

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica



TRABAJO DE DIPLOMA

“Evaluación de las patologías en el sistema de abastecimiento de agua a Cayo Santa María”.

Autora: Yamila Peláez Alfonso.

Tutor: Dr. Ing. Lamberto Álvarez Gil.

Santa Clara 2017

Año 59 del Triunfo de la Revolución

PENSAMIENTO:

*Hay en el mundo un lenguaje que todos comprenden:
es el lenguaje del entusiasmo, de las cosas hechas con
amor y con voluntad, en busca de aquello que se desea
o en lo que se cree.*

Pablo Coelho

AGRADECIMIENTOS:

A mi madre: Por estar presente en cada momento, por quererme y ofrecerme lo mejor de ti, por enseñarme las virtudes más lindas que puede tener una persona.

A mi padre: Por ser mi guía, por ser un ejemplo de perseverancia, por brindarme sus consejos y valores, por ayudarme a lograr todos mis propósitos y por complacerme en todos mis caprichos.

A mi hermano: Que, aunque lejos nunca dejo de apoyarme y su preocupación y ayuda fueron realmente importantes para mi

A mi churry: Por soportarme y aguantarme, por brindarme su amor

A mis amigas: Por estar conmigo siempre en las buenas y malas, por ser un apoyo espiritual en mi vida.

A mi tutor Lamberto: Por dedicarme su tiempo, ofrecerme sus conocimientos y experiencias

A mis compañeros de aula: Que los voy a extrañar mucho, que estos cinco años junto a ellos fueron maravilloso, le doy las gracias por estar presente cuando los necesite por brindarme sus consejos y apoyo.... nunca los voy a olvidar.

Al colectivo de profesores de la carrera Ing. Hidráulica: Por su dedicación y contribución a mi formación profesional, por enseñarnos a ser buenos profesionales.

DEDICATORIA:

A mis padres porque todo lo que soy o espero ser, se lo debo a ellos.

RESUMEN:

En el presente trabajo se realiza un estudio sobre la evaluación y diagnóstico de las patologías en las instalaciones hidráulicas del sistema de abasto al Cayo Santa María.

En el cual se definen aquellas patologías que se manifiestan en las diferentes obras hidráulicas vigentes en el lugar, que permitan caracterizar las mismas a partir de identificar los daños, averías, las causas u origen y sus factibles soluciones. Además, se incluye información técnica de cada una de las obras que componen el sistema de abasto Cayo Santa María.

Donde se elabora un catálogo de patologías como instrumento fundamental que permite agrupar los diagnósticos y sus viables soluciones, para futuras intervenciones técnicas de reparación y mantenimiento, que pueden ser presentados en los diferentes objetos de estudio.

Contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1: Revisión Bibliográfica sobre patologías en sistemas de abasto de agua | 6 |
| Generalidades | 6 |
| 1.1 Servicios de Abasto de agua..... | 6 |
| 1.2 Sistema de abastecimiento de agua. | 8 |
| 1.3 Formas de evaluación para detectar patologías en estructuras hidráulicas | 14 |
| 1.4 Fenómenos que provocan situaciones patológicas en las estructuras hidráulicas..... | 15 |
| 1.5 Procedimientos para la evaluación y diagnóstico de patologías en obras hidráulicas . | 17 |
| 1.6 Principales patologías o averías que se presentan en estructuras hidráulicas. | 20 |
| Patologías en obras hidráulicas más conocidas | 22 |
| 1.7 Mantenimiento en obras hidráulicas. | 23 |
| Conclusiones Parciales | 27 |
| Capítulo2: Descripción de patologías mediante un inventario para el diagnóstico y evaluación en sistemas de abasto. | 28 |
| 2.1 Descripción de patologías en tuberías | 28 |
| 2.2 Metodología para el diagnóstico. | 36 |
| 2.3 Metodología para el diagnóstico. Análisis por etapas..... | 37 |
| Conclusiones Parciales:..... | 49 |
| Capítulo 3: Elaboración de un catálogo para el análisis de patologías en las instalaciones del Cayo Santa María | 50 |
| Generalidades | 50 |
| 3.1 Estación de bombeo La Fuente y el Caney | 50 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 3.2 Conductora | 65 |
| 3.3 Depósitos de agua..... | 75 |
| Conclusiones | 82 |
| Recomendaciones..... | 83 |
| Bibliografía..... | 84 |
| Anexo I..... | 88 |
| Anexo II..... | 94 |
| Anexo III | 107 |

Introducción

El agua es una sustancia vital para la vida, obligando al hombre, desde su origen, a desarrollar su existencia en el entorno de ríos, lagos o manantiales, lo que permitía resolver muy fácilmente sus primitivas necesidades.

Poco a poco aprendió a utilizar los recursos hídricos disponibles a su alcance, después concibió medios y elementos rústicos, que llegaron a ser finalmente sistemas que le permitieron trasladar el agua desde lugares lejanos hasta donde desarrollaba su subsistencia. Con el desarrollo humano y de las sociedades, el agua se reafirmó como un elemento esencial e indispensable, ya el problema no solo era que existiera, sino que se garantizara en todo momento, bajo determinadas condiciones de volúmenes, presión y calidad, con total seguridad para la vida y el entorno.

Sobre todo, “pronto el hombre aprendió que sin agua no tendría vida, pero que vivir sin poder controlarla, tampoco sería vida”. Y que si imprescindible era crear obras (por complejas que estas fueran) que nos permitieran utilizar sus múltiples bondades y protegernos de sus excesos, más importante era el mantenerlas funcionando para garantizar durante largos períodos sus incuestionables beneficios.

Por tanto, debemos tener en cuenta la necesidad de conservar las obras hidráulicas existentes y hacerlas más eficientes, organizar y optimizar las actividades de la explotación, las reparaciones y el mantenimiento para resolver los problemas que surjan tanto en las nuevas obras o en aquellas que fueron remodeladas para mejorar su capacidad o eficiencia.

Además, el acelerado crecimiento del turismo a partir de la explotación de nuevas capacidades hoteleras y de servicio, comienza a ejercer una fuerte presión sobre la necesidad de asegurar y mejorar el servicio de suministro de agua, lo que trae implícito implementar un proceso de perfeccionamiento de las instalaciones hidráulicas.

Situación problemática:

La infraestructura hidráulica asociada al sistema de abasto del Cayo Santa María para satisfacer la demanda de sus usuarios que responde a las instalaciones hoteleras y otros servicios que se brindan en este polo turístico requiere de conocer sus características técnicas y el estado físico constructivo de los objetos de obra del sistema de abastos: estación de bombeo, pozo, conductora, cruces y pases de puente, tanques, equipos de medición, cisternas, etc., además de proponer soluciones factibles y mantenimientos sistemáticos para ofrecer un buen funcionamiento del mismo.

Planteamiento del problema:

A partir de la existencia de varios objetos de obra que componen el sistema de abasto de agua en el Cayo Santa María se requiere caracterizar desde el punto de vista estructural e hidráulico las lesiones, daños o averías que se pueden presentar en los mismos.

Objeto de estudio:

Infraestructura hidráulica del sistema de abastecimiento de agua de Cayo Santa María.

Campo de investigación:

Sistemas de abasto a polos turísticos.

Problema de investigación:

¿Es posible realizar el diagnóstico de las patologías, averías o daños en la infraestructura hidráulica asociada al sistema de abastecimiento de agua a Cayo Santa María para conocer el estado físico constructivo de los objetos de obra y dar las soluciones necesarias a considerar en su rehabilitación y mantenimiento?

Hipótesis:

Si se identifican, analizan las patologías, averías o daños y se puntualizan las afectaciones existentes mediante su diagnóstico y posibles soluciones, entonces se logrará establecer criterios técnicos para un mantenimiento y rehabilitación más racional de las instalaciones hidráulicas del Sistema de abastecimiento de agua a Cayo Santa María.

Objetivo General:

Diagnosticar las patologías existentes en las instalaciones hidráulicas de Cayo Santa María mediante la confección de un inventario para la identificación y análisis de las lesiones, averías o daños, brindando solución a las mismas.

Objetivos específicos:

- ❖ Realizar el estudio de las fuentes bibliográficas para establecer una actualización sobre el tema de las patologías que se presentan en el sistema de abasto en polos turísticos.
- ❖ Elaborar un inventario a partir las diferentes lesiones, averías o daños que pueden presentar los objetos de obra que componen el sistema de abasto del Cayo Santa María.
- ❖ Confeccionar un catálogo donde se incluyan las patologías detectadas a partir de su evaluación, diagnóstico y proponer posibles soluciones para atenuar los daños.

Tareas de investigación:

Capítulo 1:

- ❖ Estudio de las fuentes bibliográficas o estado del arte relacionadas con las normas vigentes para el abastecimiento de agua a polos turísticos.
- ❖ Metodología para el inventario de lesiones y patologías.

- ❖ Tipos de soluciones a emplear para las diferentes patologías que se presentan en obras hidráulicas.

Capítulo 2:

- ❖ Inspección visual a los diferentes objetos de obra del sistema de abasto del Cayo Santa María.
- ❖ Elaboración de un Inventario de patologías.

Capítulo 3:

- ❖ Confección de un catálogo de patologías según su diagnóstico y evaluación dando solución a las mismas.

Novedad científica:

Aprobar un instrumento de evaluación donde se definan mediante un catálogo las patologías en los diferentes objetos de obras de los sistemas de abasto de agua del Cayo Santa María, que permiten precisar y establecer soluciones para ser intervenidas ingenierilmente.

Aporte científico:

Exponer la aplicación de un catálogo de patologías para asegurar un buen servicio de abasto de agua en del Cayo Sata María, así como presentar las vías de solución más eficaces para la reparación y mantenimiento de los objetos de obra existentes.

Valor Científico de la investigación:

Se realiza una identificación de las patologías existentes en el sistema de abasto de agua de la cayería Norte de Villa Clara, donde se definen los principales conceptos a tener en cuenta para realizar los trabajos de preservación y sostenimiento de sus objetos de obra, así como los procedimientos más factibles y los consejos necesarias para evitar la ocurrencia de daños o lesiones.

Valor Metodológico de la investigación:

Se muestra la aplicación práctica de una metodología para realizar el diagnóstico, evaluación e intervención de los objetos de obra del sistema de abasto de agua del Cayo Santa María donde se establecen las recomendaciones necesarias para su conservación y mantenimiento.

Valor Práctico Ingenieril de la investigación:

Este trabajo se podrá tomar como guía de estudio para la enseñanza en próximos años en la especialidad de Ingeniería Hidráulica. Además de servir como apoyo a los profesionales para dar solución a los daños o deterioro presentes en los objetos de obra de un sistema de abasto mediante la propuesta de un catálogo.

La estructura y orden del trabajo:

Introducción.

Capítulo 1: Revisión Bibliográfica sobre patologías en sistemas de abasto

Capítulo 2: Descripción de patologías mediante un inventario para el diagnóstico y evolución en sistemas de abasto.

Capítulo 3: Elaboración de un catálogo para el análisis de patologías en las instalaciones del Cayo Santa María

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

Beneficios de la investigación:

Con la determinación de patologías, su caracterización y propuesta de soluciones se elabora una herramienta de trabajo que puede ser de gran utilidad en las Empresas de Aprovechamiento Hidráulico, para perfeccionar y mejorar sus alternativas de mantenimiento y conservación en obras hidráulicas.

Capítulo 1: Revisión Bibliográfica sobre patologías en sistemas de abasto de agua

Generalidades

En este capítulo se realiza un análisis del estado del arte de la temática, lo que posibilita justificar el desarrollo de la investigación. En el mismo se expone el estado actual del tema de las patologías en sistemas de abastecimiento de agua, mediante una caracterización general, se realiza la descripción de las principales metodologías existentes que se pueden utilizar para el diagnóstico e intervención de las obras hidráulicas.

1.1 Servicios de Abasto de agua.

Los sistemas de acueducto operados por el INRH abastecen de agua a 2 416 asentamientos urbanos y rurales, donde residen 8 millones 240 mil personas. Se estima en 1 millón de personas las abastecidas por acueductos de otras entidades (900 de ellos del MINAG y AZCUBA), cerca de otro millón de forma permanente por camiones cisternas y otras 800 mil personas acceden al agua, pero deben acarrearla desde 200-300 m de sus viviendas.**(INRH 2012)**

Las coberturas de agua se comportan de forma diferente según el sector de población; urbano y rural (Figura1) Las áreas urbanas sin acceso adecuado de agua incluyen unas 200 mil personas, mientras que el sector rural duplica ese número. Se estima en 866 mil los cubanos que no disponen de un acceso adecuado al agua. El servicio por conexión domiciliaria es predominante en los asentamientos urbanos (85.4 %) pero la desconcentración en los lugares rurales hace muy frecuentes el fácil acceso y el abasto por carros cisternas. La

administración de los acueductos y alcantarillados por las empresas operadoras estatales en estos lugares no ha demostrado efectividad.(INRH 2012)



Figura1. Evolución de las Coberturas de Abasto de Agua en Cuba.

Los cuatro indicadores principales de la calidad del servicio de agua presentan bajos índices. Estos son, por orden de importancia: **tiempo de servicio estable, calidad sanitaria, dotación y presión de entrega.**

Las pérdidas o fugas en las conductoras, redes, acometidas y en el interior de las viviendas y otras edificaciones, constituyen una de las problemáticas fundamentales que atentan contra la calidad de los servicios de abasto de agua que hoy se brindan a la población y a la economía con el consiguiente despilfarro de productos químicos y portadores energéticos por los salideros, que constituyen cuantiosas pérdidas económicas.

En los últimos años las inversiones dirigidas al sector hidráulico han tenido una atención preferencial y más específicamente la esfera del abastecimiento de agua, con vistas a reducir las pérdidas y elevar la calidad de los servicios. Por ello se han ejecutado acciones de rehabilitación en los sistemas existentes, fundamentalmente en los grandes conglomerados poblacionales de las ciudades mayores, así como en la ampliación o construcción de redes en lugares carentes de éstas con el objetivo de reducir el segmento de población cuyo servicio depende del acarreo en

carros cisternas. Estas acciones, aunque aún insuficientes, van marcando avances hacia la solución de la problemática actual del servicio.

1.2 Sistema de abastecimiento de agua.

Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. **(Jiménez 2004)**

El sistema de abastecimiento de agua potable, consta de cinco partes principales:

-) Captación
-) Conducción
-) Tratamiento
-) Almacenamiento de agua tratada
-) Red de distribución

Captación.

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta:

Aguas superficiales.

Aguas subterráneas.

Aguas meteóricas (atmosféricas).

Agua de mar (salada).

Conducción.

La denominada “línea de conducción” consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo. Es necesario mencionar que debido al alejamiento cada vez mayor entre la captación y la zona de consumo, las dificultades que se presentan en estas obras, cada día son mayores.

Tratamiento.

El tratamiento, se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica. **(Vegas 2004)**

Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:

-) Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
-) Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino;
-) Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general;
-) Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino;
-) Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión;
-) Dispositivo de desinfección.

Regularización.

Como punto importante de este apartado, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos “almacenamiento” y regularización”. La función

principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

Línea de alimentación.

Esta línea es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas.

Red de distribución

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, hidrantes, accesorios, elementos de medición y en caso de ser necesario equipos de bombeo. **(Jiménez 2004)**

Tipos de redes:

Las redes de distribución de agua pueden clasificarse atendiendo a un gran número de criterios. Entre ellos se pueden destacar:

1. Tipos de redes de acuerdo al uso a que vaya destinada el agua.
 - Redes generales de suministro de agua en zonas urbanas: En estos casos es la misma red la encargada del suministro doméstico, industrial, riego, limpieza de calles, extinción de incendios etc.

