

PRESENTACIÓN MANTENIMIENTO DE OBRAS

OBRAS EDILICIAS - 2023

PROGRAMA MANTENIMIENTO DE OBRAS EDILICIAS

Objetivos:

- Conocer los conceptos básicos de patología, preventivo. Demostrar habilidad para diagnosticar daños, diseñar reparaciones y programas de mantenimiento preventivo. Evaluar costos y controlar la ejecución en casos sencillos.
- Aprender las técnicas de controles de calidad de materiales, proyecto y ejecución de obras edilicias sencillas. Desarrollar hábitos de observación, análisis crítico y elaboración de informes técnicos.
- Estimular el trabajo grupal, de investigación y recopilación de antecedentes en obras en que se presenten distintos tipos de patologías estructurales, funcionales o de materiales.

CONTENIDO Y PROGRAMA ANALITICO

UNIDAD I: PATOLOGIA BÁSICAS DE OBRAS (5 hs)

Patología de proyecto. Errores de concepción, determinación de acciones, cálculo de esfuerzos y disposiciones constructivas.
Patología de ejecución. Detección de daños producidos en el proceso constructivo.

UNIDAD II: DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS (5 hs)

Durabilidad de las estructuras de hormigón. Criterios de aplicación según Normas Nacionales e Internacionales.

UNIDAD III: -PATOLOGIA DE CERRAMIENTOS - PATOLOGIA DE REVESTIMIENTOS PATOLOGIA DE INSTALACIONES - (5 hs)

Cerramientos verticales. Daños en muros de ladrillo, bloques y paneles prefabricados. Daños en carpintería de obra.
Cerramientos horizontales. Daños en entrepiso y cubierta. Reparación y protección.
Patología de aislaciones térmicas, hidráulicas y acústicas. Materiales y técnicas de reparación.
Daños en revoques y revestimientos verticales. Solados tradicionales y no tradicionales. Pisos industriales. Causas más frecuentes de deterioro. Reparaciones.
Causas más frecuentes de daños producidos en instalaciones sanitarias, eléctricas, gas y especiales. Fenómenos de corrosión en instalaciones.

UNIDAD IV: EVALUACION DE DAÑOS

Patología de obras en servicio. Mantenimiento preventivo. Inspección periódica. Detección de síntomas. Identificación de los daños. Causas y tipos de fisuras.
Fallos en cimentaciones. Daños causados por el fuego.

UNIDAD V: RECUPERACION DE ESTRUCTURAS (5 hs)

Concepción y diseño de refuerzos estructurales. Materiales de reparación y refuerzo. Materiales de protección superficial. Reparación de fisuras.
Consideraciones generales. Inspección y mantenimiento. Cambio de uso o destino y ampliaciones. Aspectos legales.

Bibliografía básica de OBRAS

EDILICIAS

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
M. Fernández Cánovas	<i>Patología y terapéutica del hormigón 2ª y 3ª edición</i>	Colección Esc. Ing. Caminos, canales y puertos	1994	uno
M Rodríguez, R. Park	<i>Reparación y refuerzo de edificios de hormigón armado para resistencia sísmica</i>			
M. Fernández Cánovas	<i>Las resinas epoxi en la construcción 2º Edición</i>	IETCC	1981	-
J. Calavera Ruiz.	<i>Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. tomo 1 y 2</i>	INTEMAC	1996	-
J. M. Tobio	<i>Ensayos no destructivos.</i>	IETCC	1967	-
J. Nuñez Olias	<i>Recalces</i>			
Celso Pizzi	<i>Mantenimiento de los edificios</i>	CEPCO	1986	-
Instituto E. Torroja.	<i>Curso de estudios mayores de la construcción. edificación, su patología y control de calidad</i>	IETCC	1985	-
Faustino Merchán Gabaldón	<i>Manual para la inspección técnica de edificios</i>	CIE Inversiones DOSSAT2000	1999	-
Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón	<i>Durabilidad del hormigón estructural.</i>	Edgardo F. Itassar	2001	-
R. Bellmunt, X. Casanovas, M Fernández Cánovas, C. Díaz, P. Helene, J. Rosell, E. Vázquez	<i>Manual de Diagnósis e Intervención en Estructuras de Hormigón Armado</i>	Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona	2000	-
A. Fortuna, M. López, A. Cantú	<i>Manual de Uso y Mantenimiento de la Vivienda Social</i>	EDIUNC	2007	10
A. Cantú, M. López, P. Peirone	<i>Dirección Técnica de Procesos de Construcción</i>	Ex--Libris	2013	15
	<i>Selección de catálogos comerciales.</i>			



MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES

¿Cuánto dura un edificio?

