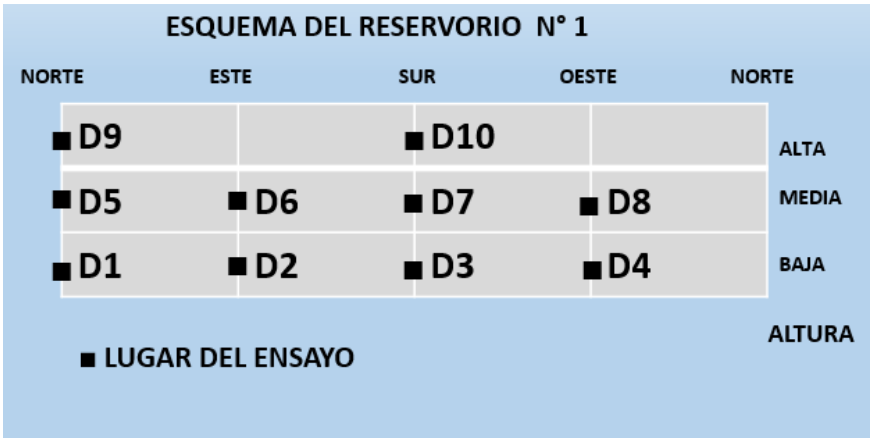
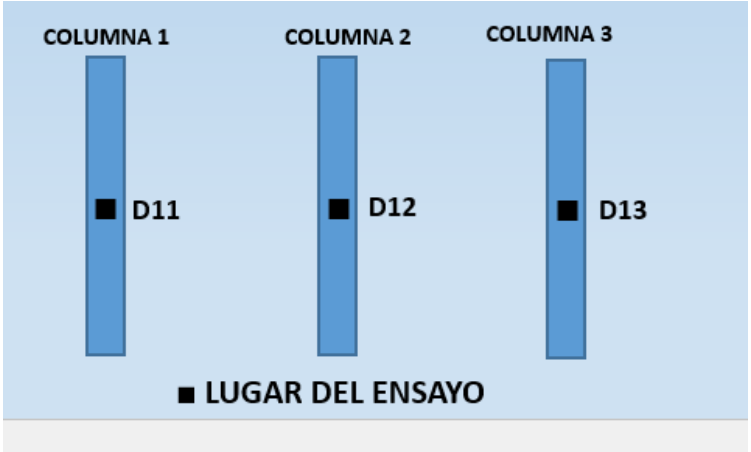


Tabla 15: *Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Noviembre del 2017*

N°	Descripción	Diseño kg/cm2	Resistencia Resultante f'c
1	Columna D11	210kg/cm2	244.8kg/cm2
2	Columna D12	210kg/cm2	224.4kg/cm2
3	Columna D13	210kg/cm2	265.2/cm2



2. DETECCION ULTRASONICA DE ARMADURA.

Este ensayo se desarrolló para obtener la posición apropiada de la extracción de los núcleos de concreto y evitar el contacto en la fase de extracción con la armadura de acero. Asimismo, sirvió para determinar con un nivel de confianza relativa en la determinación de la corrosión de la armadura de acero, que corresponde a una corrosión moderada.

3. ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO.

Tabla 16: *Ensayos de Resistencia de Concreto con Rotura de Núcleos de Concreto. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Fecha: Noviembre del 2017.*

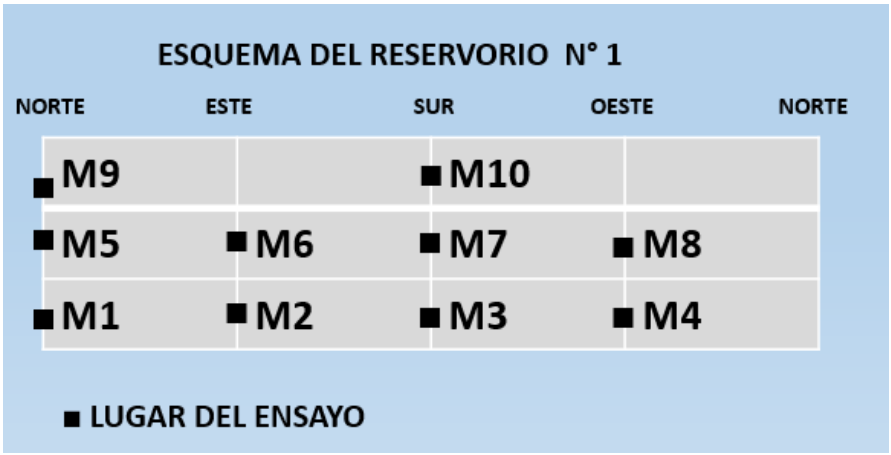
N°	Descripción de Testigo	Diseño kg/cm2	Resistencia Resultante f'c
1	M1 (Muro Inferior del Reservorio)	210kg/cm2	117kg/cm2
2	M2 (Muro Inferior del Reservorio)	210kg/cm2	117kg/cm2
3	M3 (Muro Inferior del Reservorio)	210kg/cm2	172kg/cm2

4	M4 (Muro Inferior del Reservorio)	210kg/cm2	91kg/cm2
5	M5 (Muro Inferior del Reservorio)	210kg/cm2	79kg/cm2
6	M6 (Muro Superior del Reservorio)	210kg/cm2	157kg/cm2
7	M7 (Muro Superior del Reservorio)	210kg/cm2	109kg/cm2
8	M8 (Muro Superior del Reservorio)	210kg/cm2	145kg/cm2
9	M9 (Muro Superior del Reservorio)	210kg/cm2	116kg/cm2
10	M10 (Muro Superior del Reservorio)	210kg/cm2	108kg/cm2

4. ENSAYO DE CARBONATACION CON FENOLFTALEINA.

Tabla 17: *Ensayo de Carbonatación con Fenolftaleína. Reservorio N° 1 – Paraje Batán. Noviembre del 2017*

N°	Descripción de Testigo	Reacción a la Fenoltaleína	Nivel de Deterioro
1	M1 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
2	M2 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
3	M3 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
4	M4 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
5	M5 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
6	M6 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Elevado
7	M7 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Elevado
8	M8 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Elevado
9	M9 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Elevado
10	M10 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Elevado



4.13.2. RESERVORIO N° 2 – PARAJE ACOVICHAY

1. ESCLEROMETRIA.

Tabla 17: *Ensayos de Resistencia de Concreto con Esclerómetro. Reservorio N° - Paraje Acovichay. Noviembre del 2017.*

N°	Descripción	Diseño kg/cm2	Resistencia Resultante f'c
1	Muro de Reservorio D1 Abajo	210kg/cm2	326.4kg/cm2
2	Muro de Reservorio D2 Arriba	210kg/cm2	234.6kg/cm2
3	Muro de Reservorio D3 Abajo	210kg/cm2	153kg/cm2
4	Muro de Reservorio D4 Arriba	210kg/cm2	204kg/cm2
5	Muro de Reservorio D5 Abajo	210kg/cm2	285.6kg/cm2
6	Muro de Reservorio D6 Arriba	210kg/cm2	306kg/cm2
7	Muro de Reservorio D7 Abajo	210kg/cm2	153kg/cm2
8	Muro de Reservorio D8 Arriba	210kg/cm2	326.4kg/cm2
9	Muro de Reservorio D9 Abajo	210kg/cm2	265.2kg/cm2
10	Muro de Reservorio D10 Arriba	210kg/cm2	326.4kg/cm2
11	Muro de Reservorio D11 Abajo	210kg/cm2	357kg/cm2
12	Muro de Reservorio D12 Arriba	210kg/cm2	244.8kg/cm2
13	Muro de Reservorio D13 Abajo	210kg/cm2	285.6kg/cm2
14	Muro de Reservorio D14 Arriba	210kg/cm2	448.8kg/cm2
15	Muro de Reservorio D15 Abajo	210kg/cm2	234.6kg/cm2
16	Muro de Reservorio D16 Arriba	210kg/cm2	387.6kg/cm2
17	Muro de Reservorio D17 Abajo	210kg/cm2	244.8kg/cm2
18	Muro de Reservorio D18 Arriba	210kg/cm2	306kg/cm2
19	Muro de Reservorio D19 Abajo	210kg/cm2	316.2kg/cm2
20	Muro de Reservorio D20 Arriba	210kg/cm2	285.6kg/cm2

2. DETECCION ULTRASONICA DE ARMADURA.

Este ensayo se desarrolló para determinar con un nivel de confianza relativa en la corrosión de la armadura de acero, que corresponde a una corrosión moderada.