- Redes de abastecimiento para zonas residenciales: Una red de uso exclusivo para el agua potable y otra para el resto de los usos (limpieza de calles, riego, incendio, etc.) con agua de menor calidad.
- Redes de servicios en polígonos industriales.
- Redes exclusivas de riego: Cultivos y/o jardines.
- Redes para uso exclusivo en la extinción de incendios.

2. Tipos de redes atendiendo a la topología del sistema.

En función de cómo están conectadas las tuberías entre si se pueden distinguir tres tipos de redes:

-) Ramificadas.
-) Malladas.

Como el tipo de mallada pura no es normal, aparece, además, la red Mixta.

3. Tipos de redes atendiendo al sistema de inyección o regulación.

Los sistemas de abastecimiento pueden alimentarse desde:

- a) Depósitos a presión atmosférica, elevados o semienterrados.
- b) Inyección directa a la red mediante grupos de bombeo de velocidad fija o variable

Redes ramificadas: Desde el punto de vista topológico, una red ramificada es aquella en la que, para una situación definida de consumos en los nudos, pueden calcularse los caudales circulantes por las tuberías, sin más que aplicar la ecuación de continuidad; es decir, el caudal circulante por una tubería, será igual a la suma de los consumos en los nudos situados aguas debajo de la misma. Este tipo de red, solo puede tener un punto de alimentación, ya que en caso contrario pasaría a ser mallada. (Ver en las figuras 2 y 3, ejemplos de distintos tipos de redes).

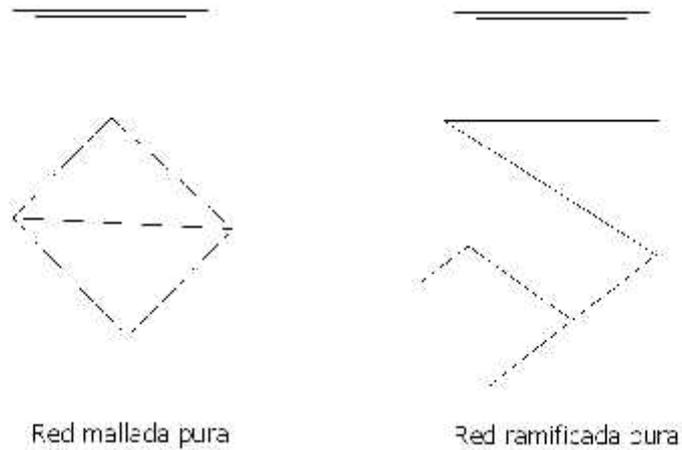


Figura 2. Red mallada pura y ramificada pura

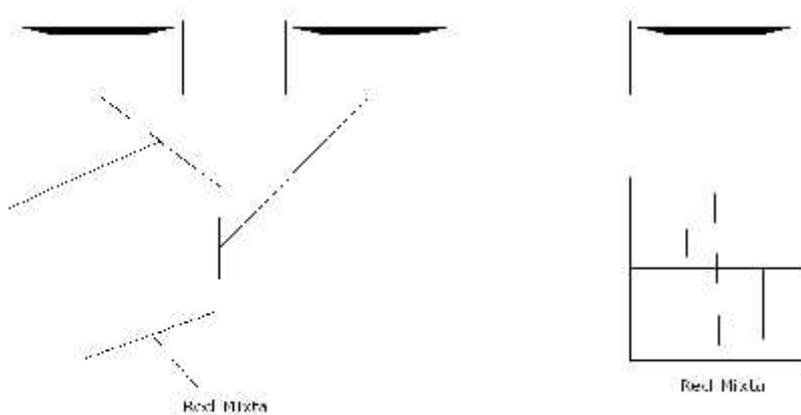


Figura 3. Redes mixtas

Redes malladas: En este tipo de redes, los caudales circulantes por las conducciones, no quedan definidos aplicando las ecuaciones de continuidad, sino que es necesario utilizar además las ecuaciones de equilibrio de malla. En las redes mixtas se pueden calcular de forma inmediata los caudales circulantes en las arterias ramificadas, pero no en las malladas.

Se puede decir que en los sistemas ramificados el agua solo puede seguir un camino para llegar a cada uno de los nudos del sistema, mientras que en los mallados las posibilidades son múltiples: Como mínimo son posible dos caminos diferentes. Ello se traduce en una mayor seguridad en el suministro, pues en caso

de interrupción en una tubería, existen caminos alternativos para el suministro de los nudos de la red que hayan quedado desabastecidos. Esta es la razón fundamental por la que, a pesar de implicar un costo superior, se usan redes malladas en los sistemas de abastecimiento, sobre todo en las conducciones principales que abastecen a un gran número de consumidores. Las ramificadas se justifican debido a su menor costo.(**Quintana 2016**)

Elementos que componen una red de distribución.

Además de las instalaciones de captación, tratamiento, almacenamiento y bombeo, se pueden citar como elementos que forman parte de un sistema de abastecimiento y que configuran la red propiamente dicha los siguientes:

- Tuberías
- Válvulas
 - De regulación
 - De control
 - De protección
 - De operación
- Ventosas y desagües
- Piezas especiales de unión: Tes, codos, reducciones, juntas, etc.
- Tomas de caudal: Hidrantes de incendio, para riego, limpieza de calles, ramales de acometidas a viviendas e industrias
- Medidores de caudal (contadores)
- Medidores de presión y otros.

Conducciones dentro de la red, según su rango.

- a. Conducciones que alimentan a la red: Son las encargadas del transporte de agua desde las fuentes de suministro hasta las plantas potabilizadoras y/o depósitos de regulación o estaciones de bombeo en el caso de inyección directa a la red. No forman parte de la red propiamente dicha.

- b. Conductoras principales o maestras: Son las de mayor diámetro en la red y alimentan a los conductos secundarios. En ellas no conviene realizar toma directa para los usuarios.
- c. Conductos secundarios: Transportan el agua desde las conductoras principales o maestras hasta las tuberías de distribución. Tampoco se suelen realizar tomas en ellas, salvo para consumidores importantes.
- d. Tuberías de distribución o de servicio (distribuidores): Están alimentadas desde las secundarias, y en ellas se practican la mayor parte de las acometidas para los usuarios.
- e. Ramales o acometidas: Conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que enlazan la red pública con las instalaciones interiores de edificios y viviendas.

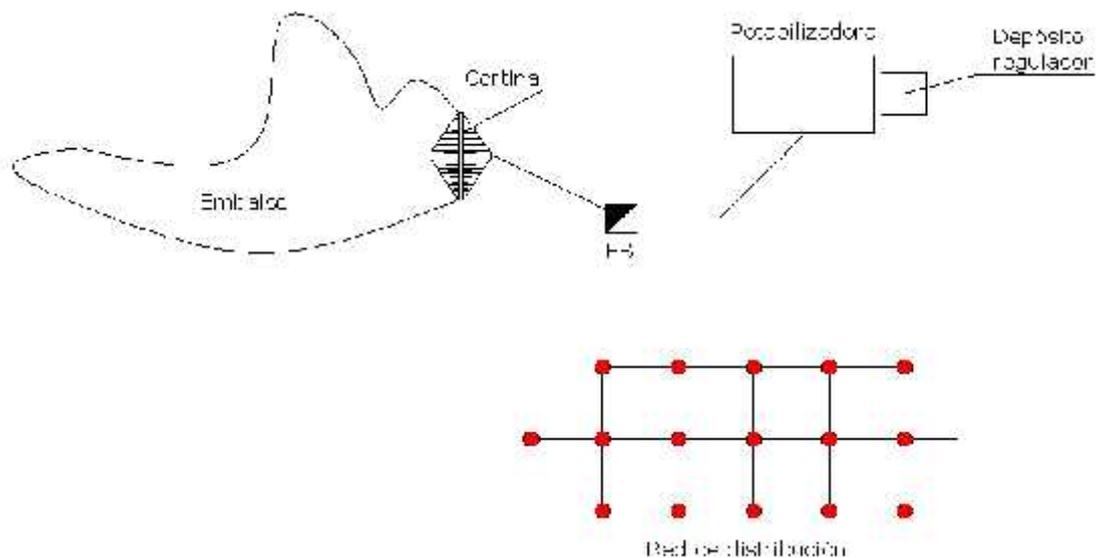


Figura 4: Esquema de un sistema de abastecimiento

1.3 Formas de evaluación para detectar patologías en estructuras hidráulicas

Las obras hidráulicas en general, son obras de alto costo de construcción, debido a las cantidades considerables de movimiento de tierra, grandes volúmenes de hormigón armado y complejidad constructiva, lo que resulta conveniente descubrir y detectar a tiempo posibles patologías que se puedan presentar, para así evitar posibles fallas estructurales que puedan ser fatales.

Una forma de evaluación para el proceso patológico en las estructuras hidráulicas puede incluir cuatro momentos esenciales que son:

-) Diagnóstico
-) Pronóstico
-) Tratamiento
-) Prevención.

El término Diagnóstico significa, la capacidad de reconocer, el conocimiento de la enfermedad, por lo tanto, diagnosticar supone conocer las anomalías y discernirlas.

Pronóstico es un término que significa previsión de lo que ha de ocurrir, o sea este concepto lleva implícito la idea de previsión o evolución.

Un buen pronóstico, solo es posible sobre la base de un adecuado diagnóstico y de un conocimiento integrador de la construcción, pues esta es el soporte físico de la patología e incide en mayor o menor grado en su evolución.

El Tratamiento es el juicio mediante el cual, se seleccionan las vías o procedimientos más adecuados para eliminar o mejorar la anomalía. La selección de un tratamiento adecuado, debe basarse, por supuesto, en un diagnóstico y pronóstico bien fundamentado, teniendo además en cuenta las condiciones específicas del contexto en que se aplicará, o sea el aspecto económico y el desarrollo tecnológico existente o disponible.

La Prevención es una propuesta de las medidas preventivas, incluyendo las acciones de mantenimiento, requeridas para la evitación del estado patológico.(Cherry 2006)

1.4 Fenómenos que provocan situaciones patológicas en las estructuras hidráulicas

(Menendez 1986) Plantea los defectos se producen y hasta aceleran el proceso destructivo por las causas siguientes:

- a) Proyectos incorrectos o deficientes por los datos o antecedentes, o por la interpretación de los mismos, por los cálculos o por equivocaciones en los planos.
- b) Desacuerdo entre el proyecto y la construcción.
- c) Materiales inapropiados o defectuosos originalmente, o que se han alterado después de recibidos, durante el almacenaje o la manipulación.
- d) Ejecución incorrecta o deficiente
- e) Mantenimiento deficiente nulo.
- f) Cambio de destino de la construcción.
- g) Cambios ambientales (zonas residenciales convertidas en industriales)
- h) Influencia de construcciones próximas, actuales, o futuras.
- i) Causas fortuitas

(Ruano 1989) Expone desde su punto de vista las causas físicas fundamentales que provocan un deterioro, o incluso la inutilidad de los elementos estructurales, los orígenes son:

1. Falta total de mantenimiento
2. Filtraciones
3. Uso inadecuado de la construcción
4. Asentamiento
5. Acción de organismos destructores
6. Deterioro normal de la construcción por edad

En sentido general las patologías en las estructuras tienen los siguientes orígenes:

a) Defectos de proyecto:

- ❖ Errores e insuficiencias de diseño
- ❖ Incorrecta selección de los productos y materiales
- ❖ Errores de representación

b) Defectos de ejecución:

- ❖ Incorrecta utilización de los materiales y productos
- ❖ Violaciones de normativas
- ❖ Violaciones de las especificaciones de calidad del proyecto
- ❖ Empleo de mano de obra no adecuada
- ❖ Incumplimientos de las funciones por parte de la dirección facultativa

c) Envejecimiento normal o acelerado de los productos, materiales y elementos

d) Fenómenos naturales:

- ❖ Inundaciones, viento, sismo, etc.

e) Ausencia de conservación y mantenimiento

f) Otros:

- ❖ Incendios, incorrecta explotación etc.

1.5 Procedimientos para la evaluación y diagnóstico de patologías en obras hidráulicas

La evaluación y diagnóstico para una estructura resulta de un proceso lógico de análisis e interrelación de todos los hechos, resultados y observaciones realizados en la etapa de reconocimiento. Para realizar el procedimiento de diagnóstico trazado, se realiza un análisis detallado por etapas que consta de la inspección inicial, inspección visual y levantamiento de deterioros, realización de ensayos rápidos o generales, recopilación de antecedentes, confección de fichas y planos, pre diagnóstico o establecimiento de las hipótesis de fallo, selección de ensayos especiales, diagnóstico, pronóstico, terapia, ejecución, evaluación, propuesta de mantenimiento, registro de caso. Lo que permite lograr una descripción de los estados patológicos de las obras en estudio, definiendo en cada caso el elemento estructural afectado, la descripción de la anomalía y la hipótesis del origen, llegando a establecer en varios casos patologías definidas. Para luego dar solución a las patologías existentes precisando en cada caso el diagnóstico del estado

patológico, las alternativas para la solución explicadas detalladamente por etapas y con todos los equipos y materiales a utilizar en cada caso.

Para establecer la evaluación y el diagnóstico de las patologías se debe establecer un procedimiento general que permita enfocar y dirigir los trabajos de investigación, con el objetivo de conocer los parámetros técnicos constructivos necesarios e indispensables para la realización de un correcto proyecto de reconstrucción. A continuación, se hace referencia a algunos ejemplos de procedimientos implementados por varios autores.

Propuesta de procedimiento para la evaluación y diagnóstico de obras hidráulicas(**Crespo 2015**) es un trabajo donde se explica mediante casos de estudios reales la aplicación del procedimiento para realizar una correcta evaluación de daños y lesiones en las estructuras hidráulicas como el caso del canal Traslase Alacranes-Pavón que se ubica en la presa Alacranes, municipio de Sagua La Grande perteneciente a la provincia de Villa Clara. Donde las patologías más comunes son el mal estado de las juntas a todo lo largo del canal, el vial de acceso con gran vegetación de marabú, desprendimiento de losas y socavación profunda por debajo del parapeto.

En la misma se define una secuencia de pasos para la inspección de las obras hidráulicas, desglosada y explicada por etapas, que mediante su aplicación parcial o total permite llegar a establecer los estados patológicos de la obra hidráulicas para de esta forma poder proponer los métodos y tecnologías de intervención más apropiados.

Otros ejemplos son los siguientes trabajos:

Evaluación de las patologías en plantas potabilizadoras de la ciudad de Santa Clara(**Pedraza 2016**).Caso de estudio plantas potabilizadoras Cerro Calvo, Ochoita y Palmarito de la ciudad de Santa Clara.

Estudio de patologías en obras hidráulicas. Casos de estudio: Planta Potabilizadora “Amistad cubano búlgara” de Camagüey Planta Potabilizadora de Nuevita(**Alvarez 2010**)

En ambos trabajos relacionados con las plantas potabilizadoras, las patologías detectadas más frecuentes es la corrosión del acero, la fisuración y el agrietamiento del hormigón, así como la fuga de agua y la corrosión salina con un grado de afectación moderado, eflorescencias del hormigón ya que el estado técnico y posible envejecimiento de las estructuras de hormigón de cada una de las plantas no ha provocado la falla o fuera de servicio de algunos de sus objetos de obra, interrumpiendo el proceso tecnológico diseñado en cada una de ellas.

Evaluación de las patologías existentes en una obra hidráulica: Caso de Estudio Embalse “Palmarito”(Valdez 2010) y Diagnóstico de patologías en presas de tierra y propuesta de soluciones. Caso de estudio" Presa Minerva y Gramal"(Gutierrez 2009).Las patologías más frecuentes en presas de tierra citadas en estos trabajos de investigación son: en los elementos de hormigón es el agrietamiento y fisuras a lo largo de las zonas donde se encuentran las armaduras con caídas del recubrimiento, corrosión del acero, disgregación. Desgastes y abrasión de la losa de fondo del aliviadero y los disipadores de energía (producido por el arrastre de los áridos) desgaste del rajón en la cortina, presencia de humedad y eflorescencia.