La vida útil de un edificio es el periodo en el que este es habitable.

Cuando se acaba la vida útil de un edificio, este se puede considerar en ruina y ya no cumple la función para la que fue creada.

Consecuencias:

Se abandona y se procede a su demolición.

Su mantenimiento se hace inviable y compensa más construir un edificio nuevo.

¿Cuánto dura un edificio?

Factores de los que depende:

1-Los materiales con los que ha sido construido

2-El sistema constructivo empleado para construirlo.

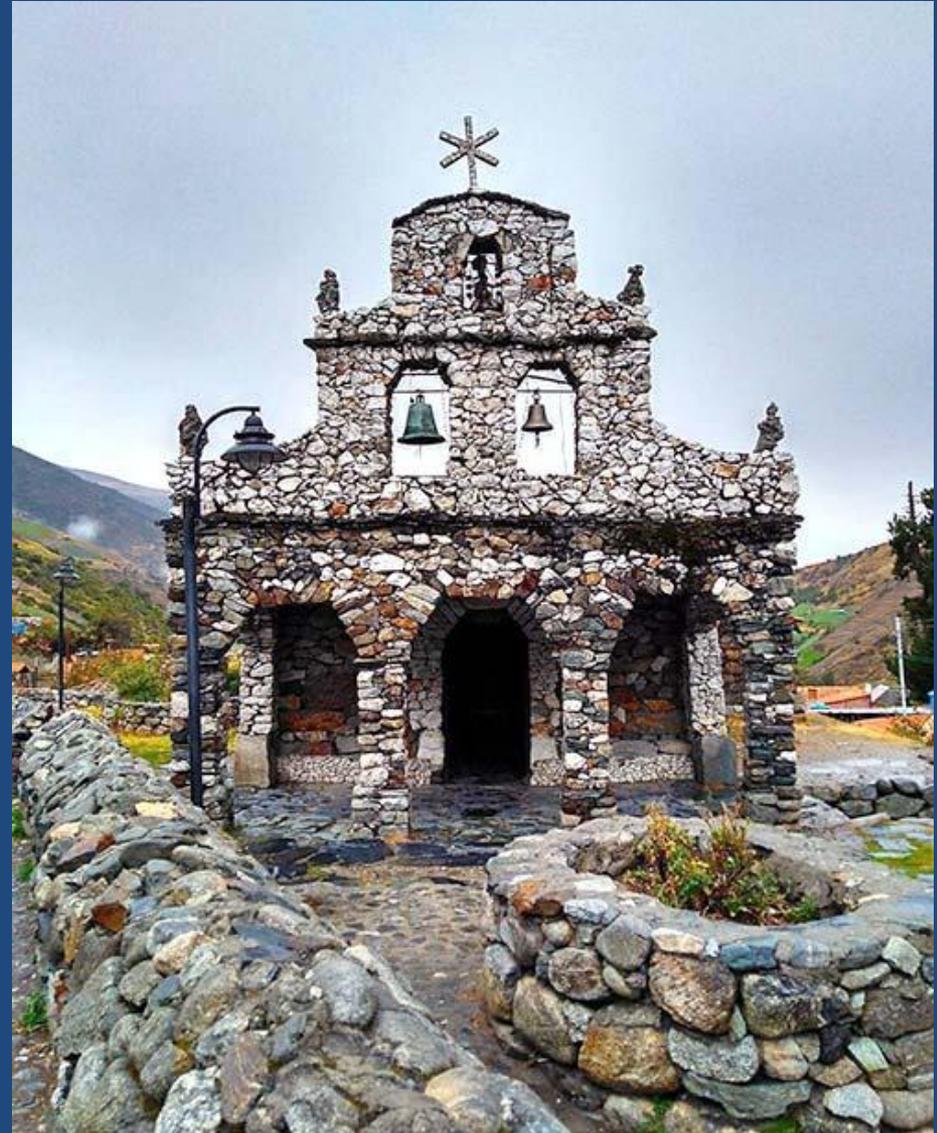
3-El mantenimiento que se le de al edificio durante su vida útil.