3. PRUEBA DE CARBONATACION CON FENOLFTALEINA.

Tabla 18: *Ensayo de Carbonatación con Fenolftaleína. Reservorio N° 1 – Paraje Acovichay. Noviembre del 2017.*

N°	Descripción de Testigo	Reacción a la Fenoltaleína	Grado de Reacción
1	M01 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
2	M02 (Muro Superior del Reservorio)	No	Ninguno
3	M03 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
4	M04 (Muro Superior del Reservorio)	No	Ninguno
5	M05 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
6	M06 (Muro Superior del Reservorio)	No	Ninguno
7	M07 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
8	M08 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Ligero
9	M09 (Muro Inferior del Reservorio)	Sí	Elevado
10	M10 (Muro Superior del Reservorio)	Sí	Moderado

Se considera el Grado de Reacción a la Fenolftaleína con las categorías cualitativas siguientes:

(0) Ninguno - (1) Ligero – (2) Moderado – (3) Regular – (4) Elevado

V. DISCUSION

5.1. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESARROLLADOS EN EL RESERVORIO N° 1

1. ESCLEROMETRIA.

Este ensayo se efectuó en la parte interna del reservorio y en las columnas centrales de soporte de la losa de cobertura.

Los valores obtenidos son muy bajos y varían entre 8MPa y 17MPa y considerando que la Norma E060 recomienda para las estructuras en contacto con el agua, como es el caso de Reservorios de Almacenamiento de Agua Potable, tengan como mínimo 28MPa de resistencia a la compresión por cm2, por lo tanto, sus valores están muy alejados de los normados en la actualidad.

En los 50 años de vida del Reservorio ha habido cambios fundamentales en los criterios de diseño para sismo-resistencia, durabilidad y vida útil, por lo tanto no solamente se requeriría su rehabilitación estructural sino también su refuerzo estructural con nuevos materiales y procedimientos tecnológicos modernos para satisfacer la exigencia de los códigos de construcción y uso de estructuras.

2. Detección Ultrasónica de la Armadura de Acero

Este ensayo o proceso se desarrolló principalmente para detectar la ubicación de las barras de acero para poder taladrar o perforar en áreas que permitieran extraer los núcleos de concreto sin tocar las barras de acero que dificultarían su extracción.

Adicionalmente se pudo monitorear con cierta precisión un nivel moderado de corrosión en las armaduras, hecho que podría superarse con la realcalinización a un PH de 12 a 13 en el concreto y la extracción electroquímica de cloruros o con la despasivación de las armaduras o con la sustitución de ellas.

3. **Prueba de la Rotura de los Núcleos de Concreto para determinar la Resistencia a la Compresión del Concreto.**

Los valores obtenidos en los ensayos en 10 núcleos de concreto varían entre 7.9MPa/cm2 y 15.7 MPa/cm2. Hecho que ratifica con mayor peso la primera apreciación de los ensayos esclerométricos, de no satisfacer la exigencia de los códigos actuales de sismo-resistencia, durabilidad y vida útil de una estructura.

4. **Detección de la Carbonatación del Concreto.**

Las 10 probetas ensayadas más una adicional que se extrajo incompleta, sirvieron para determinar la profundidad de la carbonatación en los núcleos extraídos. Todos los núcleos reaccionaron con la fenolftaleína y generaron un color rosado a lo largo de su dimensión mayor, mostrando que la carbonatación con gran probabilidad está presente en toda la estructura.

Con esta última prueba se determina categóricamente que la estructura en estudio está muy dañada por el ataque químico y ello implica que su rehabilitación y refuerzo eventuales no son reglamentaria y técnicamente aceptables.

Por lo tanto, no es práctico ni técnico proponer un plan de rehabilitación y refuerzo en la estructura estudiada.

5.2. Resumen de Resultados: Reservorio N°1: Paraje Batán.

Patologías encontradas:

FISURAS Y GRIETAS

Losa de Fondo:

Fisuramiento y/o agrietamiento ligero.

Pared Circular del Reservorio:

Fisuramiento y/o agrietamiento ligero.

Techo o Losa de Cubierta del Reservorio:

Fisuramiento y/o agrietamiento medio.

Columnas Internas Centrales:

Fisuramiento y/o agrietamiento medio.

Anillo de Cimentación Corrida:

Fisuramiento y/o agrietamiento ligero.`

Viga Circular Superior:

Fisuramiento y/o agrietamiento ligero.

DESPRENDIMIENTO DE LA CAPA EXTERNA DEL CONCRETO.

Columnas Internas Centrales:

Se presenta un nivel de daño medio.

Paredes del Reservorio:

En zonas aisladas y muy pequeñas hay una patología ligera.

MANCHAS, EXUDACIONES Y EFLORESCENCIAS.

En la parte externa de las paredes del reservorio hay una presencia ligera de estas patologías.

En la parte interna de las paredes del reservorio hay presencia media de estas patologías.

DISTORSIÓN O DESCOLOCACION DE ESTRUCTURAS DEL RESERVORIO.

No se observa en ningún componente del reservorio.

POROSIDAD EN EL CONCTRETO.

Hay una presencia media de esta patología.

CARBONATACION.

Columnas Internas Centrales:

De Regular a Elevado.

Paredes del Reservorio:

Parte Inferior: Daño Elevado.

Parte Media: Daño Regular a Elevado:

Parte Superior: Daño Regular.

Losa de Fondo:

Regular a Elevado.

Techo o Losa de Cubierta del Reservorio:

Daño Regular.

SULFATACION.

En toda la estructura del reservorio hay un daño Regular.

CORROSION DE LA ARMADURA DE ACERO.

Nivel de Daño Regular a Elevado.

MENOR RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO.

Se presenta una resistencia muy baja en todos los componentes del reservorio.

5.3. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESARROLLADOS EN EL RESERVORIO N° 2 ACOVICHAY.

1. ESCLEROMETRIA.

Este ensayo se efectuó solamente en la pared externa del reservorio.

Los valores obtenidos son aceptables considerando que la Norma E060 recomienda para las estructuras en contacto con el agua, como es el caso de Reservorios de Almacenamiento de Agua Potable, tengan como mínimo 28MPa de resistencia a la compresión por cm2. Un pequeño número de esnayos no cumple con esa exigencia y se recomienda hacer exámenes más exhaustivos para proponer la solución más apropiada de rehabilitación.

El Reservorio es relativamente moderno, se puso en funcionamiento hace cinco años y es altamente probable que haya sido diseñado cumpliendo con los códigos de construcción y uso de estructuras.

2. **Detección Ultrasónica de la Armadura de Acero**

Este ensayo o proceso se desarrolló principalmente para detectar la ubicación de las barras de acero.

Adicionalmente se pudo monitorear con cierta precisión un nivel moderado de corrosión en las armaduras, hecho que podría superarse con la realcalinización a un PH de 12 a 13 en el concreto y la extracción electroquímica de cloruros o con la despasivación de las armaduras o con la sustitución de ellas.

3. **Prueba de la Rotura de los Núcleos de Concreto para determinar la Resistencia a la Compresión del Concreto.**

No se desarrolló este ensayo en este reservorio, debido a que se encontraba lleno de agua y en funcionamiento.

4. **Detección de la Carbonatación del Concreto.**

La carbonatación se percibió inmediatamente en la inspección preliminar y visual del reservorio. La extensión de esta patología abarca toda la parte baja y media de la pared del reservorio, así como una parte moderada en la parte superior de toda la pared del reservorio.

Existe otro ataque químico visible a simple vista, como es la sulfatación del concreto. Adicionalmente, es altamente probable que haya ingreso de iones cloruro hasta la armadura de acero, por la elevada porosidad y consiguiente alta permeabilidad en el del concreto.

