

Introducción al estudio de la Durabilidad

- Envejecimiento
- Patologías del Hormigón estructural
 - Corrosión de Armaduras



Durabilidad

Se define como la capacidad de mantener en servicio y con seguridad, una estructura o un elemento de hormigón durante el período determinado como vida útil.

Introducción

- Análisis cualitativo – función segura
- Análisis cuantitativo – tiempo de vida útil.
 - No es una propiedad específica del hormigón.



En la actualidad ...

- Aumento del número de reportes de estructuras afectadas.
- Riesgo de estabilidad.
- Disminución de las condiciones de habitabilidad.
- Aumento de las exigencias de reparación con sus correspondientes perjuicios económicos e implicancias ambientales.
- Falta de consideración profunda en la normativa vigente de Proyecto y Ejecución de Estructuras, UNIT 1050:2001, de las exigencias de durabilidad.
- Escasa investigación en el Ámbito Académico.
- Carencias formativas en los Arquitectos e Ingenieros estructuralistas.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **• Anteriores a la ejecución**
 - errores de proyecto
 - errores en la elección de los materiales
- **• Durante la ejecución**
 - previo al llenado
 - durante el llenado
 - posterior al llenado
- **• Posteriores a la ejecución**
 - fisuración
 - agresión química
 - agresión física



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

● Anteriores a la ejecución

- errores de proyecto

 - de concepción.

 - ausencia de estudio de las condiciones ambientales

 - de evaluación de las cargas.

 - de cálculo.

 - en el diseño de detalles.

 - recubrimientos, anclajes, empalmes, juntas de dilatación, etc.

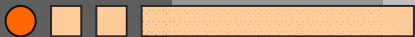
 - en la presentación de los recaudos.

 - gráficos, escritos y pliego de condiciones.



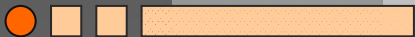
CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Anteriores a la ejecución**
 - **errores en la elección de los materiales**
 - disponibilidad de los cementos.**
fraguado, expansión, finura, resistencia, adiciones
 - característica del agua**
PH mayor de 5, libre de sulfatos, cloruros, materia orgánica.
 - áridos.**
estudio granulométrico, limpios, tamaño máximo
 - armaduras.**
libre de heterogeneidades, contacto otros metales.
 - aditivos.**
acciones colaterales.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Durante la ejecución**
 - **previo al llenado**
 - encofrados.**
deformación, desplazamiento, suciedad.
 - posicionado de armaduras.**
separación con los encofrados.
 - instalaciones.**
vínculo con los encofrados y las armaduras.
 - otros.**
pases, anclajes, etc.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Durante la ejecución**
 - **durante el llenado**
 - incorrecta dosificación y relación a/c.**
sedimentación, asentamientos incorrectos
 - ausencia de ensayos.**
incapacidad de verificación de las condiciones previstas.
 - control del vertido**
disgregación, separación de armaduras
 - incorrecta compactación.**
alto contenido de espacios vacíos.
 - condiciones atmosféricas.**
temperatura, humedad ambiente, lluvias.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- Durante la ejecución
 - posterior al llenado
 - protección inicial.
condiciones ambientales
 - curado.
tipo y tiempos de curado.
 - control de cargas**
sobrecargas y vibraciones excesivas



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Posteriores a la ejecución**

- **fisuración**

- Fisuración por consolidación plástica.**

- deformación provocada por la sedimentación de los sólidos e insuficiente retención del agua de la mezcla.

- Fisuración por contracción plástica.**

- no considerar diferencia de velocidad de evaporación y exudación.

- Fisuración por tensiones de origen térmico.**

- dilatación, retracción y congelación.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- **Posteriores a la ejecución**

- **agresión química**

Geo-referencia.

tipo de ambientes definido por la norma.

Ambiente I.

baja humedad (no supera el 60 % nueve meses en el año).

Ambiente II.

atmósferas no agresivas, aguas normales.

Ambiente III.

agresivo, industrial, marino, terrenos contaminados.



CAUSAS MAS FRECUENTES DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- Posteriores a la ejecución
 - agresión física
 - Fuego.
 - Impactos.
 - Erosión.
 - Abrasión.
 - Cambios en la estabilidad del terreno.



PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO



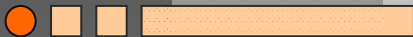
• Patología – estudio de la enfermedad

- inspección
- evaluación
- diagnóstico



• Terapia – tratamiento

- reparación
- refuerzo
- protección



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- • Corrosión en los metales
 - Proceso de deterioro y destrucción del metal debido a su reacción con el medio ambiente.
 - En la naturaleza se encuentra combinado con otros elementos, para separarlos se invierte gran cantidad de energía. (*Reducción*)
 - El metal tiende a regresar a su estado original estable. (*Oxidación*)

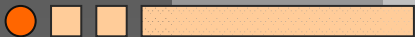


CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO



• Corrosión de la armadura

- El hormigón le brinda al hierro protección: *física* (lo separa del medio ambiente) y *química* (medio alcalino, formando un óxido protector – pasivación)
- Estructuras aéreas – elevada alcalinidad, contenido de oxígeno normal, la película pasivante preserva indefinidamente a la armadura.
- Estructuras sumergidas - sin el hormigón agrietado, ausencia de oxígeno, la oxidación es muy lenta.



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

- • Corrosión de la armadura
 - Cuando las condiciones de servicio cambian y el hormigón se altera, o penetran en su masa sustancias agresivas, se destruye la película protectora: el acero disminuye su sección o se convierte completamente en óxido.
 - El hormigón se fisura por la presión del óxido expansivo (delaminación de la armadura).
 - La adherencia armadura – hormigón desaparece.



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO



• Inicio de la corrosión

- Reducción de la alcalinidad – lixiviación de las sustancias alcalinas con agua, dióxido de carbono u otro material ácido.
- Por la acción electroquímica que involucra a los cloruros en presencia de oxígeno.
- Sin presencia simultánea en el hormigón de oxígeno y humedad no es posible la corrosión

Existe corrosión

PH < 8 (oxígeno + agua)

PH > 8 (oxígeno + agua + cloruros)



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

● Tipos de corrosión

• Corrosión localizada

Corrosión por picaduras – destrucción localizada, resultado del ingreso de cloruros (exterior o en la masa del hormigón)

Corrosión en espacios confinados – sobre la superficie del metal existe un espacio resguardado que evita el acceso continuo del oxígeno

Corrosión bajo tensión – esfuerzos de tracción sobre el acero y un medio agresivo

Corrosión por corrientes de interferencia – corrientes que fluyen en una estructura y que no forman parte del circuito eléctrico



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

● Tipos de corrosión

- **Corrosión uniforme - generalizada**

Pérdida generalizada de la película pasiva como consecuencia de la carbonatación del hormigón o la presencia excesiva de cloruros.

- **Corrosión galvánica**

El acero se encuentre en contacto con otros conductores, otros metales, uno se comportará como ánodo y el otro como cátodo.



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

● Causas de la corrosión

Dosificación del hormigón – el hormigón debe ser sólido, compacto, homogéneo, resistente y poco poroso.

Espesor del recubrimiento – espesor depende del ambiente, desde el punto de vista mecánico mínimo indispensable.

Humedad ambiental – controlar capilaridad.

La temperatura – su incremento promociona la movilidad de las moléculas facilitando el transporte de sustancias, su disminución puede dar lugar a condensaciones.

Estado superficial del acero – corrosión



CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

● Causas de la corrosión

Corrientes erráticas – corrientes que abandonan sus circuitos naturales y circulan por la estructura.

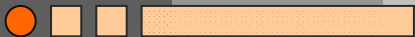
Contacto galvánico entre dos metales – contacto entre metales diferentes

Sustancias despasivantes – cloruros, sulfatos.

Carbonatación – el dióxido de carbono de la atmósfera reacciona con los componentes alcalinos.

Lixiviación por aguas puras – las aguas disuelven el hidróxido de calcio del hormigón y se destruyen los restantes componentes del hormigón.

Coqueras y fisuras – camino rápido de llegada de los agresivos.



DURABILIDAD HORMIGÓN ARMADO - Bibliografía

Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana.

Paulo Fernando A. Silva

Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado.

CYTED – Programa iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón.

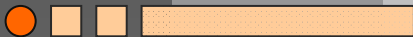
Paulo Helene – Fernanda Pereira

Durabilidad del Hormigón estructural.

Asociación argentina de Tecnología del Hormigón.

Corrosión de armaduras en estructuras de Hormigón Armado: causas y procedimientos de rehabilitación.

Alfonso Cobo Escamilla.



DURABILIDAD HORMIGÓN ARMADO - Bibliografía

Norma UNIT 1050:2001 – Proyecto y ejecución de estructuras de hormigón en masa o armado.

Instituto uruguayo de Normas Técnicas – UNIT

Reglamento CIRSOC 201. Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado.

Sistema reglamentario argentino para las obras civiles.
República Argentina.

Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de concreto.

Dr. Ing. Paulo Helene

Corrosión en estructuras de concreto armado.

Pedro Castro Borges

V Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones.

VII Congreso de Control de Calidad

Conpat 99 – Octubre de 1999 (Montevideo – URUGUAY)