¿De qué depende que el mantenimiento se pueda alargar más o menos en el tiempo?

Depende de muchas cosas, pero según el tipo de material podemos estimar una duración aproximada.

Edificios de piedra?

Su vida útil, en condiciones normales, de la estructura de un edificio podría perfectamente superar los 2000 años. En 2000 años la integridad de la estructura del edificio no debería sufrir demasiadas alteraciones y desgastes.



Edificios de piedra

La mayor amenaza de un edificio de piedra son las catástrofes naturales y la erosión de los agentes climáticos, estos últimos pueden preverse y por lo tanto se podría optar por piedras más duras y resistentes.

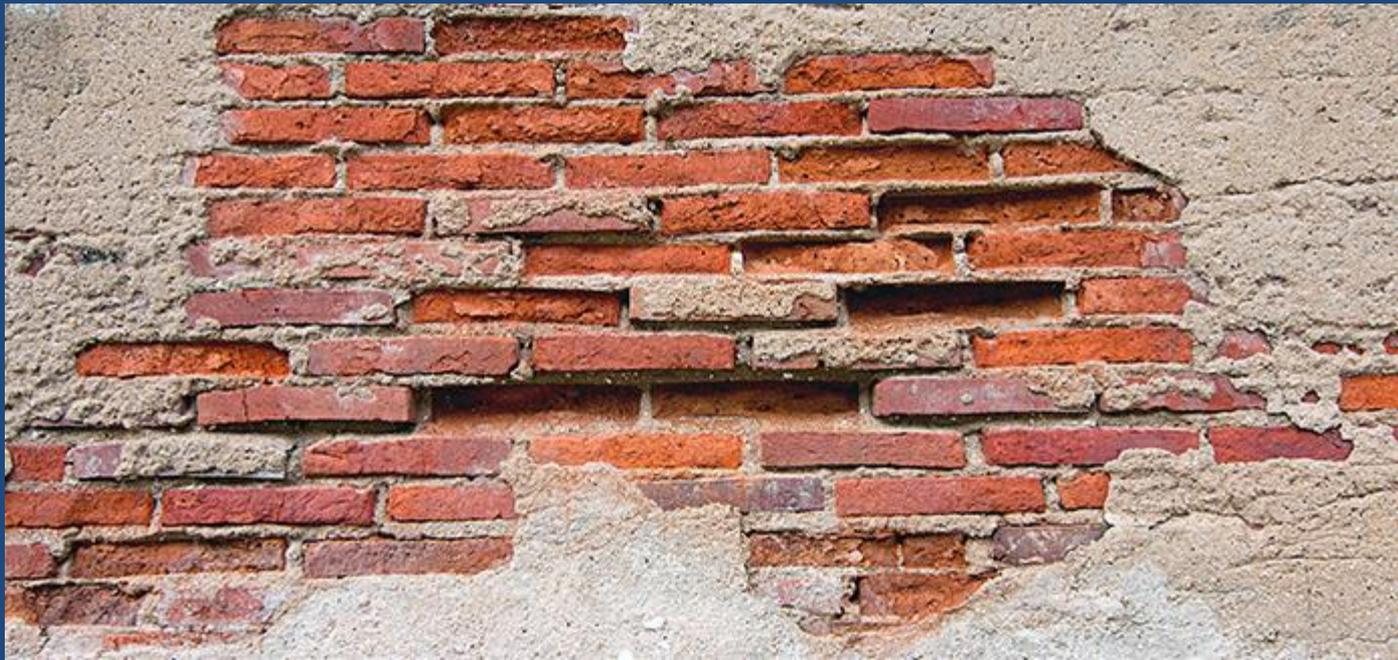
Edificios de madera

Bajo condiciones normales de uso, la vida útil de un edificio no supera los 200 años, ya que la estabilidad de las distintas **uniones** se ve alterada con el paso del tiempo y el mantenimiento de la estructura de madera se convierte en algo inviable a partir de los 150 años.



Edificios de ladrillo o de bloques de hormigón

Podemos alargar la vida de un edificio hasta los 500 años, siempre y cuando la estructura no se vea alterada y el material cerámico no sufra demasiadas alteraciones y desgastes debido a las condiciones climáticas.