Como medidas de rehabilitación se recomienda un mantenimiento correctivo en todo el reservorio, que considere la impermeabilización interna adecuada y eficiente, porque el mantenimiento observado no cumplió con su propósito. Igualmente hay que impermeabilizar en un plazo perentorio la pared externa del reservorio porque al existir fisuras, grietas y porosidad elevada, el ataque químico continuará por efectos de las lluvias y la contaminación ambiental en el aire.

Se requiere una evaluación más exhaustiva en el grado de corrosión de la armadura de acero del reservorio en todos sus componentes, para decidir la

protección con medios electroquímicos de las barras de acero internas, y si fuera el caso en el concreto, quitar las partes con carbonatación y otros ataques químicos severos, y reemplazar las barras de acero corroídas en un nivel de deterioro de medio a severo.

5.4. Resumen de Resultados del Reservorio N° 2: Paraje Acovichay.

FISURAS Y GRIETAS

En toda la estructura hay un nivel ligero de daño.

DESPRENDIMIENTO DE LA CAPA EXTERNA DEL CONCRETO.

No se observa en ninguna parte del reservorio.

MANCHAS, EXUDACIONES Y EFLORESCENCIAS.

Se encontraron muestras extensas de estas patologías en la parte baja y media de las paredes del reservorio.

DISTORSIÓN O DESCOLOCACION DE ESTRUCTURAS DEL RESERVORIO.

No se observa en ningún componente del reservorio.

POROSIDAD EN EL CONCTRETO.

Hay una presencia media a severa en las paredes del reservorio.

CARBONATACION.

Paredes del Reservorio:

Parte Inferior: Daño Elevado.

Parte Media: Daño Regular a Elevado:

Parte Superior: Daño Regular.

Losa de Fondo:

Daño Regular a Elevado.

Cubierta del Reservorio:

No se observa

SULFATACION.

En toda la estructura del reservorio hay un daño Regular.

CORROSION DEL ACERO EN LAS ARMADURAS.

Nivel de Daño Medio Bajo a Medio.

REDUCCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO.:

Paredes del Reservorio:

Parte Inferior: Reducción Media-Baja a Media

Parte Media: Reducción Media-Baja.

Parte Superior: Reducción Ligera.

5.5. CATEGORIAS DEL NIVEL DE DETERIORIO POR COMPONENTE Y A NIVEL INTEGRAL DE LOS RESERVORIOS ESTUDIADOS

Se consideran las siguientes categorías cualitativas desde el nivel mínimo hasta el máximo:

- Ligero
- Medio-Bajo
- Severo
- Muy Severo
- Colapso

5.6. NIVEL DE DETERIORO DEL RESERVORIO N° 1

Paraje Batán

Por Componentes:

Losa de Fondo:

Ligero a Medio-Bajo

Pared Circular del Reservorio:

Severo a Muy Severo.

Techo o Losa de Cubierta del Reservorio:

Medio a Severo.

Columnas Internas Centrales:

Severo a Muy Severo.

Anillo de Cimentación Corrida:

Ligero.

Viga Circular Superior:

Ligero a Medio-Bajo.

Toda la Estructura:

Severo a Muy Severo.

5.7. NIVEL DE DETERIORO DEL RESERVORIO N° 2.

Paraje Acovichay.

Losa de Fondo:

Ligero a Medio-Bajo.

Pared Circular del Reservorio:

Medio a Severo

Techo o Losa de Cubierta del Reservorio:

Ligero

Anillo de Cimentación Corrida:

Ligero.

Viga Circular Superior:

Ligero

Toda la Estructura:

Medio

VI. CONCLUSIONES

1. En concordancia con la investigación desarrollada en dos reservorios de la ciudad de Huaraz: Reservorio N° 1, Paraje Batán y Reservorio N° 2, Paraje Acovichay, se puede concluir en cuadros separados, lo siguiente:

RESERVORIO N° 1: PARAJE BATAN
DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS DE ORIGEN
Deficiente dosificación del concreto con agregados de dimensiones elevadas.
Alta porosidad en la masa del concreto.
Mal detallamiento de la armadura del concreto.
DETECCION DE PATOLOGIAS Y PRUEBAS EFECTUADAS
Inspeccion visual detallada.
Ensayos de esclerometría para determinar la resistencia de las estructuras de concreto del reservorio
Extraccion de núcleos de concreto para su rotura en laboratorio
Pruebas con fenoltaleína para determinar la extensión de la carbonatación del concreto.
DIAGNOSTICO
Fisuramiento y/o agrietamiento medio en todos los componentes de la estructura.
Alta permeabilidad del muro de concreto en toda su extensión.
Baja resistencia del concreto en toda la estructura.
Carbonatación Muy Severa de la estructura.
Sulfatación mínima en áreas pequeñas de la estructura
Corrosión del acero de la armadura con un nivel de daño medio a severo.
RECOMENDACIONES
Se recomienda la demolición de la estructura, debido al avanzado proceso de carbonatación y la corrosión severa de su armadura de acero, que imposibilitan técnica y regulatoriamente su rehabilitación para el propósito de almacenamiento de agua potable.

RESERVORIO N°2: PARAJE ACOVICHAY
DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS DE ORIGEN
Deficiente dosificación del concreto en gran parte de la pared y el techo de concreto.
Alta porosidad de la masa de concreto
DETECCION DE PATOLOGIAS Y PRUEBAS EFECTUADAS
Inspeccion visual detallada.
Ensayos de esclerometría para determinar la resistencia de las estructuras de concreto del reservorio
Pruebas con fenoltaleína para determinar la extensión de la carbonatación del concreto.
CONCLUSIONES
Este Reservorio tiene menos de 5 años en servicio, por lo que se deduce que hubo mala supervision en la preparación y colocación del concreto.
RECOMENDACIONES
Elaboración un plan de mantenimiento, rehabilitación y reforzamiento.
Sustitución del concreto en las áreas de la pared circular dañadas por carbonatación.
Sustitución de la armadura afectada por la corrosión del acero estructural.

2. Los aspectos regulatorios, técnicos y normativos a nivel nacional e internacional frente a los estudios de patología en estructuras de concreto

armado presentan diferentes niveles de desarrollo. En el Perú, la Norma Técnica E-030 de Diseño Sismo-resistente contempla la evaluación para el análisis de vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o reforzar el sistema estructural de edificaciones existentes. Sin embargo, la norma establece unos lineamientos que no son lo suficientemente amplios para definir los procedimientos que otorguen la calificación cualitativa del estado de la estructura. Las metodologías desarrolladas por los teóricos presentan diferentes fases de investigación en los estudios de patología de la construcción, las más comunes son las fases de documentación, observación de campo, toma de datos, material de prueba, evaluación e informe final, sin embargo, no existe consenso en la definición y alcance de sus variables.

3. Las principales patologías encontradas en ambos reservorios fueron: fisuración del concreto, eflorescencias por sulfatación y carbonatación, corrosión de la armadura de acero, descascaramiento de la capa exterior del concreto, humedades en la parte externa de los muros del reservorio y perdida de la resistencia a la compresión del concreto.
4. Se efectuaron pruebas de carbonatación en ambos reservorios y se encontraron sus manifestaciones en nivel severo en ambos. Se determinó la existencia de fisuras extendidas en las coberturas de ambos reservorios y en menor extensión en los muros de concreto. Se determinó una escasa penetración de iones cloruro en ambos reservorios estudiados.
5. Se elaboraron dos tablas de evaluación patológica cualitativa considerando los niveles de deterioro o daño en las estructuras de concreto:

TABLA DE VALORACION SUGERIDA CUALITATIVA DE CARBONATACION DEL CONCRETO			
VALOR	NIVEL	% PROFUNDIDAD DESDE LA CARA EXTERNA DEL NUCLEO DE PRUEBA	DESCRIPCION
0	NINGUNA	0%	La estructura no presenta carbonatación
1	LEVE	0%-5%	La carbonatación es mínima y la estructura puede mantenerse en servicio
2	MODERADA	6%-20%	La carbonatación es visible y podría limitar el servicio de la estructura y se recomienda su evaluación y mantenimiento.
3	SEVERA	21%-40%	La carbonatación está extendida y limita seriamente el servicio. Se recomienda interrumpir el servicio de la estructura y que se proceda a su mantenimiento, refuerzo o rehabilitación.
4	MUY SEVERA	41% »»	La estructura presenta una carbonatación muy en el grado que su colapso es inminente. Se recomienda su sustitución o demolición