En las edificaciones existe una mayor experiencia para la elaboración de guías de diagnóstico para la restauración, una de ellas es: identificación de las lesiones, inspección, pre diagnóstico, de aquí se deriva el análisis que se efectúa a partir del origen de las patologías, su recorrido, síntomas y posibles lesiones; hipótesis, los estudios que se desarrollan partiendo de los ensayos, la instrumentación y la modelación un ejemplo de ello es el Palacio de los Capitanes Generales junto al Instituto Superior de Arte (ISA) ,donde se utiliza esta secuencia de pasos para su rehabilitación(**Recarey 2002**)

Para la reposición de las edificaciones de La Plaza del Cristo, se propone como procedimiento: la inspección inicial, inspección preliminar y levantamiento de

deterioros (recopilación de antecedentes, realización de ensayos rápidos o generales), confección de fichas y planos, pre diagnóstico, selección de ensayos especiales en obra o en laboratorio y de la zona donde se realizarán, realización

de los ensayos, diagnóstico, pronóstico, propuesta de intervención, propuesta de reparación, propuesta de mantenimiento.(**Alvarez 2003**)

Otra secuencia de pasos utilizada es la inspección inicial, inspección visual, levantamiento de deterioros, realización de ensayos rápidos o generales, recopilación de antecedentes, confección de fichas y planos, pre diagnóstico o establecimiento de las hipótesis de fallo, selección de ensayos especiales, diagnóstico, pronóstico, terapia, ejecución, evaluación, propuesta de mantenimiento, registro del caso, se manifiesta en las edificaciones ubicadas en el Centro Histórico de La Habana(**Alvarez 2004**)

Lo anterior planteado demuestra que los procedimientos para la intervención, pueden cambiar en dependencia de las condiciones de trabajo y del tipo de edificación. En el capítulo 3 se aplicará el procedimiento seleccionado que es el planteado por el trabajo: Propuesta de procedimiento para la evaluación y diagnóstico de obras hidráulicas(Crespo 2015).

1.6 Principales patologías o averías que se presentan en estructuras hidráulicas.

Patologías en Edificaciones:

En las edificaciones se manifiestan varias lesiones asociadas con envejecimiento físico, la sobreexplotación y la falta de mantenimiento del edificio entre otros, que provocan la aparición de patologías propias de estas condiciones como: humedad, eflorescencia, capilaridad, corrosión, desgaste, condensación, desprendimiento, vegetación parásita, arbustos y arborescencia, desprendimiento del acero de las losas, oxidación de las vigas metálicas, deterioro de los pisos, desprendimiento de los revestimientos, desprendimiento de balcones, escaleras que colapsaron, vigas partidas u organismos xilófagos.(**Alvarez 2003, Chávez José 2003, Recarey 2003**)



Figura 5 y 6: Corrosión del acero de refuerzo y manchas por humedad.

Patologías en tuberías

En las tuberías en cuanto a las patologías se distinguen las siguientes: patología en tubería rígida, patología en tubería de hinca, patología en tubería flexible y durabilidad o deterioro de la tuberías que se ponen de manifiesto cómo, la rotura de la junta, los esfuerzos ovalizantes (produce fisuras y roturas en el interior de la tubería), conexiones a pozo (fisura en la tubería por conexión ejecutada defectuosamente), exceso de compresión por un incremento de temperatura, depresión interior o bien por carga crítica de pandeo debido a un nivel freático elevado y un relleno flojo, incremento de presión, incrustaciones, corrosión generalizada, revestimientos escasos, etc.(**Flórez 2014**)



Figuras 7 y 8: Incrustaciones y rotura neta en tuberías.

Patologías en plantas de tratamiento.

En los distintos elementos que constituyen las plantas de tratamiento se presentan varias patologías, como las del deterioro del hormigón por agentes externos ya

sean químicos o físicos, patologías derivadas por la fabricación y ejecución, patologías relacionadas con la influencia del medio ambiente, patologías originada por defectos y deterioro del acero, las cuales ocasionan un deterioro acelerado del hormigón en las plantas potabilizadoras que se manifiestan como la segregación del hormigón, corrosión del hormigón, las eflorescencias, estalactitas, manchas de óxido, desconchado, fisuración y agrietamiento del hormigón, manchas de humedad, moho, carbonatación del hormigón, corrosión salina, corrosión por lixiviación, a modo de conocimiento general, pues este trabajo tiene como antecedente la investigación realizada por (Pérez 2015)



Figuras 8 y 9: Corrosión en la galería de válvulas de los filtros y fisuras y grietas en el hormigón.

Tabla1: Patologías en obras hidráulicas más conocidas

| En estructuras de tierra: | En estructuras de hormigón | En tuberías |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
|) Deslizamiento |) Corrosión |) Rotura en junta |
|) Sifonamiento |) Eflorescencias |) Incrustaciones |
|) Asentamiento |) Lixiviación |) Fisuras en el interior |
|) Agrietamiento |) Fisuración |) Corrosión |
|) Erosión |) Desagregación |) Exceso de compresión |
|) Deformación |) Desconchado | |

| | | |
|----------------|-----------------|--|
|) Filtraciones |) Carbonatación | |
|----------------|-----------------|--|

1.7 Mantenimiento en obras hidráulicas.

Mantenimiento.

Según Norma Cubana (**NC-52-55 1982**): Trabajo periódico de carácter preventivo y planificado, que se realiza en las construcciones durante su explotación, para conservar las propiedades y capacidades funcionales que son afectadas por el uso, agentes atmosféricos o su combinación, sin que sus elementos componentes fundamentales sean objeto de modificación o sustitución total o parcial. Su planificación se basa en la durabilidad de sus elementos componentes.

Reparación.

Según Norma Cubana (**NC-52-55 1982**): Trabajo que se realiza en las construcciones durante su explotación para arreglar o sustituir partes o elementos componentes. Según su alcance puede ser parcial o total: según su carácter, normal o urgente.

Tabla 2: Tipos de Mantenimiento

| | | |
|-------------------|--------------------------|---|
| Correctivo | No programado | Averías inevitables que suceden de forma aleatoria en el tiempo, durante el proceso de producción. |
| | Programado | Son las acciones (trabajos o gamas) sobre las que se tiene conocimiento de lo que hay que hacer para cuando sucede la avería o para cuando se quieran ejecutar. Se proyectan y definen los materiales, herramientas, normas, instrucciones y los oficios que se deben utilizar. |
| Preventivo | No programado | Son las acciones rutinarias o de auto mantenimiento (trabajos o gamas) que se ejecutan a las máquinas. A las mismas se le definen los materiales, herramientas, normas instrucciones y los oficios que deben intervenir. |
| | Planificado o programado | Son las acciones (trabajos o gamas) que se ejecuta con una frecuencia periódica a las máquinas. La frecuencia estará condicionada por un medidor (horas, kilómetros recorridos, unidades o toneladas producidas, etc.) |

| | | |
|-------------------|--------------------------|--|
| | | A las mismas se le definen los materiales, herramientas, normas, instrucciones y los oficios que deben intervenir. Forman parte del plan de mantenimiento. |
| Predictivo | No planificado | Son las acciones rutinarias o de auto mantenimiento (trabajo o gamas) que se ejecutan con instrumentación para el diagnóstico de las máquinas. Se definen puntos de medición, parámetros, normas, valores límites, etc. |
| | Planificado o programado | Son las acciones (trabajos o gamas) que se ejecutan con instrumentación para el diagnóstico de las máquinas, con una frecuencia periódica. La frecuencia estará condicionada por un medidor (horas, días, semanas, kilómetros recorridos, unidades o toneladas producidas, etc.). A las mismas se le definen los puntos de medición, parámetros, normas, valores límites, etc. Forman parte de las rutas o plan de inspecciones. |

(Guerra 2004)

Objetivos Básicos de un Sistema Integral de Mantenimiento:

-)] Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de instalaciones equipos y sistemas.
-)] Alargar la vida útil de equipos e instalaciones.
-)] Disminuir los costos de explotación.
-)] Satisfacer los requisitos del sistema de calidad, exigidos a la entidad.
-)] Mantener las normas de Higiene, seguridad y protección del Medioambiente.
-)] Maximizar la eficiencia y excelencia general de la instalación.

Se persigue con el mantenimiento

Cuando se analizan los objetivos de las tareas de mantenimiento realizadas durante un proceso de mantenimiento, es posible considerar los siguientes agrupamientos:

-)] Reducción del cambio de condición para lograr un alargamiento de la vida operativa del sistema. El lavado, limpieza, pintura, filtrado, ajuste,

lubricación, calibración, etc. son ejemplos clásicos que lo vemos a diario en la actividad.

-) Garantía de la fiabilidad y seguridad exigidas para reducir la probabilidad de presencia de fallos. Las actividades más comunes de este tipo son: inspección, detección, exámenes, pruebas.
-) Consecución de una tasa óptima de consumo para elementos como combustible, lubricantes, neumáticos, etc. que contribuye al costo-eficacia del proceso de operación.
-) Recuperación de la funcionabilidad del sistema, una vez que se ha producido la transición al estado de fallo. Las actividades más frecuentemente realizadas para recuperar la funcionabilidad son: sustitución, reparación, restauración, renovación, etc. **(Iglesias 2011)**

Importancia del mantenimiento.

-) Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación.
-) Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios.
-) Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

La necesidad de ejecución de trabajos del Mantenimiento Sistemático y Reparaciones, se originan en los sistemas de abastecimiento de agua y sus distintos objetos de obra, a partir de los resultados de las Observaciones, Inspecciones, Defectaciones y Evaluaciones Técnicas periódicas, producto de los siguientes factores:

- Operaciones inadecuadas en los procesos internos.
- Averías imprevistas.
- Lógicos desgates operacionales.
- La acción directa de fenómenos climatológicos.

- Investigaciones y Diseños hidráulicos incompletos.
- Deficiente construcción inicial de las Obras.
- Deterioro progresivo por falta del Mantenimiento necesario.
- Otros factores externos (Altos voltajes, caída de fases, etc.).

La información de partida, que permite elaborar buenos Planes de las Reparaciones y el Mantenimiento, muy particularmente por las características funcionales y operacionales de los sistemas de abasto de agua, son las siguientes:

Por situaciones operacionales:

- Problemas que confrontan los operadores en general.
- Reportes de averías.
- Informaciones de especialistas vinculados al sistema de abasto hidráulicos.
- Deficiente calidad del proceso por problemas de equipamiento y accesorios.

De aplicación del Mantenimiento Sistemático:

- Análisis de las Cartas Técnicas Específicas de cada elemento o parte.
- Inspecciones realizadas.
- Defectaciones técnicas.
- Evaluaciones técnicas.
- Reparaciones pendientes.
- Instalaciones de nuevos accesorios.
- Sustitución preventiva de partes y piezas, ante la posible ocurrencia de averías.

Conclusiones Parciales

1. Mediante la caracterización del estado del arte se conocen los elementos componentes de los sistemas de abasto de agua, además de los servicios que este brinda en nuestro país.
2. Se han estudiado los procedimientos utilizados para la evaluación y diagnóstico de patologías en edificaciones y estructuras hidráulicas, también se citan trabajos realizados en años anteriores que tienen características similares y que se han utilizado como antecedentes.
3. Se identifican las principales patologías que se pueden manifestar en las obras hidráulicas, además de conocer los fenómenos que pueden provocar estas patologías.
4. Se estudian temas de mantenimiento como vía para garantizar un mejor funcionamiento de las instalaciones.

Capítulo2: Descripción de patologías mediante un inventario para el diagnóstico y evaluación en sistemas de abasto.

2.1 Descripción de patologías en tuberías

Patología en tubería rígida

- Rotura de la junta.

En estos casos se trata de un fallo de fabricación más común de lo que se cree.



Figura 10: Boquilla de tubería de hormigón. Se detecta la falta de armadura en toda la boquilla.

En la fotografía se recoge un tubo roto por la boquilla tras haber sido golpeado, pero deja claro un problema importante: la armadura de la boquilla no tiene anclaje y es insuficiente.

Esto provoca los daños que se muestran en las fotografías siguientes.



Figura 11, 12, 13: Tres fases de patología por el mismo problema de falta de armadura en la junta.

Al no tener armadura longitudinal la boquilla ni llegar la armadura circunferencial tampoco (ver foto central), se fisura, se parte y en el primer paso de caudal importante desaparece. Cualquier pequeño asentamiento puede provocar la flexión necesaria para fisurar la zona de la boquilla, la zona más debilitada de la tubería.

Este caso corresponde a una obra de drenaje de gran sección.

- **Esfuerzos ovalizantes.**

Se trata de una de las patologías más especiales.

La tubería rígida debe su nombre especialmente a que cuando es cargada es capaz de absorber los esfuerzos sin apenas deformación. Por este motivo la sección se comprueba a esfuerzos axiales y deflexión.

Cuando se superan los esfuerzos de diseño se producen las fisuras y roturas que se muestran a continuación.



Figura 14, 15: Fisura en clave sin apertura y fisuras diámetro.

La primera fisura aparece en la clave y dependiendo del tipo de cama, también en la solera. Son momentos positivos. Si aparece una fisura en el diámetro, aplastada, indica que los momentos negativos se han superado y por tanto, la zona no accesible estará totalmente abierta.

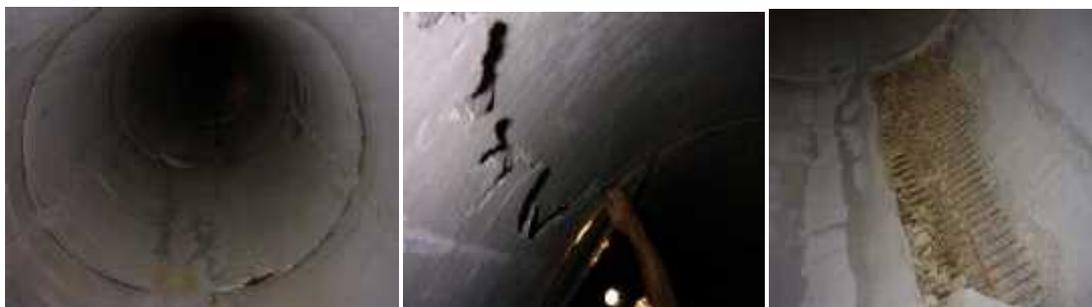


Figura 16, 17, 18: Roturas en tuberías

A partir de ahí se van formando rótulas (lógicamente no estancas), algunas con desplazamiento que pueden ocasionar la ruina de la tubería.

Patología en tubería flexible.

La patología clásica de tubería flexible viene motivada casi siempre por errores de dimensionamiento y de diseño, siendo la más común la provocada por colapso, ya sea por depresión interior o bien por carga crítica de pandeo debido a un nivel freático elevado y un relleno flojo.

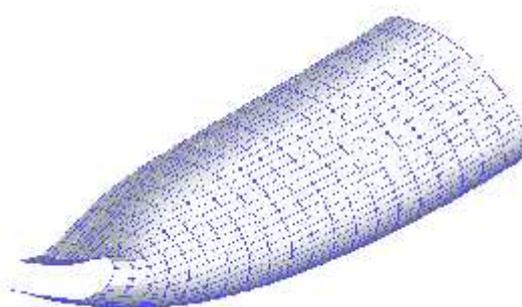


Figura 19. Modelo de cálculo mediante elementos finitos para la comprobación de acciones de colapso de tubería.

La figura anterior representa el modelo de elementos finitos para el estudio del colapso de la tubería flexible. El modelo está diseñado para el estudio del conjunto de acciones de depresión interior o presión exterior de agua y carga de tierras.



Figura 20: Tubería de acero revestida de hormigón que ha colapsado interiormente por depresión interior.