Edificios de acero

Todavía no han superado los 200 años, y aunque hoy en día se utilizan aleaciones muy resistentes a climas benignos, es poco probable que las estructuras de acero sean viables a partir de los 200 años. Nos referimos claro está a estructuras convencionales y no a edificios simbólicos donde no prime el coste de mantenimiento.

Edificios de hormigón armado

Nuevamente nos encontramos, al igual que con las estructuras de acero, con estimaciones teóricas, ya que todavía no tenemos edificios de hormigón armado realizado con técnicas modernas que hayan superado los 200 años.



Edificios de hormigón armado

En principio se diseñan y se garantiza una estabilidad segura de más de 100 años. Así pues, podemos decir que como mínimo deben durar 100 años. A Partir de entonces se debe prestar especial atención al mantenimiento, ya que dependiendo del edificio es posible que la vida útil del mismo no supere los 150años.

¿Cuánto dura un edificio?

¿La variable tecnológica?

En pocas décadas hemos visto como los edificios pasaban de ser simples estructuras con una envolvente y unas sencillas instalaciones, a edificios cuya complejidad los convierte en complejas máquinas.

¿Cuánto dura un edificio?

¿La variable tecnológica?

Esto añade un factor nuevo, ya que es posible que en cuestión de un par de décadas el edificio ya no pueda competir con las nuevas tecnologías. Pasaría algo similar a lo que le sucede a una computadora, no es la computadora ya no funciona, simplemente es que no soporta la exigencias de los nuevos software y es necesario sustituirlo.

Criterios de Mantenimiento

- Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
- El mantenimiento y las reparaciones son las tareas fundamentales que garantizan la prolongación de la vida útil de viviendas existentes y de las edificaciones, evitando con ello su deterioro y finalmente su destrucción.

Criterios de Mantenimiento

- Las características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la **tipología de la edificación** en sí y están estrechamente relacionadas con la **época de construcción** y de los **materiales** que se emplearon en su ejecución.
- Además podemos plantear que el usuario del inmueble juega un papel importante en la realización de los mismos cuando este no depende de personal especializado, entre estas tareas pueden citarse: limpieza de las azoteas, pintura de interiores y exteriores, etc.

Tipo de Mantenimiento

- El preventivo como su nombre lo indica previene cualquier inconveniente que pueda ocurrir en la vida útil de las edificaciones evitando así que esta cumpla los objetivos para la cual se diseñó.
- El correctivo trata de corregir aquellos errores que ya presenta la edificación para así lograr extender su vida útil hasta el máximo y conservar su patrimonio arquitectónico.

Tipo de Mantenimiento

Se puede plantear que las correcciones serán más durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, cuanto antes son ejecutadas.

Estas se dividen en:

- ✓ Etapa de diseño
- ✓ Etapa de ejecución
- ✓ Etapa del mantenimiento preventivo efectuado antes de los tres primeros años
- ✓ Etapa del mantenimiento correctivo efectuado posterior al surgimiento de los problemas. (Do Lago, 1997)

Mantenimiento preventivo

Proveer protección estructural

Proveer protección especial al hormigón

Proveer protección especial contra la corrosión de la armadura

Realizar inspecciones intensivas para prevención temprana e introducir rutinas de mantenimiento regulares

Mantenimiento preventivo para hormigones

Proveer protección estructural superficies suaves con bordes redondeados

Minimizar el área expuesta al medio ambiente techos, aleros y similares protegidos de la lluvia

Mantenimiento preventivo para armaduras

Proveer protección especial contra la corrosión de la armadura

Hormigón de alta performance

Aumento del recubrimiento del hormigón

Armaduras no corroibles

Armadura con pintura epoxi o armadura galvanizada

Protección catódica preventiva

Inhibidores de corrosión o bloqueadores de poros

Armaduras pre o postensadas en vainas protectoras con lecha de inyección protectora de la corrosión

Tipo de Mantenimiento

Mantenimiento de obras nuevas

Mantenimiento de obras viejas existentes

Mantenimiento privado

Mantenimiento estatal

Mantenimiento ordinario

Reparaciones extraordinarias

Mantenimiento simple (2 -5 % del costo total de la edificación)

Mantenimiento medio (10 -15 % del costo total de la edificación)

Mantenimiento complejo (25 - 30 % del costo total de la edificación)