TABLA DE NIVELES CUALITATIVOS DE DETERIORO SUGERIDOS O DAÑO DE UNA ESTRUCTURA DE C°A°		
VALOR	NIVEL	DESCRIPCION
0	NINGUNO	La estructura no presenta ninguna patología y puede ponerse o continuar en servicio.
1	LIGERO	La estructura presenta señales incipientes de alguna patología y puede mantenerse en servicio.
2	MEDIO-BAJO	La estructura presenta señales visibles de alguna patología que podría limitar el servicio y es recomendable que se evalúe y se haga mantenimiento.
3	MEDIO	La estructura presenta alguna patología extensa y que limita seriamente el servicio y es recomendable que se interrumpa su servicio y se proceda a su mantenimiento, refuerzo o rehabilitación.
4	SEVERO	La estructura presenta una o varias patologías extensas e impiden su operación y servicio. Se recomienda su sustitución.
5	MUY SEVERO	La estructura presenta una o varias patologías extensas en el grado que su colapso es inminente. Se recomienda su demolición

6. Luego del diagnóstico y evaluación de las patologías de ambos reservorios se determinó proponer la demolición del Reservorio N° 01 del Paraje Batán y la rehabilitación del Reservorio N° 02 del Paraje Acovichay considerando la elaboración de un plan de mantenimiento, rehabilitación y reparación, que considere específicamente la sustitución del muro de concreto en las zonas con patologías severas por carbonatación y la sustitución de la armadura de acero corroída por la reacción de ácidos y sales que penetraron el concreto.

VII. RECOMENDACIONES

1. El conocimiento de nuevas técnicas y procesos de diagnóstico, nuevos equipos e instrumentos de detección y medida debe incorporarse a los métodos empleados en la actualidad con el objetivo de obtener un diagnóstico más objetivo y que sirva para determinar la mejor alternativa de mantenimiento, rehabilitación, refuerzo e incluso la opción de demolición y/o reemplazo de las estructuras a estudiar.

2. Propiciar una perspectiva preventiva en los estudios de patologías de estructuras de concreto armado que contemple aspectos de funcionalidad, durabilidad y la integridad desde el diseño, en todas las etapas constructivas, supervisión técnica en la obra, mantenimiento preventivo y correctivo una vez que las estructuras se pongan en servicio.

3. Elaborar, implementar y aplicar las guías para el mantenimiento preventivo y correctivo, para detección de procesos patológicos a tiempo en las estructuras que permitan prevenir deterioros irreversibles y eviten costosas intervenciones y/o rehabilitaciones.

4. Desarrollar un enfoque interdisciplinario en el uso, mantenimiento, diagnóstico y evaluación de estructuras de concreto de cualquier tipo, para evitar costos elevados en la rehabilitación, refuerzo y mantenimiento futuros.

5. Hacer un seguimiento minucioso desde la fase de diseño, con estudios previos detallado del entorno donde se construirá la estructura, con una selección apropiada de métodos constructivos, materiales, equipos y maquinarias que garanticen resultados competentes en la fase constructiva, así como un control de calidad y aseguramiento de la calidad al detalle, con énfasis en el concreto y el acero.

6. Profundizar los planteamientos presentados en este estudio con futuras investigaciones que desarrollen un método de cálculo para determinar de la vida útil residual de estructuras de concreto armado en general.

7. No hay procedimientos normalizados para los estudios de patología de estructuras de concreto armado, por ello es necesario formular un mecanismo normativo determine los estudios de patologías en estructuras de concreto armado en el Perú.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AIRE, C. (2016). "*Métodos de prueba para evaluar el desempeño del concreto reforzado con fibras en estado plástico y endurecido"* (artículo). Instituto de Ingeniería UNAM, México.

AVENDAÑO, E. (2006). "*Detección, Tratamiento y Prevención de Patologías en Sistemas de Concreto Estructural utilizados en Infraestructura Industrial"* (informe para grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

BASTOS, P.S. (2006). "*Fundamentos del concreto armado"* (libro). Universidad Estatal Paulista, Sao Paulo, Brasil.

BH CONCRETOS (febrero, 2017). "*¿Qué es la Patología del Concreto?"* Recuperado de https://medium.com/@bhconcretos/qué--es-la-patología-del-concreto-2ad73130d336

DIMAIO, A., TRAVERSA, L. Y SOTA, J. (2003). "*Metodología de Evaluación de Patologías para la Reparación de Estructuras de Hormigón Armado"* (artículo). Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

GONZÁLES DE LA COTERA, M. (1991). "*Ataque químico al concreto*" (conferencia ACI). ACI, Capítulo Peruano sobre Corrosión en Estructuras de Concreto, Lima, Perú.

LAGO HELENE, P.R. (2015). *"Manual de Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto".* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., México.

MUNIZAGA R., G.A. (2009). *"Fisuración por retracción en hormigón: Influencia del tipo de cemento"* (memoria para título), Universidad de Chile.

MÁRQUEZ P., J.F. (octubre, 2015). *"Mecanismo de Biodeterioro del Concreto Reforzado"* (artículo). UFPS, Brasil.

MUÑOZ M, H.A. (2011). *"Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto"* (ponencia en seminario). ASOCEM, Bogotá, Colombia.

PORTO QUINTIÁN, J. (2005). *"Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado".* Universidade da Coruña, España.

RÍO BUENO, A. (2008). "*Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación*" (libro). Universidad Politécnica de Madrid, España,

ROJAS KEIM, L.A. (2006). *"Estudio de la durabilidad de estructuras antiguas de hormigón armado, con énfasis en la corrosión de las armaduras"* (memoria para título). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

SANTOS C., M.F. (2012). *"Reabilitação sustentável de estruturas em betão armado"* (tese de mestrado). Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Portugal.

PÁEZ, D.F., LEAL, V.E. & RESTREPO, M, (2009). "*Influencia de los ciclos hielo, deshielo en la resistencia del concreto"* (Caso Tunja). Revista Ingenierías Universidad de Medellín.

VÉLEZ L. M. (diciembre 2010). "*Permeabilidad y Porosidad en Concreto"* (artículo). Revista Tecno Lógicas N° 25. México.