Cuando el colapso es debido a la depresión interior como el caso de la fotografía anterior, los daños son muy grandes, véase el estado en que se queda la tubería (recubierta de hormigón en fábrica), ha perdido la adherencia al hormigón y ha colapsado.

El colapso también puede ser debido a un exceso de compresión por un incremento de temperatura. Es decir, si se coloca una tubería de acero a baja temperatura, por ejemplo, aérea o de forma que quede soleada y expuesta, y no se colocan compensadores de dilatación, puede producirse este tipo de colapso al calentarse (sobre todo si no tiene agua en el interior).



Figura 21: Colapso por incremento de temperatura, sin compensadores de dilatación.

Cuando sucede al revés, es decir, si se coloca una tubería a cierta temperatura y se llena de agua (fría), en caso que no se hayan colocado compensadores, la tubería arrancará válvulas o macizos donde esté anclada. Normalmente no le sucede nada a la tubería de acero, aunque llegue a plastificarse. Si la tubería fuera de PEHD llegaría a rasgarse en el contacto con el macizo en caso de no arrancarlo.

La tubería flexible también puede sufrir problemas de sobrepresión. Si no es producida por aire atrapado, en el acero y en los plásticos, suele tener una rotura lineal, longitudinal u oblicua.

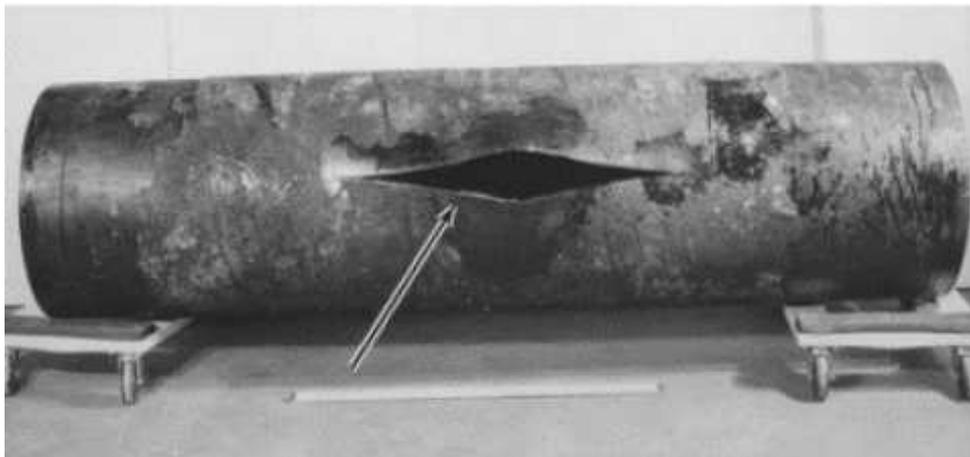


Figura 22: Rotura de tubería de acero por incremento de presión. Dada la poca plasticidad de la rotura, se puede deducir que se trata de acero con un límite elástico próximo al límite de rotura.

En el caso de tubería de fundición la rotura puede ser en cuña en vez de una rotura lineal, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.



Figura 23: Rotura de tubería de fundición por exceso de presión. Posiblemente unido a presencia de aire atrapado.

En los materiales plásticos es especialmente importante el tipo de relleno y la forma de aplicación de las cargas ya que son muy sensibles al punzonamiento.

Patología por deterioro

Todas las tuberías tienen sus problemas específicos de durabilidad. En este apartado solamente se van a presentar algunos de los más habituales o específicos de cada material.

Afortunadamente, cada vez son menores los problemas asociados a patologías de este tipo, y cada vez son mejores los comportamientos de los materiales, mejores revestimientos, más compacidad de los hormigones, se emplean sistemas de protecciones pasivas y activas, y disminuye claramente el porcentaje de problemas de esta índole.



Figura 24: Corrosión de la clave de tubería de hormigón por presencia de sulfuro de hidrógeno.

El caso de la figura anterior es debido a la presencia de SH_2 en las conducciones de saneamiento que una vez oxidado a SO_4H_2 ataca la clave de las tuberías de material cementoso, actualmente solo a las tuberías de hormigón al quedar proscrito el fibrocemento.

En todas las tuberías se producen problemas por sedimentación interior de los arrastres del agua.

En las tuberías de hierro, especialmente en las de fundiciones antiguas, sin tratamiento interior, se producen fuertes incrustaciones por adherencia o por precipitación del propio material.

La dureza del agua, uno de los parámetros clave para determinar su calidad, viene determinada por la cantidad de sales de magnesio y de calcio que tiene disueltas. También es importante saber que, además del carbonato cálcico disuelto, las aguas duras contienen otras sales como el bicarbonato de calcio o el de magnesio.

El carbonato de calcio no es completamente soluble en el agua, de modo que parte de él acaba depositándose en las instalaciones, formando cristales de diferente dureza que se adhieren a llaves, tuberías, etc. Ese problema tiene relativa importancia cuando hablamos de agua fría, pero se complica notablemente cuando el agua se calienta ya que cada vez se hace mayor el grado de incrustación.



Figara 25: Incrustaciones en tubería de fundición.

En este caso la figura es de una tubería de fundición con sedimentación e incrustación, prácticamente fuera de servicio.



Figura 26: Patología por corrosión generalizada en tubería de acero.

Asociados a las tuberías de hierro, ya sean de acero como de fundición, con revestimientos escasos y sin las protecciones adecuadas, aparecen los problemas de corrosión.

Hay todo un tratado de la corrosión en tuberías de acero y fundición, ya sea por fallos del revestimiento, por corrosión superficial debida al ataque exterior, por par galvánico, por corrosión interior en tuberías que se llenan y vacían periódicamente, por condensación en el ambiente, etc.

Otro tipo de ataque a los materiales férreos es mediante corrosión electrolítica debida a corrientes parásitas o vagabundas, o bien a diferente potencial de oxidación de los terrenos atravesados.



Figura 27: Patología por corrosión anódica debida a corrientes vagabundas.

En la tubería plástica la patología por durabilidad es proporcional a la exposición del material tanto a los rayos solares como a la temperatura, que producen un envejecimiento prematuro de todos los termoplásticos (PVC, PEHD, PP) y también de los durómetros o termoestables (PRFV).



Figura 28: Envejecimiento y rotura en tubería de PVC por exposición aérea y por temperatura

Todas las características resistentes de los materiales plásticos se ven disminuidas por la exposición a los rayos ultravioletas y al calor.

2.2 Metodología para el diagnóstico.

El proceso patológico.

El encuentro con un proceso patológico tiene como objetivo su solución, que implica la reparación de la unidad constructiva dañada para devolverle su misión inicial.

Para atacar un problema constructivo, en primer lugar, se debe diagnosticar, es decir, conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Este conjunto de aspectos del problema, que pueden agruparse de un modo secuencial, es lo que se denomina proceso patológico.

En un proceso patológico se pueden distinguir tres partes bien definidas, el origen, la evolución y el resultado final, de tal modo que para su estudio se debe recorrer dicho camino de forma inversa.

Así pues, se debe empezar por observar el resultado de la lesión, el síntoma, para llegar a su origen, la causa, siguiendo la evolución de la misma.

Este análisis debe ser metódico y exhaustivo porque de él depende el éxito de la empresa. Por ello es preciso adoptar un método sistemático de observación y toma de datos y limitar las posibles ideas preconcebidas, es decir, contener la intuición profesional que puede ser común y útil, pero muy peligrosa en algunas ocasiones.

2.3 Metodología para el diagnóstico. Análisis por etapas.

1- Inspección inicial.

El objetivo de esta fase es inspeccionar la obra o la parte de ella que será objeto de estudio en aras de trazar las estrategias para realizar el diagnóstico. El reconocimiento del entorno en que se encuentra ubicada y la determinación de sus características fundamentales constituyen los puntos claves de esta etapa del trabajo de diagnóstico.

2- Inspección visual. Levantamiento de deterioros.

El objetivo de esta etapa es buscar la presencia de lesiones que se manifiesten como síntomas del proceso patológico y a partir de las cuales podemos conocerlo.

Lo primero es detectar las lesiones e identificarlas e independizar las lesiones y procesos patológicos diferentes con el objetivo de seguirlos adecuadamente, sobre todo teniendo en cuenta su posible relación.

Esta fase concluye con la confección del levantamiento de daños por elemento afectado, ello implicará un número reiterado de visitas y la utilización de una cámara fotográfica que permita plasmar gráficamente las lesiones en el momento del inventario. De este modo, se puede obtener una serie de datos físicos que faciliten la comprensión del proceso. Dentro de los datos que se recogen se encuentran: el tipo de lesión, la descripción, las posibles causas, los materiales afectados, los elementos constructivos dañados, la localización de las lesiones en el edificio o unidad constructiva.

Para esta primera etapa del estudio es muy útil tener un listado con la clasificación de las posibles lesiones y materiales afectados, así como con un gran número de materiales constituyentes que van desde los más simples hasta los más complejos.

| Modelo 1. Inspección Visual Detallada | | | |
|---------------------------------------|--------|-----------------|------------|
| Nombre de la obra: | | Provincia: | Municipio: |
| Edad de la obra: | | Objeto de obra: | |
| Nombre del Inspector: | | | Fecha: |
| Datos de la obra : | | | |
| Tipo de daño | Ligero | Moderado | Grave |
| Estructuras de tierra | | | |
| Deslizamiento | | | |
| Asentamiento | | | |
| Sifonamiento | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Erosión | | | |
| Deformación | | | |
| Filtraciones | | | |
| Estructuras de Hormigón | | | |
| Corrosión | | | |
| Eflorescencia | | | |
| Lixiviación | | | |
| Fisuración | | | |
| Desegregación | | | |
| Desconchado | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Carbonatación | | | |
| Tuberías | | | |
| Rotura en junta | | | |
| Fisura en el interior | | | |
| Exceso de compresión | | | |
| Corrosión | | | |
| Incrustación | | | |
| Observaciones: | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|-----------------|------------|
| Modelo 1. Inspección Visual Detallada | | | |
| Nombre de la obra: | | Provincia: | Municipio: |
| Edad de la obra: | | Objeto de obra: | |
| Nombre del Inspector: | | | Fecha: |
| Datos de la obra : | | | |
| Ubicación: | | | |
| Descripción y diagnóstico de la patología: | | | |

La inspección visual quiere decir examinar, reconocer y en el caso de la obra que se realice la inspección, hay que hacerlo preferiblemente a lo largo de todo el tramo escogido para la investigación.

Los parámetros de la inspección visual se evaluarán según la escala de valores de tres niveles:

-) Ligero: Daño leve de poca importancia o profundidad, de tamaño pequeño.
-) Moderado: Lesión de superior tamaño e importancia que se sitúa en el medio de dos extremos.
-) Grave: Daño de mucha importancia y de mayor envergadura que pone en peligro la duración de los elementos constructivos dañados.

Frecuencia: Las inspecciones visuales detalladas no están sometidas a normas de frecuencia.

Método: La inspección se realiza generalmente caminando a pie a lo largo de la obra hidráulica a inspeccionar. El inspector utiliza el catálogo de degradaciones y el manual de inspección para enjuiciar los distintos parámetros.

Se llevarán a cabo donde haga falta las mediciones con el equipo idóneo: cinta, regla, u otro material disponible. Es necesario a menudo tomar notas para efectuar una evaluación realista del conjunto del objeto de obra. El inspector completará el informe de la obra una vez inspeccionada.

El modelo a llenar en el campo es el modelo 1 donde se encierra con una X la evaluación de acuerdo a la gravedad de deterioro.

Ejemplo: En el caso de cualquier objeto de obra por ejemplo una conductora puede que alguna tubería este en mal estado por lo que se caracterizara el tipo de daño que tiene la misma anotándolo en la casilla correspondiente además de marcar con una X en ligera, moderada o grave dependiendo a su estado según la escala. Las observaciones son descripción del tamaño, forma, mediciones de los daños que presenta la tubería.

3- Realización de ensayos rápidos o generales.

Esta etapa se realiza con el objetivo de evaluar de forma rápida los puntos más críticos del lugar para poder determinar si necesitan ser intervenidos de forma urgente, para ello se usarán aparatos o equipos de medida sencillos o muestras de materiales como extracciones de testigos para saber de qué y cómo está compuesto un elemento que no pueda ser observado a simple vista, entre otros ensayos.

En esta etapa se realiza un estudio sobre los ensayos generales a realizar para cada material y como componente de la metodología se ofrece una lista de dichos ensayos con el objetivo de facilitar el trabajo de selección de los mismos en función del tipo de material existente y de la tipología de los daños que se estudie en cada caso.

4- Recopilación de antecedentes.

Una vez identificadas e independizadas las lesiones, se inicia esta fase, para la cual se deben usar todas las fuentes disponibles. Esto implicará tratar de conseguir todo tipo de documentación gráfica o escrita, e incluso entrevistas con los operarios para conocer más detalles que no estén reflejados en la documentación.

En esta fase pueden obtenerse planos, fotografías, informes de diagnósticos anteriores, fecha de aparición o periodicidad de algunas lesiones, fecha de construcción, sistema y detalles constructivos o nivel de contaminación del entorno, etc.

Frecuentemente se consultará la información disponible en los archivos, y se prestará especial interés a las entrevistas que se realicen y las visitas al lugar de los hechos.

5- Confección de fichas y planos.

Las fichas y los planos deben recoger toda la información que se haya obtenido en las etapas anteriores y son muy importantes porque pueden servir para inspecciones en el futuro. Para la confección de los planos se recomienda que los mismos sean elaborados a escala: 1:100, las plantas y elevaciones, 1:50, los cortes y detalles constructivos.

En los planos deben señalarse, también a escala, los deterioros observados en el momento de la inspección con la mayor precisión posible representando el área afectada en cada caso.

6- Pre-diagnóstico o establecimiento de las hipótesis de fallo.

El pre diagnóstico es un tipo de conclusión a la cual se puede llegar con los datos obtenidos hasta el momento. Es como establecer hipótesis que serán comprobadas en las siguientes etapas o pasos de esta metodología.

Sí con el pre diagnóstico solamente es posible realizar la propuesta de intervención, se obviarán los pasos intermedios. Si los datos obtenidos no son suficientes se pasará al próximo paso.

7- Selección de ensayos especiales.

También en este caso se realiza un estudio detallado de todos los ensayos posibles, como componente de la metodología se ofrece al equipo de diagnóstico una lista con el objetivo de facilitar el trabajo de selección de los mismos en función del tipo de material existente y de la tipología de los daños que se estudie en cada caso. Este estudio incluye ensayos destructivos y no destructivos, a realizar en obra y/o en laboratorio.

En esta etapa será muy útil que el personal que realice la selección esté capacitado en cuanto a los ensayos posibles a realizar, así como su aplicación y resultados a obtener. En cualquier caso, la interpretación de los mismos resultará de vital importancia para llevar a feliz término la investigación que se está llevando a cabo.

Deberá priorizarse la realización de ensayos no destructivos para afectar lo menos posible al objeto de análisis. En caso de que se requiera hacer ensayos destructivos el plan de toma de muestras debe ser diseñado por el personal más capacitado para evitar nuevos daños a la estructura, y hacer la investigación lo más económica posible.

8- Diagnóstico.

Una vez terminada la toma de datos directa, y estando en posesión de los resultados de posibles ensayos de laboratorio, se puede iniciar la reconstrucción de los hechos, es decir tratar de conocer cómo se ha desarrollado el proceso patológico, cuál ha sido su origen y sus causas, cuál su evolución y cuál su estado actual.

En esta etapa se debe llegar a conclusiones para la posterior actuación que implique la reparación de la edificación.