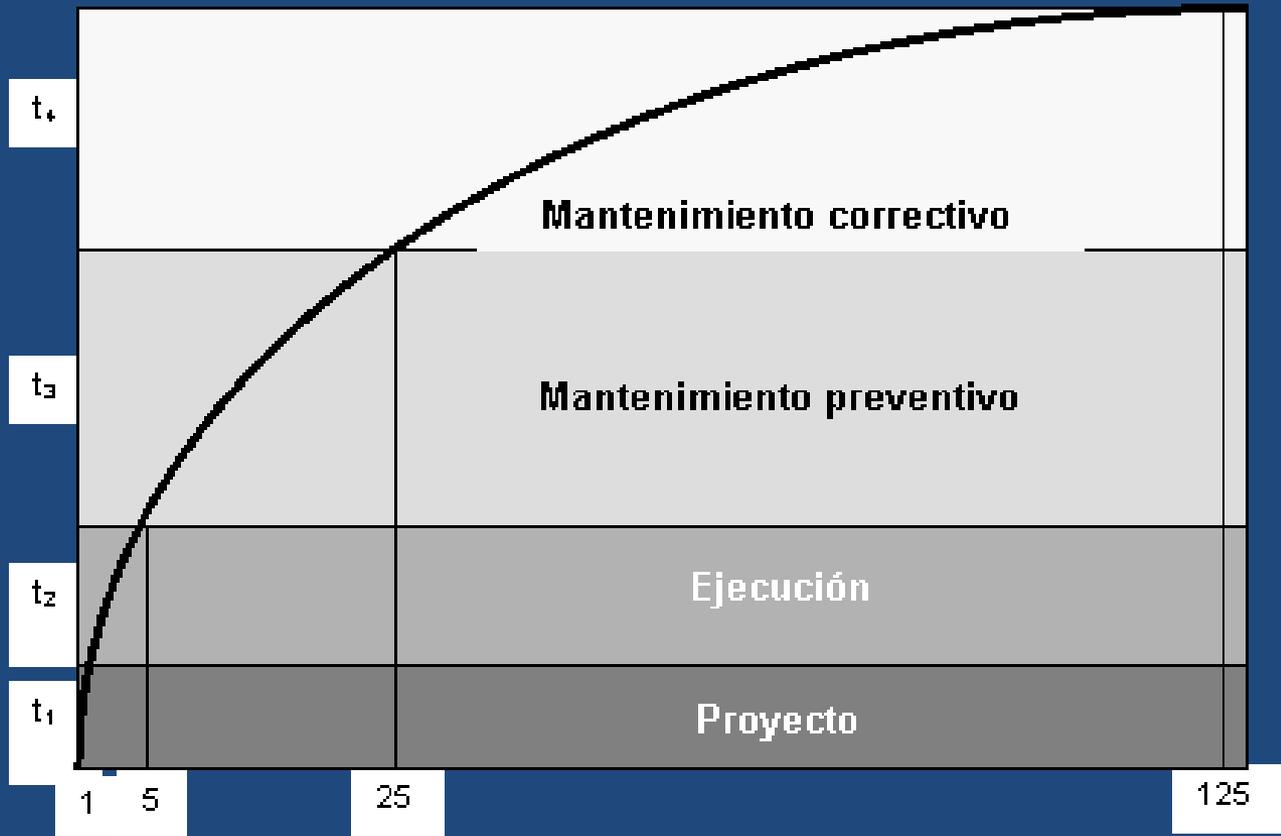
Costo de Mantenimiento

Costo Global=Costo Inicial+ Costo de Mantenimiento+ Costo Indirecto

- Costo inicial se asocia al costo de terreno y urbanización, al costo de proyecto, al costo de construcción y al costo de tasas de impuestos.
- Costo de mantenimiento se encuentran los mantenimientos programados (Preventivo), las reparaciones no programadas (Correctivo), el funcionamiento (explotación) y el costo de limpieza.
- Costo indirecto es el de equipamientos, el de servicios comunitarios, el de intervenciones en el entorno y las contribuciones especiales en servicios colectivos.