ANEXOS

1. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACION
Problema General	**Objetivo principal**	**Hipótesis general**	**Tipo**	**Población**
En el ámbito geográfico de la Región Ancash y específicamente en la ciudad de Huaraz existen diversas estructuras destinadas a la infraestructura como caminos, puentes, hospitales, establecimientos públicos, embalses, canales de irrigación, reservorios y otros, que requieren ser diagnosticados y evaluados tanto a nivel de patologias como de comportamiento estructural pata determinar su durabilidad actual y su vida útil correspondiente.	Identificación de las principales manifestaciones patológicas presentes en los reservorios de concreto armado del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Huaraz, proponiendo intervenciones y considerando la calificación cualitativa del grado de deterioro.	El diagnóstico estructural de reservorios de concreto armado apoyados y el empleo de equipos e instrumentos adecuados permite elaborar un plan de rehabilitación sustentable para incrementar la durabilidad y la vida útil de las estructuras estudiadas.	Por su propósito, esta investigación es aplicada. Por el tipo de variables evaluadas, es cualitativa. Por el tipo de conocimiento adquirido, la investigación es exploratoria y proyectiva.	La población considerada en nuestra investigación se compone de todos los reservorios de concreto armado de la empresa administradora de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Huaraz, Región Ancash, Perú.
Problemas específicos	**Objetivos específicos**		**Método**	**Muestra**
El presente estudio está dirigido a los reservorios de agua apoyados o semienterrados ejecutados en concreto armado. Para diagnosticar las manifestaciones incidentes en los reservorios de agua del tipo mencionado es necesario hacer un estudio sobre las patologias en las estructuras de concreto, pudiendo este conocimiento ser entendido y aplicado en otras construcciones.	1 Identificar los parámetros y las consideraciones realizadas en los proyectos estructurales. 2 Identificar las principales manifestaciones patológicas presentes en los reservorios. 3 Realizar ensayos de evaluación frente a la carbonatación, abertura de grietas y contaminación por cloruros. 4 Calificar cualitativamente el grado de deterioro de las estructuras de concreto. 5 Desarrollar un plan de recuperación para los reservorios considerados como objeto de este estudio.		**Método inductivo-deductivo.** Este método se utiliza cuando se observan hechos particulares y se obtienen proposiciones generales.El método inductivo utiliza la observación directa de los fenómenos, la experimentación y el estudio de las relaciones que existen entre ellos.(Dávila, 2006).	La muestra considerada es dos reservorios en el ámbito de la ciudad de Huaraz: Reservorio N° 01 en el Paraje Batán y Reservorio N° 02 en el paraje Acovichay.
Al analizar algunas manifestaciones de las estructuras en cuestión, con la finalidad de identificar los orígenes, las causas y el mecanismo de esos problemas, se elaboran procedimientos adecuados de recuperación o protección de la estructura deteriorada, así como la especificación de materiales y técnicas constructivas para el proyecto y ejecución de obras similares.			**Diseño de la investigación**. Como la investigación es del tipo exploratorio y proyectivo en la que es difícil determinar la estructura del modelo o propuesta metodológica a desarrollar, el diseño de la investigación mantendrá una dinámica de ajustes y modificaciones que no pueden determinarse en esta fase de la investigación.	

2. Verificación de equipos del laboratorio.

Equipo de compresión axial para pruebas de resistencia en concreto

Verificación de la calidad de los ensayos de compresión axial en concreto

3. REGISTRO FOTOGRAFICO: RESERVORIO N° 1- Paraje Batán.

3.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EL RESERVORIO CON EL ESCLEROMETRO.

Fotografía 1: *Vista externa del Reservorio de Batán de este a oeste con su acceso externo con escalera de caracol de acero.*

Fotografía 2: *Escotilla de acceso al interior del reservorio con una escalera extensible para llegar a la losa de fondo.*

Fotografía 3: *Escalera usada para ingresar al interior del reservorio.*

Fotografía 4: *Columna y vigas de soporte de la losa de cobertura del reserevorio.*

Fotografía 5: ***Vista de la parte interna de la losa de cobertura del reservorio.***

Fotografía 6: *Iluminación del interior del reservorio.*

Fotografía 7: *Ensayo esclerométrico de una columna interna del reservorio.*

Fotografía 8: *Ensayo esclerométrico E1 de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 9: *Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E1.*

Fotografía 10: *Ensayo esclerométrico E2 de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 11: *Ensayo esclerométrico E3 de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 12: *Ensayo esclerométrico E4 de la pared interna del reservorio.*

FOTOGRAFIA 13:

Fotografía 13: ***Ensayo esclerométrico E5 de la pared interna del reservorio*****.**

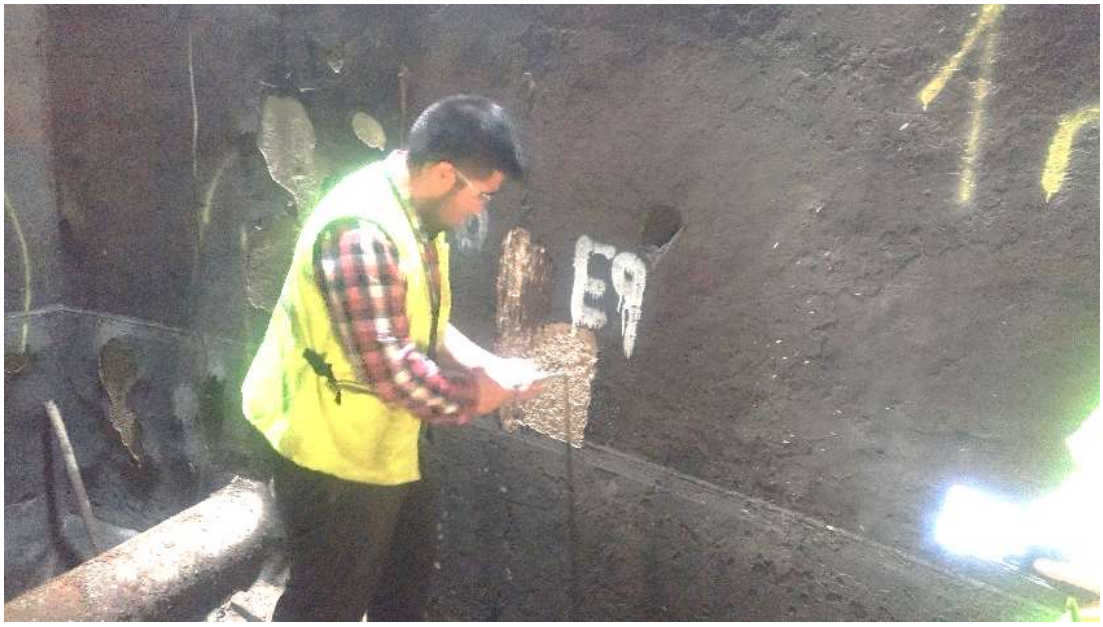
Fotografía 14: *Ensayo esclerométrico E6 de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 15: ***Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E6.***

Fotografía 16: *Ensayo esclerométrico E7 y anotación respectiva.*

Fotografía 17: *Ensayo esclerométrico E8 de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 18: *Anotación del resultado del ensayo esclerométrico E8.*



Fotografía 19: ***Ensayo esclerométrico E9 de la pared interna del reservorio.***

Fotografía 20: *Ensayo esclerométrico E10 de columna interna del reservorio.*

REGISTRO FOTOGRAFICO.
RESERVORIO N° 1- Paraje Batán
PREPARACIÓN Y EXTRACCION DE NUCLEOS DE CONCRETO

Fotografía 21: *Limpieza de la zona de extracción de núcleos e identificación de barras de acero con el profómetro*

Fotografía 22: *Determinación meticulosa del área de extracción del núcleo de concreto.*

Fotografía 23: *Colocación cuidadosa del equipo de extracción de núcleos de concreto.*

Fotografía 24: *Extracción del núcleo de cocnreto con el enfríamiento del equipo con alimentación contínua de agua.*

Fotografía 25: *Equipo técnico en el interior del reservorio.*

Fotografía 26: *Perforación efectuada para extraer el núcleo de concreto.*

Fotografía 27: *Preparación del equipo de extracción de núcleos de concreto.*

Fotografía 28: *Equipo instalado y listo para comenzar la extracción del núcleo de concreto.*

Fotografía 29: ***Técnico calificado en plena extracción de un núcleo de concreto.***

Fotografía 30: *Equipo técnico extrayendo el núcleo obtenido.*

Fotografía 31: ***Jefe del equipo técnico de ensayos preparando el esclerómetro.***

Fotografía 32: *Jefe del equipo técnico verificando la corrosión de la escalera de gato para acceder al interior del reservorio.*

Fotografía 33: ***Vista de la perforación efectuada para extraer un núcleo de concreto.***

Fotografía 34: *Preparación de los andamios para colocar el equipo para la extyracción en la parte alta de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 35: *Iluminación apropiada para efectuar los trabajos en el interior del reservorio.*

Fotografía 36: *Extracción del núcleo de concreto inmediatemente después de desmontar el equipo utilizado.*

Fotografía 37: *Equipo instalado en la parte superior de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 38: *Extracción del núcleo de concreto en la parte superior de la pared interna del reservorio.*

Fotografía 39: *Equipo de extracción de núcleos listo para comenzar su operación.*

Fotografía 40: *Equipo de extracción de núcleos en pleno funcionamiento con alimentación de agua de enfríamiento.*

Fotografía 41: *Núcleos de concreto extraídos de la parte inferior de la pared interna del reservorio.*

REGISTRO FOTOGRAFICO.