Este análisis debe contemplar los siguientes aspectos:

1. Causas que han originado el proceso, distinguiendo entre las directas y las indirectas, con descripción precisa de cada una de ellas y explicación de su relación, tanto de varias causas directas como de las posibles indirectas que hayan actuado conjuntamente.
2. Evolución del proceso patológico, indicando sus tiempos, su posible periodicidad, la transformación o ramificación en nuevos procesos patológicos, etc.
3. Mecanismos de actuación, indicando las causas que de forma primaria o secundaria han motivado el estado actual del elemento estudiado.
4. Estado actual de la situación del proceso, su posible vigencia o su desaparición y las lesiones a que ha dado lugar y que constituyen los síntomas perceptibles del proceso.

9- Pronóstico.

En esta etapa el equipo de diagnóstico deberá apoyarse en el diagnóstico para prevenir la evolución de los daños y orientar el correcto tratamiento de los mismos en una fase posterior. Un buen pronóstico debe basarse tanto en el diagnóstico del proceso patológico como en el conocimiento de la obra pues al ser este el que da soporte físico a la misma, incide en mayor o menor grado sobre su evolución.

Resumiendo, es prever a distintos niveles lo que puede ocurrirle a la obra o parte de esta por un problema patológico. Cuando el pronóstico no resulta favorable se procederá a la demolición de la obra o el elemento estudiado.

10- Terapia.

Como objetivo final, el diagnóstico nos permite llegar a propuestas de intervención constructiva que, como ya se ha dicho, tendrán como objetivo devolverle a la obra su función constructiva.

La terapia dependerá del conocimiento que se tenga sobre la obra, sus materiales componentes, etc. Puede ser conocida o no en cuyo caso habrá que investigar en aras de garantizar la compatibilidad entre lo que ya existe y la técnica a emplear para su reparación.

Debe referirse tanto a la causa como al efecto, recordando la preferencia de la eliminación de la causa.

a) De las causas.

Sobre las causas indirectas se podrá actuar en ocasiones de forma general por lo que conviene analizar distintos casos tipos.

Sí se trata de material defectuoso, ya sea por error en su selección o por defecto de fabricación, se debe analizar si es posible su sustitución o si, por el contrario, resulta más adecuado su tratamiento físico o químico para darle las propiedades que requiere. Este será un problema constructivo, y económico por otro lado, cuyas condiciones habrá que colocar en una balanza.

Cuando nos encontramos en presencia de un problema de disposición constructiva bien por defecto de diseño o por error en la ejecución, se podrá estudiar la posibilidad de un cambio de dicha disposición, o la adición de nuevos elementos constructivos que corrijan el defecto. En definitiva, las causas indirectas son casi siempre de fácil corrección ya sea por uno u otro motivo de los antes mencionados.

Las causas directas, por el contrario, suelen ser más difíciles de eliminar, sobre todo cuando se trata de agentes atmosféricos o contaminantes.

Si se habla de causas mecánicas, se podrá actuar en los esfuerzos o cargas que sean previsibles tratando de eliminarlos o al menos de limitarlos.

Las causas físicas son casi imposibles de eliminar debiendo recurrir a la protección física o química de los elementos contra estas, que pueden ser la lluvia, el viento, las temperaturas, etc.

Las causas químicas son también difíciles de eliminar, sobre todo cuando se trata de agentes contaminantes de la atmósfera. En estos casos también habrá que recurrir a la protección del material o del elemento.

Si el problema es de interacción de materiales se podrán resolver interponiendo barreras entre ellos. Lo mismo ocurrirá cuando el origen del producto químico sea los animales o las plantas. En este caso la actuación deberá recaer sobre el mantenimiento.

En general, la mayoría de las causas directas se podrán resolver con protecciones que eviten que los agentes físicos, químicos o mecánicos alcancen al material o elemento susceptible o con productos o aditivos aplicados al mismo material.

b) De los defectos.

Una vez corregida la causa y sólo después de ello se deberá proceder a la reparación del defecto, lo que tendrá como objetivo de devolver al elemento su aspecto y funcionalidad originales.

Las posibilidades de actuación son muy variadas, como lo son los materiales y elementos que pueden verse afectados, así como el tipo de lesiones que les pueden afectar.

11- Ejecución.

Esta etapa requiere de mano de obra especializada en las labores de conservación y de una programación adecuada del proceso de intervención en la obra para que la acción sobre la misma no resulte perjudicial. Además, es necesario que se cuente con el equipamiento y herramientas necesarias para llevar a cabo los trabajos.

Deberá prestarse especial interés a los materiales que se empleen para llevar a cabo el proceso constructivo ya que no en todos los casos las recomendaciones y experiencias de los fabricantes de los mismos o de los usuarios se corresponden

con las características físicas y químicas en las que se encuentra ubicada el objeto intervención.

El control de la ejecución debe realizarse desde que comienza la ejecución de los trabajos de rehabilitación hasta la puesta en servicio nuevamente de la obra. Esta etapa del trabajo reviste una gran importancia pues de ella depende en gran medida la calidad del producto final de la intervención.

12- Evaluación.

Se trata de evaluar los resultados finales alcanzados en la intervención realizada. Es necesario prestar especial interés a la compatibilidad entre los materiales originales y los que fueron colocados durante la reparación que se ha llevado a cabo, a la cura de los defectos y sus causas, etc.

En esta etapa se debe comprobar en la práctica que el diagnóstico fue certero y en su defecto se deberá volver a la etapa de diagnóstico con el objetivo de corregir cualquier equivocación que ponga nuevamente en riesgo a la edificación o elemento estudiado anteriormente.

13- Propuesta de mantenimiento.

Toda propuesta de reparación de un proceso patológico y todo proyecto de una obra nueva debe estar acompañada por una propuesta de mantenimiento de la unidad.

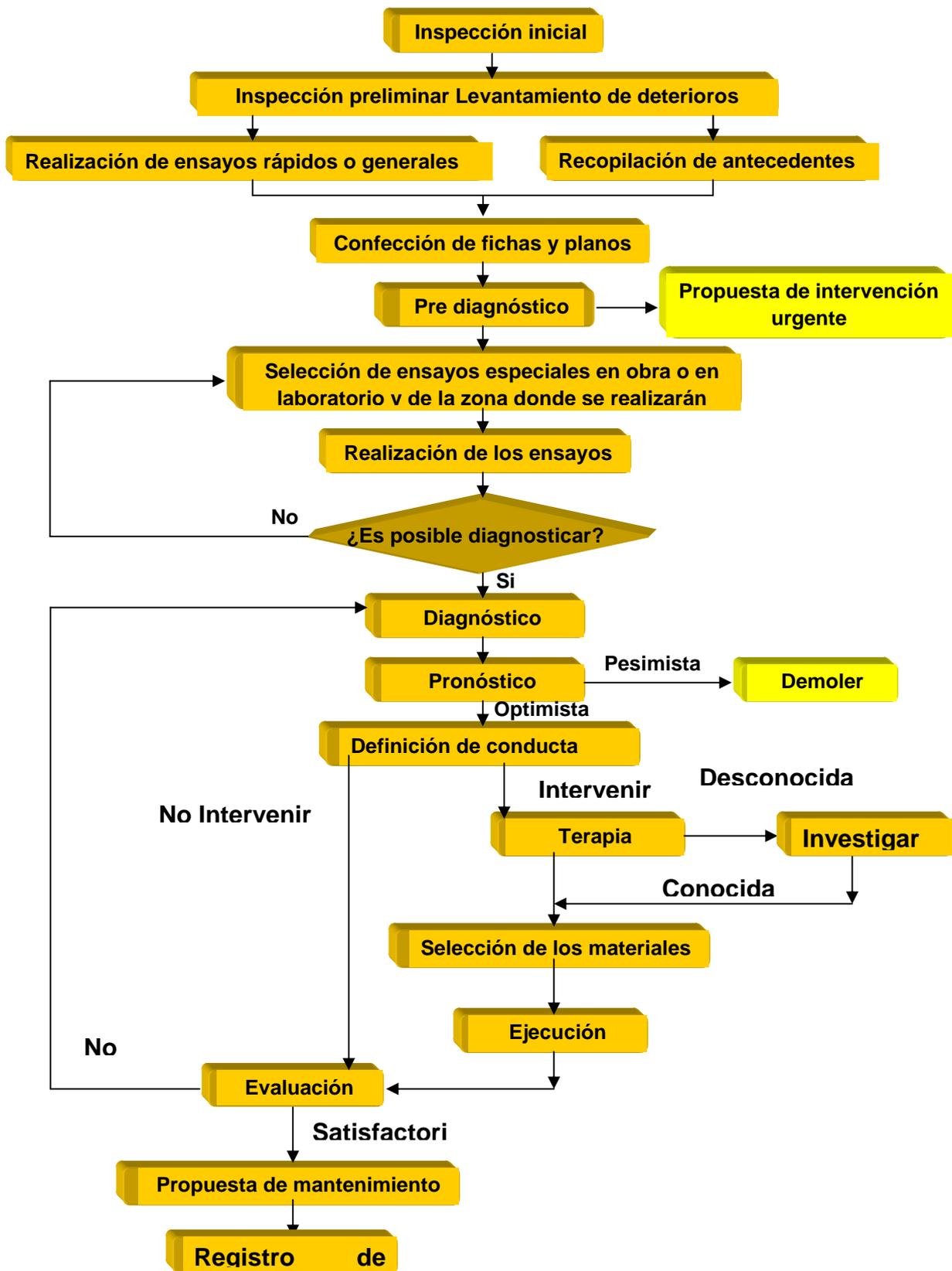
Los aspectos más importantes que toda propuesta de mantenimiento debe contemplar son los siguientes:

1. Revisiones visuales periódicas.
2. Reposición periódica del material de acabado.
3. Limpieza periódica de superficies y elementos drenantes.

En conclusión, las propuestas de mantenimiento deben comprender todas las acciones destinadas a mantener la integridad de la obra.

14- Registro de Caso.

Por último, deberá quedar archivado en las entidades correspondientes todo lo concerniente a la intervención que se ha llevado a cabo en la obra con el objetivo de que sirva de base a posibles reparaciones posteriores y a la consulta por parte de los profesionales para su utilización en otras obras que presenten daños o situaciones patológicas similares. **(Álvarez 2004)**



Conclusiones Parciales:

1. Se obtiene una descripción de los estados patológicos en las estructuras de tierra y hormigón armado que se muestran en el anexo II, igualmente se realiza un estudio de las patologías en tuberías que son más frecuentes en sistemas de abasto de agua
2. Se define una metodología para la inspección de los objetos de obra del sistema de abasto de agua del Cayo Santa María, desglosada y explicada por etapas y que puede emplearse para cualquier obra además de utilizar un documento o planilla donde se puede caracterizar el estado funcional de la obra

Capítulo 3: Elaboración de un catálogo para el análisis de patologías en las instalaciones del Cayo Santa María

Generalidades

El objetivo de este capítulo es elaborar un inventario a partir del análisis y levantamiento de los deterioros que existen en el Cayo Santa María, determinar las causas que los ocasionaron en cada caso y proponer posibles soluciones. En el capítulo anterior se abordaron una serie de pasos para realizar los trabajos de evaluación y diagnóstico que pueden ser utilizados en un sistema de abasto de agua. A continuación, se aplicará el procedimiento para realizar la evaluación de daños y lesiones en las obras objeto de estudio.

3.1 Estación de bombeo La Fuente y el Caney

La empresa de acueducto y alcantarillado del Cayo Santa María cuenta con 2 estaciones de bombeo de agua potable La Fuente y El Caney ubicadas en la misma cuenca las cuales trabajan simultáneamente, desde donde se bombea 140l/s en promedio.

◆ Ubicación de las Instalaciones

| Instalaciones | Ubicación | |
|---------------|------------|------------|
| | Norte | Sur |
| EB La Fuente | 289.586,10 | 660.848,06 |
| EB El Caney | 288,542.30 | 661,999,61 |

| Nombre de la Instalación | Tipo Fuente de Abasto | Datos Nominales del Equipo de Bombeo Instalado | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|--|----|----|----------------------|---------------|------------------|---------------|---------|---------|-------|-----------|---------------|----------|------|--------------|
| | | Tipo de Bomba | | | Marca | Modelo | Cantidad equipos | | | Q (l/s) | H (m) | Pot. (Kw) | Volt. (volts) | Amp. (A) | RPM | No. de Fases |
| | | PP | HZ | SM | | | Cantidad | Horas Trabajo | Reserva | | | | | | | |
| La Fuente | Subterránea | | | x | KSB | UPA 300-65/3A | 1 | 24 | | 80 | 112,3 | 120 | 460 | 201,6 | 3525 | 3 |
| La Fuente | Subterránea | | | x | Wilo | TWI-S-181C/5A | 1 | 24 | x | 38 | 116 | 60 | 460 | 104 | 3500 | 3 |
| El Caney | Subterránea | | | x | KSB | UPA 300-65/3A | 1 | 24 | | 80 | 112,3 | 120 | 460 | 201,6 | 3525 | 3 |
| El Caney | Subterránea | | | x | SP-215-4 (Grundfoss) | 98374775 | 1 | 24 | x | 70 | 139 | 110 | 460 | 220,0 | 2480 | 3 |

Listado de patologías existentes:

Catálogo General de Patologías en la estación de bombeo La Fuente

| | |
|--|---|
| 1. Patología: Corrosión y falta de accesorios. | |
|  | Ubicación: Cuarto de Bombas para la cloración. |
| Descripción y Diagnóstico: Accesorios de conexión y montaje de bombas (plancha metálica y pernos de anclaje) en mal estado y presencia de corrosión. Falta un equipo de bombeo. | Soluciones: Sustitución de accesorios de conexión y de montaje. Sustitución de plancha metálica y pernos de anclaje en la base la bomba. Se recomienda el empleo de tratamiento anticorrosivo sistemático o el empleo de acero inoxidable para la construcción de los elementos dañados. Instalación del equipo de bombeo. |

2. Patología:Accesorio de conexión y montaje con corrosión.



Ubicación:

Cuarto de Bombas para la cloración.

Descripción y Diagnóstico:

Accesorio de montaje de la bomba deteriorado por la corrosión.

Soluciones:

Sustitución del accesorio en mal estado se recomienda emplear materiales resistentes a la corrosión (Acero inoxidable) o accesorios metálicos con tratamiento anti corrosivo.

3. Patología: Apoyo deficiente de la tubería de salida de las bombas



Ubicación:

Campo de pozos de la estación de bombeo.

Descripción y Diagnóstico:

Apoyos deficientes de la tubería de salida de la bomba, la cual se encuentra apoyada sobre bloques de hormigón.

Soluciones:

Construir apoyos de hormigón armado resistente a las cargas actuantes de la tubería.

4. Patología: Apoyo deficiente de válvulas y accesorios



Ubicación:

Campo de pozos de la estación de bombeo.

Descripción y Diagnóstico:

Apoyos deficientes de válvulas y accesorios en la tubería de impulsión de la bomba, la cual se encuentra apoyada sobre bloques de hormigón.

Soluciones:

Construir apoyos de hormigón armado resistente a las cargas actuantes de la tubería.

5. Patología: Deterioro en registro de válvula y tapa mal colocada.



Ubicación:

Campo de pozos de la estación de bombeo.

Descripción y Diagnóstico:

Mala ejecución de la construcción del registro y deterioro del borde superior.

Soluciones:

Reconstrucción de las paredes y borde superior del registro para colocación correcta de la tapa.

6. Patología: Canal Eléctrica sin tapa.



Ubicación:

Cuarto de paneles eléctricos.

Descripción y Diagnóstico:

Ejecución incompleta.

Soluciones:

Hacer tapa metálica y colocación la en canal eléctrica.

La estación de bombeo presenta varios problemas que no solo afectan el funcionamiento de la misma, sino también la seguridad del abasto:

-) Aguas arriba de la fuente de abasto, y dentro de la misma cuenca hidrológica, existen importantes focos contaminantes tales como: CAI Heriberto Duquesne, granjas porcinas, etc.
-) Se averiaron las válvulas reguladoras de flujo y el medidor de caudal, por lo cual la regulación del gasto se hace manualmente y mediante la lectura de los manómetros.
-) Se perdió el sistema de arranque y parada mediante lecturas de presión, el cual entre otras funciones servía de protección a la estación de bombeo y a la conductora.

-) Por problemas de mantenimiento se han presentado problemas con los paneles eléctricos.
-) El explotador no tiene en su poder equipos, piezas y accesorios que permitan la reparación o sustitución en caso de roturas.

Para esta investigación se realizó una recopilación de antecedentes basado en el informe Asistencia Técnica Proyecto de Explotación del sistema de abasto de agua al “Polo Turístico Cayería Noreste de Villa Clara”.(Lastra 2013)

Catálogo General de Patologías en la estación de bombeo El Caney

7. Patología: Corrosión en elementos metálicos



Ubicación:
Cuarto de Bombas para la cloración.

Descripción y Diagnóstico:

Falta equipo de bombeo de reserva para la cloración y presencia de corrosión en su base.

Soluciones:

Sustitución de plancha metálica y pernos de anclaje en la base la bomba.

Se recomienda el empleo de tratamiento anticorrosivo sistemático o el empleo de acero inoxidable para la construcción de los elementos dañados.

Instalación del equipo de bombeo.

8. Patología:Corrosión en accesorio de interconexión.**Ubicación:**

Interconexión de válvula y tubería salida de la bomba.

Descripción y Diagnóstico:

Presencia de corrosión en accesorio de interconexión de válvula y tubería salida de la bomba. Fijación con pernos y tuercas incompletas.

Soluciones:

Tratamiento anticorrosivo y pintura de los elementos de conexión. Completar la ejecución de la fijación.

9. Patología: Pozo de reserva sin tapa.



Ubicación:
Campo de pozos.

Descripción y Diagnóstico:

Terminación incompleta de la ejecución del pozo, que debe incluir la construcción y colocación de la tapa de protección.

Soluciones:

Construcción y Colocación de tapa al pozo de reserva.

10. Patología: Corrosión y fijación incompleta de la bomba #1.



Ubicación:
Campo de pozos.

Descripción y Diagnóstico:

Fijación incompleta de la bomba por pérdidas de elementos de agarre y falta de pintura y presencia de corrosión. Conexiones eléctricas en mal estado.

Soluciones:

Realizar la fijación de la bomba #1, previamente dando tratamiento anticorrosivo y pintura a los elementos metálicos, completamiento o sustitución de arandelas y tuercas para la fijación de la bomba.

Reparación de las conexiones eléctricas, aterramiento y control automático de la bomba, así como el conducto de dichas conexiones.

11. Patología: Desprendimiento del repello en pared.



Ubicación:
Caseta de cloración.

Descripción y Diagnóstico:

Rotura y desprendimiento de repello en pared de la caseta de cloración, presencia de delaminación. Aparecen en la superficie del repello unas grietas.

Soluciones:

Restitución del repello en mal estado y reconstrucción de la arista de la pared. Reposición de las partes removidas con morteros de reparación (mortero a base de cemento Portland)
Pintura de la pared.

12. Patología: Desprendimiento del repello en muros.



Ubicación:

Piscina para control del derrame de combustible.

Descripción y Diagnóstico:

Rotura y desprendimiento de repello en pared de la caseta de cloración, presencia de delaminación. Aparecen en la superficie del repello unas grietas.

Soluciones:

Restitución del repello en mal estado y reconstrucción de la arista del muro. Pintura del muro.

13. Patología:Falta de pintura en la pared



Ubicación:

Cuarto depósitos de cloro líquido.

Descripción y Diagnóstico:

Falta de pintura en pared del cuarto de depósito de cloro líquido después de la colocación del conducto.

Soluciones:

Realizar la pintura de las paredes de este local.

14. Patología: Registro de aguas albañales en mal estado.



Ubicación:

Área de la EB para evaluar las aguas residuales hacia la fosa.

Descripción y Diagnóstico:

Paredes del registro en mal estado y sin tapa.

Soluciones:

Reconstrucción total del registro y reparación de las conexiones de tuberías.

Además de las patologías o daños encontrados las principales dificultades que presenta esta estación de bombeo son:

- J) Aguas arriba de la fuente de abasto, y dentro de la misma cuenca hidrológica, existen importantes focos contaminantes tales como: CAI Heriberto Duquesne, granjas porcinas, etc.
- J) No se le realizaron las pruebas de presión a la estación de bombeo, por lo cual al probar el sistema de cloración se produjo una avería.
- J) Cuando esta estación ha trabajado no se le ha regulado el caudal de entrega, lo cual no solo puede provocar la contaminación del acuífero, sino que también aumenta las presiones de trabajo en la conductora provocando averías y pérdidas.

-) El explotador no tiene en su poder equipos, piezas y accesorios que permitan la reparación o sustitución en caso de roturas.

Para esta investigación se realizó una recopilación de antecedentes basado en el informe Asistencia Técnica Proyecto de Explotación del sistema de abasto de agua al “Polo Turístico Cayería Noreste de Villa Clara”.(Lastra 2013)

3.2 Conductora

La conductora principal parte desde las estaciones de bombeo Fuente N° 1 y Fuente N° 2, llega hasta el tanque de regulación N° 1 (TSM-1) que abastece a las unidades turísticas Las Dunas y La Estrella de Cayo Santa María, continua hasta el tanque de regulación N° 2 (TSM-2) que abastecerá a la unidad Lagunas del Este.

● **Tabla 4: Longitud de Tuberías de Acueducto.**

| Long Tubería (km) | | |
|-------------------|-------|-------|
| Red | Cond. | Total |
| 24,4 | 75,9 | 100,3 |

Tabla 5: Inventario general del sistema

| INVENTARIO GENERAL DE SISTEMAS Y EQUIPOS | | | | | | |
|--|-----------|----------------|-----|---------|----------|--------------------------|
| No | Municipio | Conductora | D | L | Material | Long.Tramos criticos (m) |
| | | | mm | (m) | | |
| 1 | Caibarien | La Fuente Cayo | 400 | 294 | F.Vidrio | Pendiente Cambio |
| | Caibarien | La Fuente Cayo | 500 | 370,4 | F.Vidrio | Pendiente Cambio |
| 2 | Caibarien | La Fuente Cayo | 350 | 20 | Acero | |
| 3 | Caibarien | La Fuente Cayo | 400 | 23587,6 | PEAD | |
| 4 | Caibarien | La Fuente Cayo | 500 | 51628 | PEAD | |
| | | | | | | |
| | | TOTAL | | 75900 | | |

Catálogo General de Patologías en la conductora

| | |
|--|--|
| 15. Patología: Corrosión en tuberías | |
|  | Ubicación: Tramo de la conductora por la carretera del circuito norte Caibarién – Yagüajay. |
| Descripción y Diagnóstico: Presencia de corrosión en tuberías, válvulas y accesorios de la conductora. | Soluciones: Tratamiento anticorrosivo y pintura de la tubería. Sustitución de accesorios y válvulas en mal estado. Nota: Solución ejecutada |

16. Patología: Grieta en bloque de apoyo de la conductora.



Ubicación:

Cruce de la conductora por el Punte 12.

Descripción y Diagnóstico:

Se manifiestan fisuras o grietas Se consideran como causas principales de la fisuración, las repetidas variaciones de temperatura y humedad entre las distintas partes del elemento, así como una gran parte provocada por la retracción del hormigón.

Soluciones:

Reconstrucción de la parte superior del bloque de apoyo.

17. Patología: Junta con suelo de relleno en su interior.



Ubicación:

Cruce de la conductora por el Puente 12.

Descripción y Diagnóstico:

Junta de la conductora con suelo de relleno en su interior.

Soluciones:

Limpieza y reparación de los elementos metálicos de la junta.

18. Patología: Cruce de la conductora por puente incompleto.



Ubicación:

Cruce de la conductora por el Puente XX (después de la EB Re Bombeo Cayo Las Brujas).

Descripción y Diagnóstico:

Cruce de conductora por el puente sin terminar su ejecución.

Soluciones:

Terminación del cruce de la conductora según las especificaciones del diseño.

19. Patología: Junta de la conductora afectada en la soldadura de la tubería.



Ubicación:

Cruce de la conductora por el Puente XX (después de la EB Re Bombeo Cayo Las Brujas.

Descripción y Diagnóstico:

Junta de la conductora afectada en la soldadura de la tubería debido a la mala ejecución o montaje provocada por la fricción del suelo.

Soluciones:

Ejecución correcta de la tubería y sus uniones soldadas durante la construcción y montaje, evitando el arrastre de la misma por superficies duras.
Realizar inspección sistemática de las uniones de la tubería en los cruces de los puentes.

| | |
|---|--|
| <p>20. Patología: Fisuración y agrietamiento del hormigón en elemento de soporte de la tubería.</p> | |
|  | <p>Ubicación: Cruce de la conductora por el Puesto 9: Canal de los Barcos.</p> |
| <p>Descripción y Diagnóstico: Rotura de elementos de soporte de la conductora, donde se manifiestan fisuras o grietas. Se consideran como causas principales de la fisuración, las repetidas variaciones de temperatura y humedad entre las distintas partes del elemento. Ambiente marino muy agresivo.</p> | <p>Soluciones: Sustitución del sistema de soporte de la conductora en toda su longitud.</p> |

21. Patología: Salidero en junta de la conductora.



Ubicación:

Cruce de la conductora por el Puente 9: Canal de los Barcos.

Descripción y Diagnóstico:

Rotura y salidero ocasionado principalmente por pérdida de la alineación de la conductora al fallar elemento de fijación.

Soluciones:

Sustitución del sistema de soporte de la conductora en toda su longitud y de la tubería de fibra de vidrio por PEAD.

22. Patología: Registros con escombros y vegetación en su interior.



Ubicación:

Tramo de la conductora en la carretera del circuito norte Caibarién – Yagüajay.

Descripción y Diagnóstico:

Presencia de escombros, vegetación y agua en su interior.

Soluciones:

Limpieza y mantenimiento del registro.

23. Patología: Falta de limpieza y pintura en registros de válvulas.



Ubicación:

Tramo de la conductora en la carretera del circuito norte Caibarién – Yagüajay.

Descripción y Diagnóstico:

Presencias de vegetación y falta de pintura.

Soluciones:

Chapea de la vegetación existente y pintura de los registros.

Este sistema de tuberías presenta muchos problemas, principalmente por la falta de mantenimiento oportuno y la escasez de recursos:

- ❖ Roturas y salideros en varios puntos de la conductora, algunos de los cuales están ocultos bajo tierra o por arbustos, y ocasionados principalmente por:
 -) Aumentos de las presiones de trabajo por encima de las presiones nominales de los tubos, y ocasionadas por:
 -) Aumento del caudal de circulación.

-) Obstrucciones ocasionadas por aire acumulado por falta de ventosas o por mal funcionamiento de las mismas, ya que la gran parte de las existentes han sido alteradas por personal que circula por el pedraplén.
 -) Mal estado de los cruces de los puentes con tubos de PRFV.
 -) Por acciones de vandalismo de constructores, pescadores y otro personal no autorizado que merodea por el pedraplén.
 -) Operación indebida de las válvulas de desagüe por personal no autorizado.
- ❖ Faltan un gran número de válvulas de aire y las que existen están en mal estado. En la mayoría de los cruces de los puentes que se han sustituido con tubos de PEAD no se les ha colocado ventosas. La falta o mal funcionamiento de estos accesorios no solo ocasionan aumentos de presión durante el trabajo normal del sistema, sino que al ser también dispositivos antiariete, esta situación aumenta los riesgos de rotura durante la parada de las bombas.
 - ❖ Hay válvulas de desagüe que están fuera de servicio, presentando fugas de agua.

Para esta investigación se realizó una recopilación de antecedentes basado en el informe Asistencia Técnica Proyecto de Explotación del sistema de abasto de agua al “Polo Turístico Cayería Noreste de Villa Clara”. **(Lastra 2013)**

3.3 Depósitos de agua

En Cayo Santa María está construido desde hace varios años el tanque de regulación TSM-1, el cual le brinda servicio a las unidades turísticas Las Dunas y La Estrella, así como la base de apoyo. En la unidad Lagunas del Este se encuentra ubicado el tanque de regulación TSM-2 que brinda servicios a esta zona.

Tabla 6: Depósitos de Agua

| Depósito | Cant de módulos | Cota de fondo | Nivel agua contra incend | Nivel agua máximo | Cota entrada | Altura máxima del agua | Volumen contra incendio | Volumen Total |
|----------|-----------------|---------------|--------------------------|-------------------|--------------|------------------------|-------------------------|---------------|
| TSM-1 | 2 | 15m | 15,17m | 19,20m | 19.4m | 4,20m | 115m3 | 2400m3 |
| TSM-2 | 1 | 15m | 15,17m | 20 m | 20,2 m | 4,20m | 105m3 | 2400 m3 |

Catálogo General de Patologías en el tanque de distribución La Estrella

| | |
|---|---|
| 24. Patología: Presencia de humedad. | |
|  | <p>Ubicación: Pared del Tanque de distribución La Estrella.</p> |
| <p>Descripción y Diagnóstico: Presencia de humedades con manchas provocadas por la aparición de microorganismos.</p> | <p>Soluciones: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.</p> |

| | |
|---|---|
| 25. Patología: Presencia de humedad. | |
|  | <p>Ubicación: Pared del Tanque de distribución La Estrella.</p> |
| <p>Descripción y Diagnóstico: Presencia de humedades con manchas provocadas por la presencia de microorganismos.</p> | <p>Soluciones: Limpieza de las superficies y aplicación de puente de adherencia. Reparación del revestimiento. Aplicación de impermeabilizantes superficiales.</p> |

Catálogo General de Patologías en el tanque de distribución Las Lagunas.

| | |
|--|---|
| 26. Patología: Falta de tapa en registro de válvulas. | |
|  | Ubicación: Área del Tanque de distribución Las Lagunas. |
| Descripción y Diagnóstico: No existe la tapa del registro de válvula. | Soluciones: Construcción y colocación de la tapa. |

27. Patología: Manchas de humedad y filtraciones.



Ubicación:

Pared del Tanque de distribución Las Lagunas.

Descripción y Diagnóstico:

Presencia de humedades con manchas provocadas por la filtración del agua.

Soluciones:

Limpeza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

| | |
|---|---|
| 28. Patología: Presencia de humedad y microorganismos. | |
|  | Ubicación: Pared del Tanque de distribución Las Lagunas. |
| Descripción y Diagnóstico: Presencia de humedades con manchas provocadas por la presencia de microorganismos. | Soluciones: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial. |

Ahora veamos a continuación los problemas que se presentan con estos depósitos:

-)] En el tanque TSM-1 no se electrificaron las válvulas de operación ni se le colocaron los lectores de nivel, todo esto complica la operación del mismo.
-)] Así mismo, los caudalímetros de este tanque no están funcionando, por lo cual no hay un control del agua de entrada y de salida.
-)] En este mismo tanque no se respeta el nivel de agua contra incendios.

-) Al menos la cisterna de Villa Las Brujas presenta salideros, una de las causas de alto consumo de esta instalación; es posible que en otros depósitos también ocurran fugas.
-) Hay cisternas que tienen problemas con las válvulas de boya, están defectuosas o mal reguladas.
-) Existen problemas con algunos de los metros contadores que están instalados en las cisternas de los usuarios, lo cual provoca dudas sobre la realidad de los consumos.