RESERVORIO N° 1- Paraje Batán

3.2. ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO Y PRUEBA DE CARBONATACION CON FENOLTALEINA

Fotografía 42: *Núcleo Ensayado a la Rotura y a la Carbonatación con Fenolftaleína*

Fotografía 43: *Núcleos Ensayados a la Rotura y a la Carbonatación con Fenolftaleína, donde se observa la carbonatación muy severa en todos los núcleos*

Fotografía 44: *Comparación con un testigo sin carbonatación de otro proyecto.*

Fotografía 45: *Núcleo 08 ensayado a la rotura y a la carbonatación.*

.

Fotografía 46: *Núcleo 02 Parte Superior ensayado a rotura.*

Fotografía 47: *Núcleo 02 Parte Superior ensayado a carbonatación.*

Fotografía 48: *Núcleo 03 Parte Inferior ensayado a la rotura.*

Fotografía 49: *Núcleo 03 Parte Inferior ensayado a la carbonatación y cristalizaciones extraídas de la pared externa del Reservorio.*

Fotografía 50: *Núcleo 06 Parte Superior ensayado a la carbonatación.*

Fotografía 51: *Núcleo 07 Parte Superior ensayado a la carbonatación.*

Fotografía 52: *Núcleo 09 Parte Superior ensayado a la carbonatación.*

REGISTRO FOTOGRAFICO.

4. REGISTRO FOTOGRAFICO: RESERVORIO N° 2 - Paraje Acovichay

4.1. ESCLEROMETRIA Y PRUEBAS QUIMICAS EN EL CONCRETO

.

Fotografía 53: *Escalera de acceso tipo gato y escotilla en la cúpula del Reservorio Acovichay.*

Fotografía 54: *Losa de cobertura del reservorio con grietas muy marcadas y en toda su extensión.*

Fotografía 55: *Vista de las grietas en la cobertura del Reservorio desde otro ángulo.*

Fotografía 56: *Más grietas visibles y muestra de su reparación.*

Fotografía 57: *Esclerómetro para medir la resistencia del concreto en la pared externa del reservorio.*

Fotografía 58: *Uso del esclerómetro en la parte superior del muro del reservorio.*

Fotografía 59: *Uso del esclerómetro encima de la caseta de válvulas del reservorio.*

Fotografía 60: *Frasco de fenolftaleína para verificar la carbonatación del concreto en el reservorio.*

Fotografía 61: *Frasco de fenolftaleína con sus especificaciones impresas.*

Fotografía 62: *Observación de eflorescencias, manchas y exudaciones en la pared externa del reservorio.*

Fotografía 63: *Identificación de patologías en la pared externa del reservorio.*

\

Fotografía 64: *Muestra de la reacción positiva a la carbonatación en la parte superior de la pared externa del reservorio.*

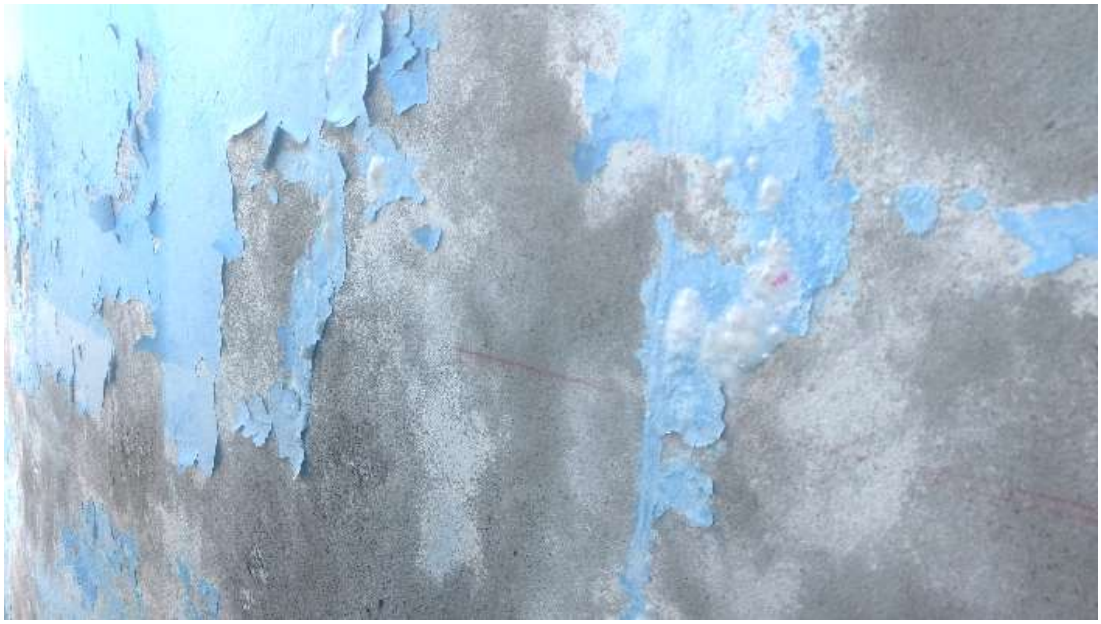
Fotografía 65: *Otra área extensa de ataque químico en la parte exterior superior de la pared externa del reservorio.*

Fotografía 66: *Carbonatación muy severa en la parte inferior de la cara oeste del reservorio*

Fotografía 67: *Pulverización y delaminación del recubrimiento del concreto en la parte inferior de la cara oeste del reservorio*

Fotografía 68: *Delaminación del exterior de la pared externa del reservorio.*

Fotografía 69: *Manchas, eflorescencias, exudaciones y delaminaciones del concreto en una reducida.*



Fotografía 70: *Manchas, eflorescencias, exudaciones del concreto en otra área.*

Fotografía 71: *Uso de la fenolftaleína en la cara oeste del reservorio en una zona muy degradada.*

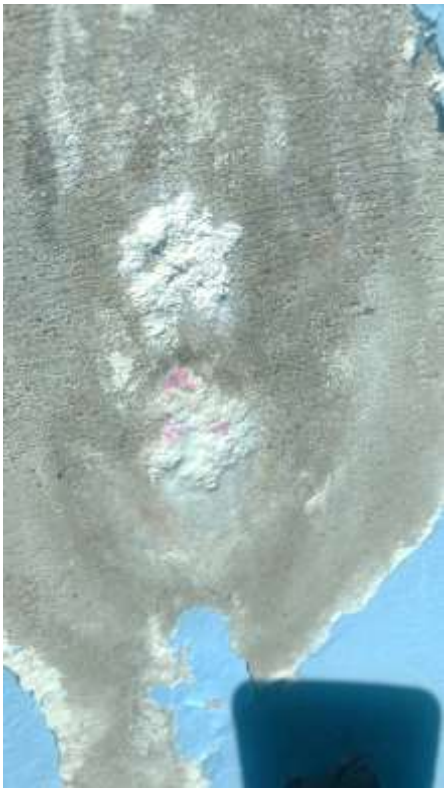
Fotografía 72: *Muestras de carbonatación en la mayoría de los ensayos efectuados.*

Fotografía 73: *Carbonatación muy severa en la parte inferior de la cara oeste del reservorio.*

Fotografía 74: *Varias patologías en área muy reducida: fisuras, manchas, exudaciones, cristalizaciones y deficiente proceso constructivo.*

Fotografía 75: *Fisuras visibles y daño químico en la parte externa de la pared del reservorio.*

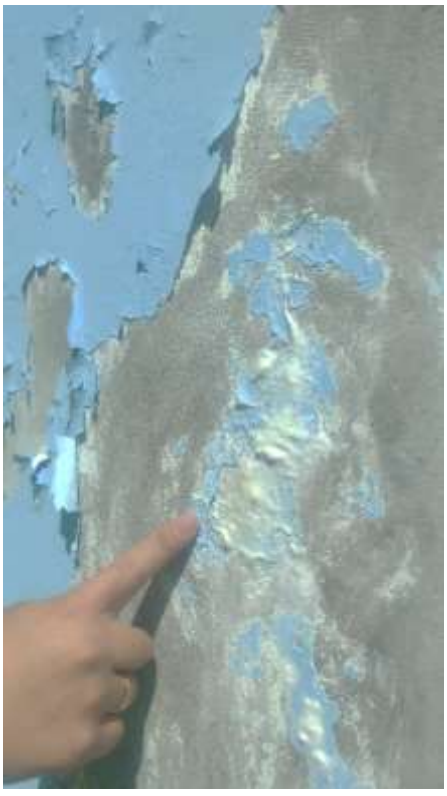
Fotografía 76: *Cristalización visible en el exterior de la pared del reservorio.*



Fotografía 77: *Ataque químico por sulfatación (no hubbo reacción a la fenolftaleína)*

Fotografía 78: *Ataque químico por varias fuentes en la parte superior de la cara oeste del reservorio.*

Fotografía 79: *Ataque químico por varias fuentes en la parte inferior de la cara oeste del reservorio.*



Fotografía 80: *Cristalización de la reacción del concreto al agua y al aire atmosférico.*

Fotografía 81: *Ataque químico por varias fuentes en otra área observada.*

Fotografía 82: *Ataque químico múltiple con condicíon de daño severo a la pared externa del reservorio.*

Fotografía 83: *Ataque químico severo en la pared adjunta a la caseta de válvulas.*

Fotografía 84: *Determinación de dos tipos de ataques químicos, la carboantación y la sulfatación, ocasionados por deficiente proceso constructivo.*

5. CERTIFICACIONES DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS.

GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente

GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

COTIZACION ECONOMICA TECNICA

Proyecto : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

Solicita : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

Servicio : EXTRACCION DE TESTIGOS ENDURECIDO DE CONCRETO Y ESCLEROMETRIA

	DESCRIPCION DEL SERVICIO	Costo del estudio y/o ensayo S/	N° Cantidad	Costo Total S/
1	DIAMANTINAS	150.00	10	1,500.00
2	ESCLEROMETRIA	33.00	20	660.00
			Sub Total S/	2,160.00
			IGV (18%)	388.80
			Total S/	2,548.80

Nota: Servicio a realizarse a todo costo del consultor.

GEOSER INGENIEROS S.A.C.

Ing. Reynaldo M. Reyes Roque, MSc. Dr.
INGENIERO CIVIL CIP N° 57900
Consultor de Obras - Reg. N° C2182
Maestría en Ingeniería Geotecnica

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

GeoSer Ingenieros S.A.C.
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente
GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 405-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO BATAN

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Aplicación del refuerzo	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	% error Calibración	Valor Rebote del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
						L1	L2	L3	L4	L5				
						18	16	16	16	14				
						L6	L7	L8	L9	L10				
1	MURO DE RESERVORIO / D-1	210	→	> a 28 días	01/11/2017	14	16	18	18	18	16.4	11.4	11	102 Kg/cm²
						L1	L2	L3	L4	L5				
						14	12	15	16	16				
						L6	L7	L8	L9	L10				
2	MURO DE RESERVORIO / D-2	210	→	> a 28 días	01/11/2017	16	14	12	16	16	14.7	9.7	10	102 Kg/cm²
						L1	L2	L3	L4	L5				
						16	16	12	15	14				
						L6	L7	L8	L9	L10				
3	MURO DE RESERVORIO / D-3	210	→	> a 28 días	01/11/2017	15	15	16	15	16	15	10	10	102 Kg/cm²
						L1	L2	L3	L4	L5				
						15	10	10	14	14				
						L6	L7	L8	L9	L10				
4	MURO DE RESERVORIO / D-4	210	→	> a 28 días	01/11/2017	14	12	12	12	12	12.5	7.5	8	102 Kg/cm²
						L1	L2	L3	L4	L5				
						14	20	14	14	14				
						L6	L7	L8	L9	L10				
5	MURO DE RESERVORIO / D-5	210	→	> a 28 días	01/11/2017	14	13	16	14	13	14.6	9.6	10	102 Kg/cm²

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296.
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa.

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 82939
Consultor de Obras - Reg. N° C56127
Especialista en Estructuras y Gestión de Calidad

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 email: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

GeoSer Ingenieros S.A.C.
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente
GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 465-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO BATAN

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Ubicación del Vaciado	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	- 5 error Calculado	Valor Asumido del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
6	MURO DE RESERVORIO / D-6	210	→	> a 28 días	01/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	15.7	10.7	11	102 Kg/cm²
						16	15	14	16	16				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						15	17	16	16	16				
7	MURO DE RESERVORIO / D-7	210	→	> a 28 días	01/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	12.3	7.3	7	102 Kg/cm²
						14	12	10	13	10				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						10	12	13	13	16				
8	MURO DE RESERVORIO / D-8	210	→	> a 28 días	01/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	22	17	17	102 Kg/cm²
						22	22	26	24	24				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						18	22	20	22	20				
9	MURO DE RESERVORIO / D-9	210	→	> a 28 días	01/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	21.8	16.8	17	102 Kg/cm²
						22	22	22	23	16				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						22	21	24	22	24				
10	MURO DE RESERVORIO / D-10	210	→	> a 28 días	01/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	17	12	12	102 Kg/cm²
						22	18	16	14	17				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						18	19	14	16	16				

Ing. Rubén Darío Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 167639
Consultor de Obras - Reg. N° C041127
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 am@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS DE CONCRETO ENDURECIDO, DIAMANTINA

Norma ASTM C-42

INFORME N° 465-2017-GS-LG

SOLICITA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: ..... ESTRUCTURA : RESERVORIO BATAN

f'c de Diseño 210 Kg/cm²

REQUISITOS

Altura : 15.00 cm
Diametro : 7.50 cm

Tamaño Maximo del Agregado en el Concreto : 3/4"

Dirección de la Aplicación →

TESTIGO		DISEÑO	FECHA		Dias de	CARGA	AREA	f'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	EXTRACCION	ROTURA	Vaciado	(Kg)	cm2	Kg/cm2	f'c/fc
1	M-01 (Muro Inferior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	5,190.35	44.2	117	55.95
2	M-02 (Muro Inferior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	5,169.96	44.2	117	55.73
3	M-03 (Muro Inferior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	7,617.28	44.2	172	82.11
4	M-04 (Muro Inferior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	4,007.48	44.2	91	43.20
5	M-05 (Muro Inferior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	3,507.82	44.2	79	37.81

EVALUACION DE RESULTADOS

Promedio de los Cinco corazones	: 54.96%

SE CONSIDERARA ACEPTABLE EL ENSAYO:

Si el promedio de los CINCO corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia especificada (f'c) y ningun corazon tiene una resistencia menor del 75 % de la resistencia especificada (f'c).

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL
Consultor de Obras
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS DE CONCRETO ENDURECIDO, DIAMANTINA

Norma ASTM C-42

INFORME N° 485-2017-GS-LG

SOLICITA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

DOSIFICACION: En peso: ..... En volumen: ..... ESTRUCTURA : RESERVORIO BATAN

f'c de Diseño 210 Kg/cm²

REQUISITOS

Altura : 15.00 cm
Diametro : 7.50 cm

Tamaño Maximo del Agregado en el Concreto : 3/4"

Dirección de la Aplicación →

TESTIGO		DISEÑO	FECHA		Dias de	CARGA	AREA	F'c	%
N°	DESCRIPCION	Kg/cm²	EXTRACCION	ROTURA	Vaciado	(Kg)	cm2	Kg/cm2	F'c/f'c
6	M-06 (Muro Superior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	6,934.07	44.2	157	74.74
7	M-07 (Muro Superior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	4,802.86	44.2	109	51.77
8	M-08 (Muro Superior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	6,424.21	44.2	146	69.25
9	M-09 (Muro Superior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	5,118.97	44.2	116	55.18
10	M-10 (Muro Superior del Reservorio)	210	13/11/2017	20/11/2017	> a 28	4,772.27	44.2	108	51.44

EVALUACION DE RESULTADOS

Promedio de los Cinco corazones	:	*60.48%*

SE CONSIDERARA ACEPTABLE EL ENSAYO:

Si el promedio de los CINCO corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia especificada (f'c) y ningun corazon tiene una resistencia menor del 75 % de la resistencia especificada (f'c).