Para esta investigación se realizó una recopilación de antecedentes basado en el informe Asistencia Técnica Proyecto de Explotación del sistema de abasto de agua al “Polo Turístico Cayería Noreste de Villa Clara”. **(Lastra 2013)**

Conclusiones

1. Se confecciona el catálogo de patologías para el sistema de abastecimiento de agua a Cayo Santa María donde se incluye la identificación de la patología, su ubicación en el objeto de obra, su diagnóstico y solución propuesta para eliminar el daño, donde se incluyen 28 patologías con un grado de gravedad leve o moderada.
2. Mediante la confección del estado del arte se identifican y describen las principales patologías que se pueden manifestar en los sistemas de abastecimiento de agua y posibles terapias para darle solución.
3. Se identifican las diferentes lesiones, averías, daños y dificultades presentes en los objetos de obra que componen el sistema de abastecimiento de agua a Cayo Santa María, aplicando una guía y modelo de inventario de patologías elaborado para este trabajo.

Recomendaciones

1. Promover dentro del Instituto de Recursos Hidráulicos en la provincia, la cultura del estudio patológico, de manera que pueda minimizarse el riesgo del deterioro desde la etapa de proyecto y generalizarlo para los distintos tipos de obras hidráulicas en explotación.
2. Elaborar un sistema de gestión de patologías, mantenimiento y reparaciones de obras hidráulicas a través de las técnicas de los Sistemas de Información Geográficos.

Bibliografía

Alvarez, L. (2010). "Estudio de patologías en obras hidráulicas.Caso de estudio Planta Potabilizadora Amistad Cubano Bulgaro de Camaguey y Planta Potabilizadora de Nuevitas " Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y Materiales CIDEM, Facultad Construcciones UCLV.

Alvarez, O. (2004). "Sistema Metodológico para diagnostico de las edificaciones en el Centro Historico de la Habana."

Álvarez, O. (2004). "Sistema metodológico para el diagnóstico de las edificaciones en el Centro Histórico de La Habana.".

Alvarez, O., Ruiz, Sixto (2003). "Diagnóstico de edificaciones de la Plaza del Cristo." Departamento de Ing Civil, Facultad Ing Civil, Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echeveria ISPJAE.

Crespo, D. (2015). Propuesta de procedimientos para la evaluación y diagnóstico de obras hidráulicas, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. .

Chávez José, J. B. (2003). "Palacio de los Capitanes Generales " Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y Materiales CIDEM, Facultad Construcciones UCLV.

Cherry, N. (2006). Patologías y estados de carga para la modelación de estructuras hidráulicas en presas de tierra. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. **Ingeniero Civil.**

Cherry, N. (2006). Patologías y estados de carga para la modelación de estructuras hidráulicas en presas de tierra. Departamento de Ing Civil, Universidad Central Marta Abreu de las Villa

Drizoro (1997). "Obras hidráulicas, las patologías en estructuras hidráulicas."

Flórez, V. (2014) Patologías y errores mas frecuentes en conducciones de agua.

Guerra, R. I. (2004). Diseño Gráfico de los libros de Registro Técnico de los Trabajos de Reparaciones y Mantenimiento y Control de Documentación Técnica Recibidas.

Guerra, R. I. (2015). Manual de Mantenimiento en obras hidráulicas.

Gutierrez, R. (2009). Diagnóstico de patologías en presas de tierra y propuestas de soluciones Caso de Estudio Presa Minerva y Gramal. Departamento de Civil, Universidad Central Marta Abreu de las Villa

Helene, P. (2003). "Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección."

Iglesias, R. (2011). "Bloc de consultas basado en las Normas Cubas e Internacionales "

INRH (2012). "Política Nacional del agua."

Jiménez, J. M. (2004). "Manual para el diseño de agua potable."

Lastra, F. R. d. I. (2013). "Asistencia Técnica Proyecto de Explotación del sistema de abasto de agua al "Polo Turístico Cayería Noreste de Villa Clara". Etapas 1, 2 y 3." 133.

Menendez, J. M. (1986). Desperfectos en construcciones de Ingeniería y Arquitectura. . Ciudad de la Habana, Cuba.

NC-52-55, N. C. (1982). "Construcción y Montaje explotación y conservación de las construcciones arquitectura e ingeniería.Terminos y definiciones ".

Pedraza, H. C. O. (2016). Evaluación de las patologías en plantas potabilizadoras de la ciudad de Santa Clara. Hidráulica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Pérez, D. C. (2015). Propuestas de procedimientos para la evaluación y diagnóstico de obras hidráulicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: 86.

Quintana, J. D. (2016). Abasto de agua. Redes de distribución.

Recarey, C. (2002). "Proyecto de investigación Inatituto Superior de Arte " Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y Materiales CIDEM, Facultad Construcciones UCLV.

Recarey, C., Quevedo, Gilberto,Chávez,Jose, Sanchez,Fernando (2003). "Patología y modelación de temple." Centro de Investigación y Desarrollo de las Estructuras y Materiales CIDEM, Facultad Construcciones UCLV.

Ruano, M. B. (1989). Mantenimiento y Reconstrucción de edificios. Ciudad de Habana, Cuba

Valdez, I. A. B. (2010). Evaluación de las patologías existentes en una obra

Hidráulica: Caso de Estudio Embalse “Palmarito”. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Central
Marta Abreu de Las Villas.

Vegas, L. C. d. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano, tomo I.

Anexo I

Tipos de patologías que se pueden presentar en obras hidráulicas

❖ Estación de Bombeo

| Objeto y sub objeto de obra | Averías y problemas más comunes |
|-----------------------------|--|
| Infraestructura | Presencia de: <ul style="list-style-type: none">) Exceso de azolve, piedras, arbustos, etc., en la zona de succión.) Asentamientos o deformaciones en los elementos de hormigón) Grietas o fisuras en los elementos de hormigón) Deficiencia en los equipos de izare |
| Hidromecanismos | <ul style="list-style-type: none">) Vibración de los equipos de bombeo) Salideros en los cabezales (verticales)) Salideros en las válvulas) Trabas en las válvulas de retención) Deficiencias en la lubricación de los equipos) Fallas del sistema de cebado por vacío |
| Superestructura | <ul style="list-style-type: none">) Filtraciones en la cubierta) Grietas o fisuras en las estructuras de hormigón) Problemas en la carpintería general |

| | |
|--------------------------------------|--|
| <p>Sistemas auxiliares</p> | <ul style="list-style-type: none">) Fuerte corrosión en las patanas metálicas (EB flotantes)) Averías en las válvulas esféricas (EB flotantes)) Deficiencias del sistema contra golpe de ariete) Perdidas en las tuberías del sistema de succión) Salideros en las tuberías del sistema de descarga) Fallos del sistema de desagüe de las tuberías) Salideros en el sistema de suministro de combustible (motores de combustión interna) |
| <p>Equipos de medición y control</p> | <p>Mal estado técnico o falta de calibración de:</p> <ul style="list-style-type: none">) Sistemas de medición de vacío) Equipos de medición de gastos) Equipos de medición de presiones |

❖ **Conductoras**

| Objeto y sub objeto de obra | Averías y problemas más comunes |
|-------------------------------|--|
| Tuberías | Presencia de: <ul style="list-style-type: none">) Asentamientos de las tuberías por fallos de la sub base) Colapso en la resistencia de los tubos) Acelerado proceso corrosivo) Salideros en uniones mal realizadas) Pérdida de juntas de goma en uniones de accesorios) Salideros por sobre presiones o creación de vacío interno) Problemas de las bandas de fijación de la tubería sobre los apoyos |
| Hidromecanismos | Falta de mantenimiento sistemático en: <ul style="list-style-type: none">) Valvulería de control) Válvulas de desagüe) Sistemas de ventosas |
| Equipos de medición y control | Mal estado técnico o falta de calibración de: <ul style="list-style-type: none">) Sistemas de medición de gastos) Sistemas de medición de presiones |

❖ **Sistemas de acueductos**

| Objeto y sub objeto de obra | Averías y problemas más comunes |
|-----------------------------|---|
| Tuberías y redes | Presencia de: <ul style="list-style-type: none">) Colapso en la resistencia de los tubos) Acelerado proceso corrosivo |

| | |
|-------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none">) Pérdida de juntas de goma en uniones de accesorios) Salideros por sobre presiones o creación de vacío interno) Obstrucciones por pérdidas de diámetro interno u otros factores) Roturas de acometidas |
| Depósitos de almacenamiento | <p>Falta general de mantenimiento en:</p> <ul style="list-style-type: none">) Salideros en tanques o depósitos del sistema) Asentamientos o grietas en los depósitos) Pérdidas de hermeticidad en las cubiertas de los tanques) Filtraciones en taludes y fondo de estanques a cielo abierto |
| Hidromecanismos | <p>Falta de mantenimiento sistemático en:</p> <ul style="list-style-type: none">) Valvulería de control) Válvulas de desagüe) Sistemas de ventosas |
| Equipos de medición y control | <p>Mal estado técnico o falta de calibración de:</p> <ul style="list-style-type: none">) Sistemas de medición de gastos) Sistemas de medición de presiones |
| Obras auxiliares | <p>Falta general de mantenimiento en:</p> <ul style="list-style-type: none">) Sistemas anti arietes) Tanques compensadores) En obras de protección física |

❖ Pozos

| Objeto y sub objeto de obra | Averías y problemas más comunes |
|-------------------------------|--|
| Infraestructura | Presencia de: <ul style="list-style-type: none">) Derrumbes en los pozos) Pérdidas por corrosión de las camisas metálicas) Asentamientos en los exteriores de los pozos) Grietas y fisuras en las estructuras de apoyo de hormigón |
| Hidromecanismos | Averías u operaciones deficientes en: <ul style="list-style-type: none">) Reducción del agua disponible por tupiciones en la camisa del pozo) Ídem por sellaje o compactación del suelo circulante a los pozos) Bombas) Cabezales) Válvulas de retención) Sistema de lubricación |
| Sistemas de conductora | Averías u operaciones deficientes en: <ul style="list-style-type: none">) Conductoras principales tuberías de conexión secundarias) Sistemas de ventosas) Sistemas de Valvulería de desagüe) Apoyos en la tubería |
| Sistemas auxiliares | Averías u operaciones deficientes en: <ul style="list-style-type: none">) Sistema contra golpe de ariete) Sistemas de extracción de gases) Sistemas de suministros de combustible) Sistemas de tratamientos de agua |
| Equipos de medición y control | Mal estado técnico o falta de calibración |

| | |
|--|--|
| | <p>de los:</p> <ul style="list-style-type: none">) Sistemas de aforo hidrológicos) Sistemas de medición de gastos) Sistemas de medición de presiones) Sistemas de medición de temperatura de los equipos |
|--|--|

❖ **Plantas potabilizadoras**

| Objeto y sub objeto de obra | Averías y problemas más comunes |
|------------------------------------|--|
| Infraestructura | <p>Presencia de:</p> <ul style="list-style-type: none">) Asentamientos en los terrenos circundantes) Fuerte corrosión en los elementos metálicos) Grietas o fisuras en elementos de hormigón |
| Hidromecanismos | <p>Operación deficiente o fallos en:</p> <ul style="list-style-type: none">) Equipos de bombeo) Valvulería) Sistemas de compuertas |
| Sistemas auxiliares | <p>Problemas y deficiencias en:</p> <ul style="list-style-type: none">) Sistema de ventilación) Sistema de tuberías de conexión internas) Sistema de limpieza y desagüe) Sistema de protección anticorrosiva |

(Guerra 2015)

Anexo II

Patologías presentes en estructuras de tierra.

Sifonamiento:

El sifonamiento se produce cuando una fuga de agua concentra erosiona el suelo progresivamente hasta formar un conducto que une al embalse con el pie del talud aguas abajo. Cuando el agua fluye a través del terraplén y del cimiento, su carga hidráulica se disipa venciendo las fuerzas viscosas inducidas que se oponen al flujo en los poros del suelo; recíprocamente, el agua que fluye genera fuerzas erosivas que tienden a empujar a las partículas, arrastrándolas en la dirección del flujo. En el momento en que este arrastre se produce comienza el sifonamiento mecánico del suelo. Las fuerzas resistentes dependen de la cohesión, del acomodamiento y el peso de las partículas, así como de la existencia de filtros aguas abajo.

Según el mecanismo descrito, el sifonamiento se produce en las zonas más sueltas de un suelo, donde la cohesión sea mínima y el gradiente sea alto. El sifonamiento comenzará en la zona aguas abajo, donde se presenten estas características, creado un hormiguero, de donde saldrá agua y partículas de suelo.

Agrietamiento:

El agrietamiento se produce cuando en el cuerpo de la cortina se producen esfuerzos de tracción. Estos esfuerzos tienen su origen en deformaciones diferenciales entre las distintas partes de terraplén, incluyendo su cimentación. La geometría de la cortina y la compresibilidad de los diferentes materiales que la componen definen asientos diferenciales entre los mismos, que pueden producir zonas de tracción y eventualmente grietas.

El agrietamiento puede ser transversal al eje de las presas y longitudinal, cuando coincide con el eje de la cortina. En general las grietas se pueden propagar a lo largo

de planos en cualquier dirección. Las grietas pueden tener extensiones y anchos muy variables, las grietas anchas y grandes, aunque peligrosas, son fácilmente detectables, siendo las finas las más peligrosas por cuanto pueden pasar inadvertidas.

Deslizamiento:

Un deslizamiento se produce cuando a lo largo de una determinada superficie de falla se ejercen esfuerzos de cortantes mayores que la resistencia que puede movilizar el suelo en esa misma superficie.

Los deslizamientos son una de las causas frecuentes de fallo en las presas de tierra. Constituyen un fenómeno espectacular y peligroso, a la vez que son susceptibles de un tratamiento analítico detallado. Por estos motivos han recibido una atención grande por parte de los ingenieros que proyectan presas. Los métodos de análisis de estabilidad que se utilizan en la actualidad han tomado como criterio de ajuste de sus resultados los deslizamientos ocurridos en presas y diques.



Figuras 29 y 30: Deslizamiento

Filtración:

Al analizar el flujo del agua a través de la cortina y del terreno de la cimentación de una presa, se obtiene información de tres cuestiones fundamentales.

- ✓ El gasto de agua de infiltración a través de la zona de flujo
- ✓ La influencia del flujo del agua sobre la estabilidad general de la masa de suelo a través de la que ocurre.
- ✓ Las posibilidades del agua de infiltración de producir arrastres de material sólido, erosiones y sifonamiento.

La primera en cuestión es importante porque toda agua que se infiltre a través de una cortina representará una pérdida que debe ser cuantificada.

El segundo aspecto suele ser el más importante desde un punto de vista práctico. Cuando el agua fluye, la presión a la que está sujeta es, por definición, hidrodinámica, y este hecho produce varias repercusiones. En primer lugar, la presión hidrodinámica puede alterar el peso específico sumergido del suelo.

La tercera cuestión es también de gran importancia, pues el agua al infiltrarse a través del suelo puede producir en ciertas zonas, arrastres de partículas sólidas que, en caso de no recibir la debida atención, puede llegar a poner en peligro la estabilidad de la presa de tierra, al dejarla materialmente surcada por túneles y galerías formadas por erosión.

Erosión:

La erosión es el desprendimiento, transporte y deposición de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas.

Las gotas de lluvia pueden contribuir al desprendimiento de las partículas o granos. Puede producir sedimentación de materiales en el pie del talud. Como solución se propone generalmente, la construcción de obras de drenaje y de bioingeniería, así como concreto dental, concreto lanzado o modificaciones de la topografía del talud.

Los procesos de erosión son muy comunes en suelos residuales poco cementados o en suelos aluviales, especialmente, los compuestos por limos y arenas finas principalmente, cuando la cobertura vegetal ha sido removida.

Asentamiento:

Tienen lugar al reducirse el espesor de un estrato debido a la reducción de su parte vacía, lo que tiene que ver con la consolidación de esa masa de suelo al aplicársele determinada carga. Cuando la respuesta de los diferentes estratos y/o las cargas que tiene lugar en los distintos puntos no es la misma, ocurren diferentes grados de asentamientos, diferencias que se conocen como asentamientos diferenciales, que de ser marcados son muy peligrosos.