Ing. Ruben Darlo Arapia Loiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 152976
Consultor de Obras - Reg. N° C56137
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 465-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO BATAN

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Aplicación del vaciado	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	- 5 error Calibración	Valor Nominal del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
						L1	L2	L3	L4	L5				
11	COLUMNA / D-11	210	→	> a 28 días	01/11/2017	36	37	38	40	41	36	31	31	244.8 Kg/cm²
						L6	L7	L8	L9	L10				
						34	36	35	31	32				
						L1	L2	L3	L4	L5				
12	COLUMNA / D-12	210	→	> a 28 días	01/11/2017	32	34	38	34	36	33.8	28.8	29	224.4 Kg/cm²
						L6	L7	L8	L9	L10				
						31	30	34	36	33				
						L1	L2	L3	L4	L5				
13	COLUMNA / D-13	210	→	> a 28 días	01/11/2017	35	39	36	38	34	37.1	32.1	32	265.2 Kg/cm²
						L6	L7	L8	L9	L10				
						37	38	39	37	38				

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296.
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa.

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 102030
Consultor de Obras - Reg. N°23134127
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente

GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 065-2017-GS-LC

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO ACOVICHAY

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Ubicación del rebote	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	% error Calibración	Valor Asumido del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
1	MURO DE RESERVORIO / D-1 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	40.6	35.6	36	326.4 Kg/cm²
						40	30	40	40	44				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						44	42	42	42	42				
2	MURO DE RESERVORIO / D-2 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	34.6	29.6	30	234.6 Kg/cm²
						32	34	36	30	36				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						36	35	36	37	34				
3	MURO DE RESERVORIO / D-3 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	28.9	23.9	24	153 Kg/cm²
						30	32	30	28	28				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						27	28	26	31	29				
4	MURO DE RESERVORIO / D-4 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	32.5	27.5	28	204 Kg/cm²
						30	32	35	33	34				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						34	33	32	31	31				
5	MURO DE RESERVORIO / D-5 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	37.8	32.8	33	285.6 Kg/cm²
						42	30	39	42	30				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						40	40	41	32	42				

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 187539
Consultor de Obras - Reg. N° C56127
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296.
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos

Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia

RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

GeoSer Ingenieros S.A.C.
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente
GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 465-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO ACOVICHAY

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Ubicación del vaciado	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	- 5 a/C Calibración	Valor Ajustado del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
6	MURO DE RESERVORIO / D-6 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	38.6	33.6	34	306 Kg/cm²
						36	37	37	41	38				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						39	41	39	38	40				
7	MURO DE RESERVORIO / D-7 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	29.4	24.4	24	153 Kg/cm²
						30	28	30	30	29				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						29	27	31	30	30				
8	MURO DE RESERVORIO / D-8 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	40.8	35.8	36	326.4 Kg/cm²
						38	40	42	44	36				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						42	42	42	40	42				
9	MURO DE RESERVORIO / D-9 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	36.7	31.7	32	265.2 Kg/cm²
						38	36	36	38	38				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						40	34	32	40	35				
10	MURO DE RESERVORIO / D-10 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	41	36	36	326.4 Kg/cm²
						42	40	41	41	42				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						40	38	44	40	42				

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162628
Consultor de Obras - Reg. N° C56127
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296
- Las pruebas de campo fueron realizadas por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa.

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

GeoSer Ingenieros S.A.C.

Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras

Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente

GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales

Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental

RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 665-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO ACOVICHAY

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	aplicación del rebote	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	- 5 error Calibrado	Valor Ajustado del Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
11	MURO DE RESERVORIO / D-11 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	42.1	37.1	37	357 Kg/cm²
						44	42	42	38	43				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						44	41	41	43	43				
12	MURO DE RESERVORIO / D-12 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	36.2	31.2	31	244.8 Kg/cm²
						38	36	36	38	35				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						38	36	37	36	32				
13	MURO DE RESERVORIO / D-13 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	37.5	32.5	33	285.6 Kg/cm²
						35	35	36	40	39				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						41	37	35	40	37				
14	MURO DE RESERVORIO / D-14 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	46.8	41.8	42	448.8 Kg/cm²
						42	43	46	49	48				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						50	46	50	47	47				
15	MURO DE RESERVORIO / D-15 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	35.4	30.4	30	234.6 Kg/cm²
						37	32	34	39	32				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						39	35	36	36	34				

Ing. Rolgen Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 102938
Consultor de Obras - Reg. N° 234127
Especialista en Estudios y Control de Calidad

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296.
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa.

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos

Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia

RPM #954709070 email: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com

GeoSer Ingenieros S.A.C.
Servicios Geotécnicos e Ingeniería Especializada en Obras Civiles y Mineras
Consultores en Ingeniería Geotécnica, Ingeniería Geológica, Ingeniería de Recursos Hídricos e Ingeniería Sismorresistente
GeoLab Laboratorio Geotécnico – Investigaciones de Campo, Laboratorio de Mecánica de Suelos y Control de Calidad de Materiales
Estudios Geotécnicos, Estudios de Mecánica de Suelos con fines de cimentación, Geotecnia Ambiental
RUC N° 20408092524 RNP - OSCE: CONSULTOR DE OBRAS N° C39006

ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO CON ESCLEROMETRO

(norma ASTM C-805)

TESISTA : ING. MARCO ANTONIO LOLI SILVA

INFORME N° 485-2017-GS-LG

TESIS : "NIVEL DE DETERIORO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REHABILITACION DE RESERVORIOS DE AGUA POTABLE DE CONCRETO ARMADO EN LA CIUDAD DE HUARAZ – AÑO 2016"

FECHA : Noviembre del 2017

ESTRUCTURA : RESERVORIO ACOVICHAY

	DESCRIPCIÓN	Diseño kg/cm²	Ubicación del vaciado	Días de Vaciado C°	Fecha de Prueba	N° de Disparos					Promedio	D. estándar Calibrado	Valor Ajustado de Ensayo	Resistencia Resultante, f'c
16	MURO DE RESERVORIO / D-16 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	44.3	39.3	39	387.6 Kg/cm²
						46	43	43	46	42				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						46	40	46	45	46				
17	MURO DE RESERVORIO / D-17 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	36.4	31.4	31	244.8 Kg/cm²
						36	43	38	36	34				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						39	36	34	32	36				
18	MURO DE RESERVORIO / D-18 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	38.9	33.9	34	306 Kg/cm²
						41	38	40	39	36				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						37	36	44	40	38				
19	MURO DE RESERVORIO / D-19 / ABAJO	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	39.5	34.5	35	316.2 Kg/cm²
						40	42	38	36	38				
						L6	L7	L8	L9	L10				
						38	40	41	40	42				
20	MURO DE RESERVORIO / D-20 / ARRIBA	210	→	> a 28 días	17/11/2017	L1	L2	L3	L4	L5	38.2	33.2	33	285.6 Kg/cm²
						39	38	37	35	39				
						L8	L7	L8	L9	L10				
						41	38	37	40	38				

Notas:
- El error por calibración del equipo es de más o menos del 5%, respecto a los valores finales obtenidos
- Los ensayos se han realizado mediante la prueba no destructiva estandarizada por la norma ASTM C-805 "Estándar test method for rebound number of hardened concrete".
- Equipo Utilizado: Esclerómetro - H.W.Kessel. S.A. ELE International Modelo N° 35-1480 - Serie N° 2L0296
- Las pruebas de campo fueron realizados por el Técnico Sr. Sebastián J. Aguilar Figueroa.

Ing. Ruben Dario Aranda Leiva
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP N° 162939
Consultor de Obras - Reg. N° C39006
Especialista en Ensayos y Control de Calidad

Oficina Principal: Lima - Jr. Principios Mz. CC4 Lote 26 - Oficina 501 Edificio Real - Urbanización Pro - Distrito de Los Olivos
Sucursal: Huaraz - Jr. Recuay N° 470 - esq. Av. Confraternidad Int. Oeste N° 702 - Centenario - Independencia
RPM #954709070 em@il: ing.reynaldo.reyes@hotmail.com web: www.geoseringenieros.com