Deformación:

En las presas como en cualquier otro tipo de construcciones donde se altera el medio al aplicar esfuerzos, tienen lugar deformaciones, que pasan por la respuesta de cada tipo de suelo a la carga que se le impone, lo que también se conoce como resistencia intrínseca del suelo, que al ser menor que los esfuerzos aplicados, el suelo falla, por la llamada resistencia al cortante, dando lugar a desplazamientos importantes de su masa, provocando problemas a la estabilidad del medio, que en el caso de las presas de tierra se pueden resumir en tres:

- La estabilidad de tipo estático: entendiéndose por tal la necesidad de que el coeficiente de seguridad, frente a un deslizamiento total o parcial que afecte a la presa o a su cimentación, sea aceptable, bajo las fuerzas másicas que actúan de una forma permanente, como son el peso propio de la obra, las fuerzas de filtración y de la presión intersticial del agua en las diversas circunstancias que se presentan normalmente en la vida de la presa. Este tema está ligado fundamentalmente con la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales que la componen, de una forma menos acusada con la deformabilidad y permeabilidad de los mismos.

- La estabilidad de tipo interno: llamando así a la permanencia de la funcionalidad de cada una de las partes de la presa en especial la del núcleo o pantalla de impermeabilización. Problemas como la figuración, erosión externa, pero principalmente la interna o sifonamiento, preocupan cada vez más a los técnicos de presas. La dispersabilidad de los materiales, su deformabilidad, su colapsabilidad, la geometría de la sección tipo y de los contornos de la obra, juegan un papel decisivo en su correcto funcionamiento.

- La estabilidad de tipo dinámico: en aquellos casos en los que la sismicidad del emplazamiento sea de tener en cuenta, si bien la mayor parte de las veces esta sollicitación se transforma en otra de tipo estático equivalente, en casos especiales o importantes; es preciso efectuar un análisis verdaderamente dinámico del comportamiento de la obra.

Patologías en estructuras de hormigón armado

Corrosión:

La corrosión del refuerzo en el hormigón, es un proceso de naturaleza electroquímica en el cual se producen reacciones químicas y hay un flujo de corriente. Este fenómeno presupone la existencia de reacciones de oxidación (pérdida de electrones) y de reducción (ganancia de electrones) y la circulación de iones a través del electrolito, generándose una pila electroquímica que funciona como un circuito cerrado en presencia de oxígeno y humedad. (Cherry 2006)

La corrosión del acero de refuerzo puede ser de distintos tipos de acuerdo con la causa que la provoca y la morfología como:

Corrosión generalizada: Es el resultado de una pérdida generalizada de la película pasiva que se produce debido a la carbonatación del hormigón, que como es conocido conduce a una disminución del pH del mismo; también puede ocurrir por efecto de la lixiviación producida por aguas puras o ligeramente ácidas. La corrosión aparece

uniformemente distribuida sobre la superficie de la armadura y se desarrolla a una velocidad similar en todos los puntos de dicha superficie

Corrosión localizada: Se caracteriza por un ataque localizado, en determinados puntos de la superficie de la armadura, lo que puede producirse debido a distintas causas.

Corrosión por picadura: Se debe a la disolución localizada de la película pasiva producto del ingreso de iones cloruros ya sea del ambiente exterior o incorporado en la masa del hormigón. Este tipo de corrosión produce una penetración apreciable en la armadura, pues las picaduras generan las condiciones necesarias para su continuo crecimiento, en la zona donde se ha perdido la película pasiva (ánodo) se produce ácido, pues los iones cloruros favorecen la hidrólisis del hierro en agua para formar H^+ y Cl^- libre, lo que hace decrecer el pH localmente y los iones cloruros permanecen en el medio para seguir interviniendo en el proceso, agravando el problema.

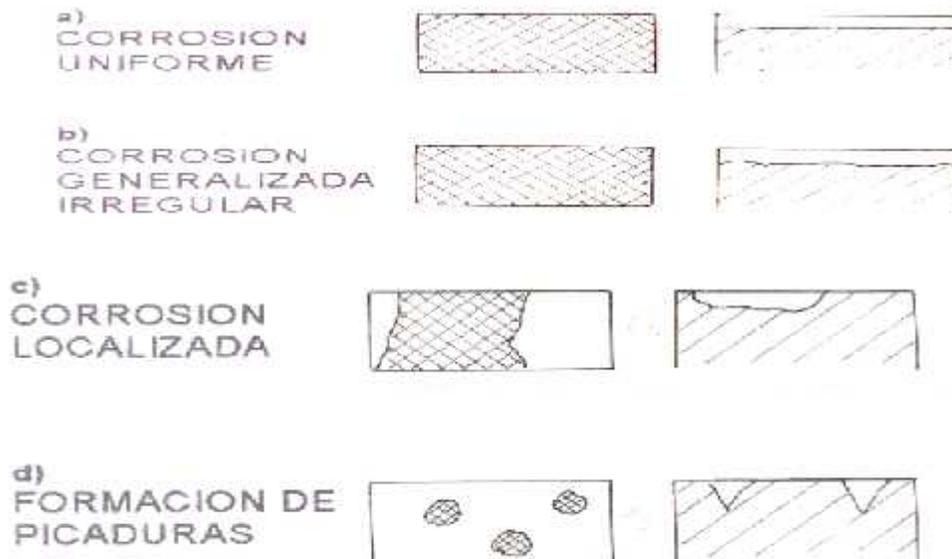


Figura 31:Tipos de Corrosión que se presentan en las estructuras.

Lixiviación

La lixiviación consiste en el lavado de las sustancias solubles, principalmente hidróxido del cálcico del hormigón, factor que causa una disminución de la densidad y una debilitación de la integridad del hormigón.(Drizoro 1997)

La lixiviación es mayor especialmente cuando el agua pasa a través del hormigón a presión.



Figura 32: lixiviación

Fisuración

La fisuración debe ser tratada como una manifestación inseparable de la naturaleza física – mecánica del hormigón armado. Téngase en cuenta la estructura heterogénea de este material, compuesto por cristales de cemento en forma de agujas, los cuales envuelven los granos de arena y piedra y junto con ellos a la armadura de refuerzo.

La unión y las fuerzas elementales de adherencia entre esos componentes son diferentes, además en muchos lugares quedan conductos capilares, poros y burbujas de aire, alrededor de los cuales se forman zonas de mayor o menor concentración de tensiones, que dan lugar a los micros fisuras iniciales.

El estado fisurado del hormigón armado no se puede evitar, pero se puede minimizar si se emplean procedimientos correctos en la selección de los materiales y sus

proporciones, la tecnología de ejecución a utilizar y el diseño de la obra y sus elementos componentes.



Figuras 33 y 34: Fisuras en el hormigón armado

Abrasión y desgaste:

Abrasión superficial producida por el arrastre de áridos. Es un daño típico en aliviaderos y desagües en presas, lechos de esclusas, canales en plantas depuradoras, etc.

Las acciones asociadas a esfuerzos que provocan un desgaste de la superficie expuesta del hormigón se pueden agrupar como fenómenos de abrasión y desgaste, aunque más específicamente se considera abrasión cuando hay una acción mecánica por arrastre de sólidos sobre la superficie. (Drizoro 1997)



Figura 35: Daño por abrasión.

Eflorescencia:

Las eflorescencias que ocurren frecuentemente en la superficie del hormigón cuando el agua tiene posibilidad de percolar a través del material, ya sea en forma intermitente o continua, o cuando una cara expuesta sufre el proceso de humedecimiento y mojado en forma alternativa. (Helene 2003)

Las eflorescencias consisten en el depósito de sales que son lixiviadas fuera del hormigón, las que se cristalizan luego de la evaporación del agua que las transportó o por la interacción con el dióxido de carbono de la atmósfera. Entre las sales típicas podemos citar los sulfatos y carbonatos de sodio, potasio o calcio. (Helene 2003)



Figuras 36 y 37: Eflorescencia en el hormigón

Cavitación:

Despegue de los áridos y aglomerantes de la superficie del hormigón debido a la succión creada por la presión negativa en zonas aguas abajo, donde el agua circula con rapidez. Este fenómeno es típico de aliviaderos, rápidos y otros elementos en centrales hidroeléctricas. (Drizoro 1997)



Figuras 38 y 39: Cavitación en estructuras de hormigón

Carbonatación:

Es una patología que es típica de obras de hormigón armado en la primera etapa aparecen en la superficie del hormigón unas grietas a lo largo de donde se encuentran las armaduras. Después, el recubrimiento del hormigón se desprende. La carbonatación del hormigón es un proceso químico de envejecimiento ambiental causado por la acción del dióxido de carbono y el agua, que transforman el hidróxido calcio en carbonato cálcico. Durante la carbonatación, la dureza y resistencia a compresión del hormigón aumentan y el pH disminuye, es decir de alcalino a neutro.



Figuras 40 y 41: Carbonatación en el hormigón armado

Disgregación:

Es un tipo de deterioro que se manifiesta por señales de pudrición o corrosión superficial del hormigón, llegando a provocar la degradación de sus capas exteriores, erosionándose o perdiendo determinadas cantidades de la pasta de cemento en polvo, provocando rugosidades superficiales, porosidad y oquedades que se convierten en elementos facilitadores de la penetración de agentes perjudiciales y devienen en problemas de mayor gravedad para el material. La disgregación tiene, por lo general, una causa de origen químico, por procesos de carbonatación, la acción de sulfatos, ácidos y otras sustancias deteriorantes del hormigón.(Cherry 2006)



Figuras 42 y 43: Disgregación en el hormigón

Desagregación:

Esta patología se aparece en obras de hormigón. Es un estadio de mayor avance y gravedad de los procesos causantes de la disgregación y, por tanto, de los propios síntomas. En la desagregación el proceso destructivo llega a causar la pérdida de los granos del árido, junto con la pasta de cemento solidificada que los envuelve y aglutina, apareciendo grandes huecos en la superficie y hacia el interior de los elementos de hormigón, causando y combinándose con otros efectos y deterioros, por lo que puede llegar a la destrucción total de los elementos. (Cherry 2006)



Figura 44: Desagregación

Patología del hormigón típica en obras hidráulicas debido a mala ejecución.

Fugas en Juntas del hormigón

Fugas en el hormigón en lugares donde existe una discontinuidad en la colocación del hormigón.(Drizoro 1997)



Figura 45: Fuga en junta de hormigón

Falta de homogeneidad en el hormigón

Filtraciones en zonas con segregaciones y coqueras. Hormigón infra-vibrado (alta porosidad) o sobre-vibrado (fraccionamiento del hormigón).(Drizoro 1997)

Fugas en juntas de dilatación

Fugas a través de las juntas de dilatación con selladores dañados, mal instalados o ejecutados con materiales inadecuados.(Drizoro 1997)

Latiguillos de encofrados

Fugas en puntos, alrededor de latiguillos y armaduras que sobresalen del hormigón. Los latiguillos que quedan tras fijar los encofrados atraviesan todo el espesor de un muro estanco de hormigón. El agua se escapa a lo largo de los latiguillos como lo haría a través de tubos pasantes inadecuadamente sellados.

Espesor de recubrimiento insuficiente

Fugas en puntos, lineales o superficiales. El agua se filtra a través de recubrimientos de poco espesor y viaja a lo largo de armaduras, del mismo modo que ocurre en el caso de los latiguillos.

Recubrimiento protector inadecuado

Aparición de filtraciones superficiales a pesar de la existencia de un revestimiento impermeable. Típico en plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas depuradoras, piscinas, etc. Ocurre como resultado de la aplicación de materiales de rápido envejecimiento (es decir que pierden rápidamente su elasticidad)

Anexo III

| Modelo 1. Inspección Visual Detallada | | | |
|--|----------|---|-----------------------------|
| Nombre de la obra: <i>Emp. de acueducto y alcantar. Hedo Cayo Santa María</i> | | Provincia: <i>VC</i> | Municipio: <i>Quiborian</i> |
| Edad de la obra: | | Objeto de obra: <i>Tanque de distribución</i> | |
| Nombre del Inspector: <i>Famila Peláez Alfonso</i> | | | Fecha: <i>15-6-2017</i> |
| Datos de la obra: <i>Pared del tanque de distribución Las Lagunas</i> | | | |
| Tipo de daño | Ligero | Moderado | Grave |
| Estructuras de tierra | | | |
| Deslizamiento | | | |
| Asentamiento | | | |
| Sifonamiento | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Erosión | | | |
| Deformación | | | |
| Filtraciones | | | |
| Estructuras de Hormigón | | | |
| Corrosión | | | |
| Eflorescencia | <i>X</i> | | |
| Lixiviación | | | |
| Fisuración | | | |
| Desegregación | | | |
| Desconchado | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Carbonatación | | | |
| Tuberías | | | |
| Rotura en junta | | | |
| Fisura en el interior | | | |
| Exceso de compresión | | | |
| Corrosión | | | |
| Incrustación | | | |
| Observaciones: <i>Presencia de humedades con mancha provocada por la aparición de microorganismos.</i> | | | |

Modelo 1. Inspección Visual Detallada

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|-------|
| Nombre de la obra: <i>Emp Bombeo y Alcantarillado Cayo Santa María</i> | Provincia: <i>VC</i> | Municipio: <i>Caibarien</i> | |
| Edad de la obra: | Objeto de obra: <i>EB El Cayo</i> | | |
| Nombre del Inspector: <i>Famila Peláez Alfaro</i> | Fecha: <i>15-6-2017</i> | | |
| Datos de la obra: <i>Warto de bombas para la cloración</i> | | | |
| Tipo de daño | Ligero | Moderado | Grave |
| Estructuras de tierra | | | |
| Deslizamiento | | | |
| Asentamiento | | | |
| Sifonamiento | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Erosión | | | |
| Deformación | | | |
| Filtraciones | | | |
| Estructuras de Hormigón | | | |
| Corrosión | | | |
| Eflorescencia | | | |
| Lixiviación | | | |
| Fisuración | | | |
| Desegregación | | | |
| Desconchado | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Carbonatación | | | |
| Tuberías | | | |
| Rotura en junta | | | |
| Fisura en el interior | | | |
| Exceso de compresión | | | |
| Corrosión | <i>X</i> | | |
| Incrustación | | | |
| Observaciones: <i>Falta equipo de bombeo de reserva para la cloración y presenta corrosión en su base</i> | | | |

Modelo 1 Inspección Visual Detallada

| | | | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|-------|
| Nombre de la obra: <i>Emp de conducto y alcantarillado Cayo Santa María</i> | Provincia: <i>VC</i> | Municipio: <i>Cuibaríen</i> | |
| Edad de la obra: | Objeto de obra: <i>conduetora</i> | | |
| Nombre del Inspector: <i>Yamila Pelaez Alfonso</i> | Fecha: <i>15-6-2017</i> | | |
| Datos de la obra: <i>Tramo de conduetora por carretera del circuito norte Cuibaríen - Yaguajay</i> | | | |
| Tipo de daño | Ligero | Moderado | Grave |
| Estructuras de tierra | | | |
| Deslizamiento | | | |
| Asentamiento | | | |
| Sifonamiento | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Erosión | | | |
| Deformación | | | |
| Filtraciones | | | |
| Estructuras de Hormigón | | | |
| Corrosión | | | |
| Eflorescencia | | | |
| Lixiviación | | | |
| Fisuración | | | |
| Desegregación | | | |
| Desconchado | | | |
| Agrietamiento | | | |
| Carbonatación | | | |
| Tuberías | | | |
| Rotura en junta | | | |
| Fisura en el interior | | | |
| Exceso de compresión | | | |
| Corrosión | | X | |
| Incrustación | | | |
| Observaciones: <i>Presencia de corrosión en tuberías, válvulas y accesorios de la conduetora</i> | | | |