(Tejera -2003)

Costo de Mantenimiento



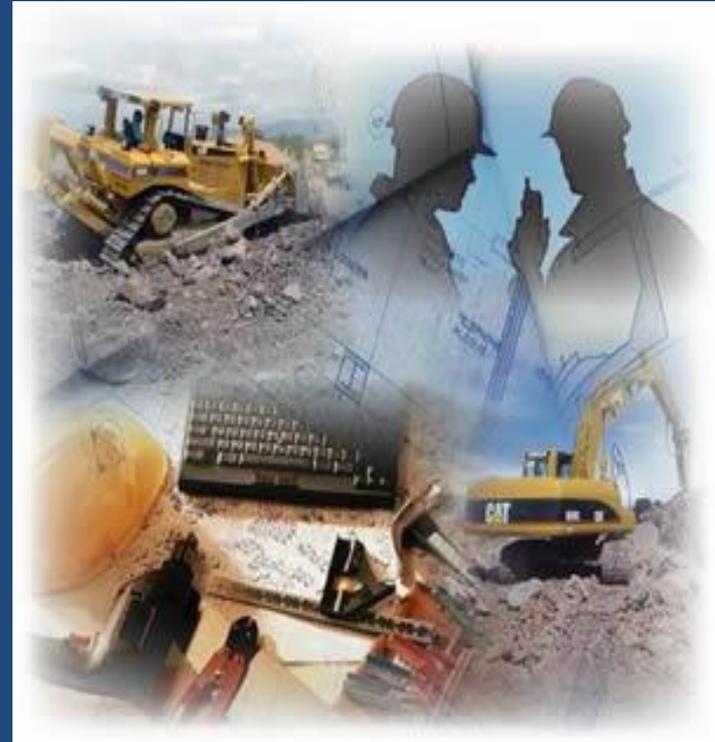
Ley de evolución de los costos. (Sitter, 1984)

ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Planificación del mantenimiento durabilidad, tipología estructural, calidad ,reparaciones, uso, etc.)

Responsabilidad en el mantenimiento (usuario, sea propietario o arrendatario manuales de mantenimiento)

PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



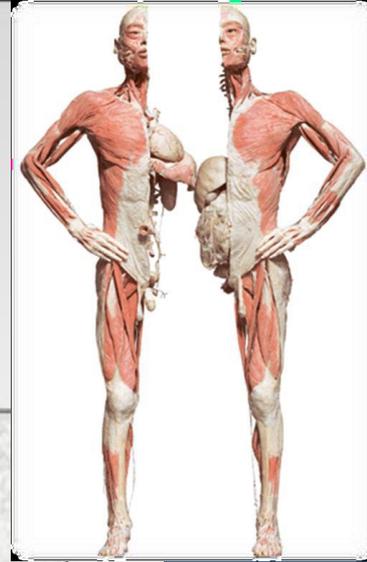
PATOLOGÍAS BÁSICAS DE OBRA



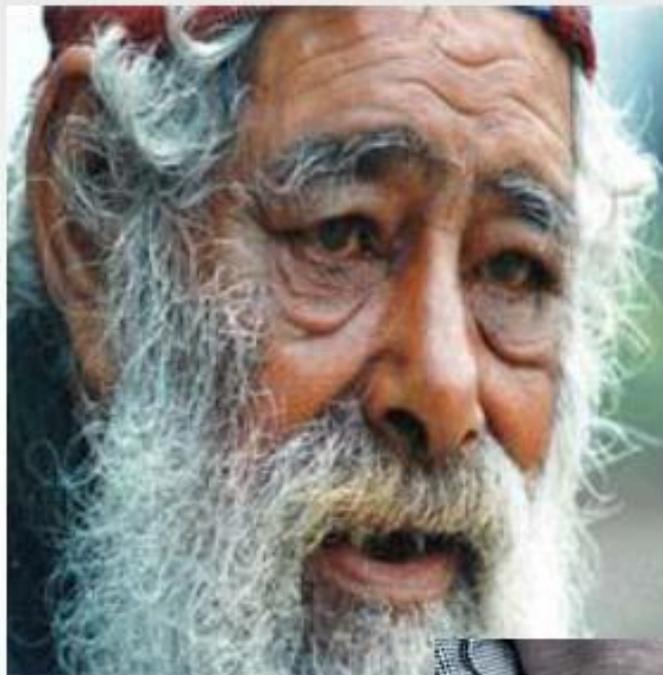
CONCEPTO

¿QUÉ ES PATOLOGÍA?

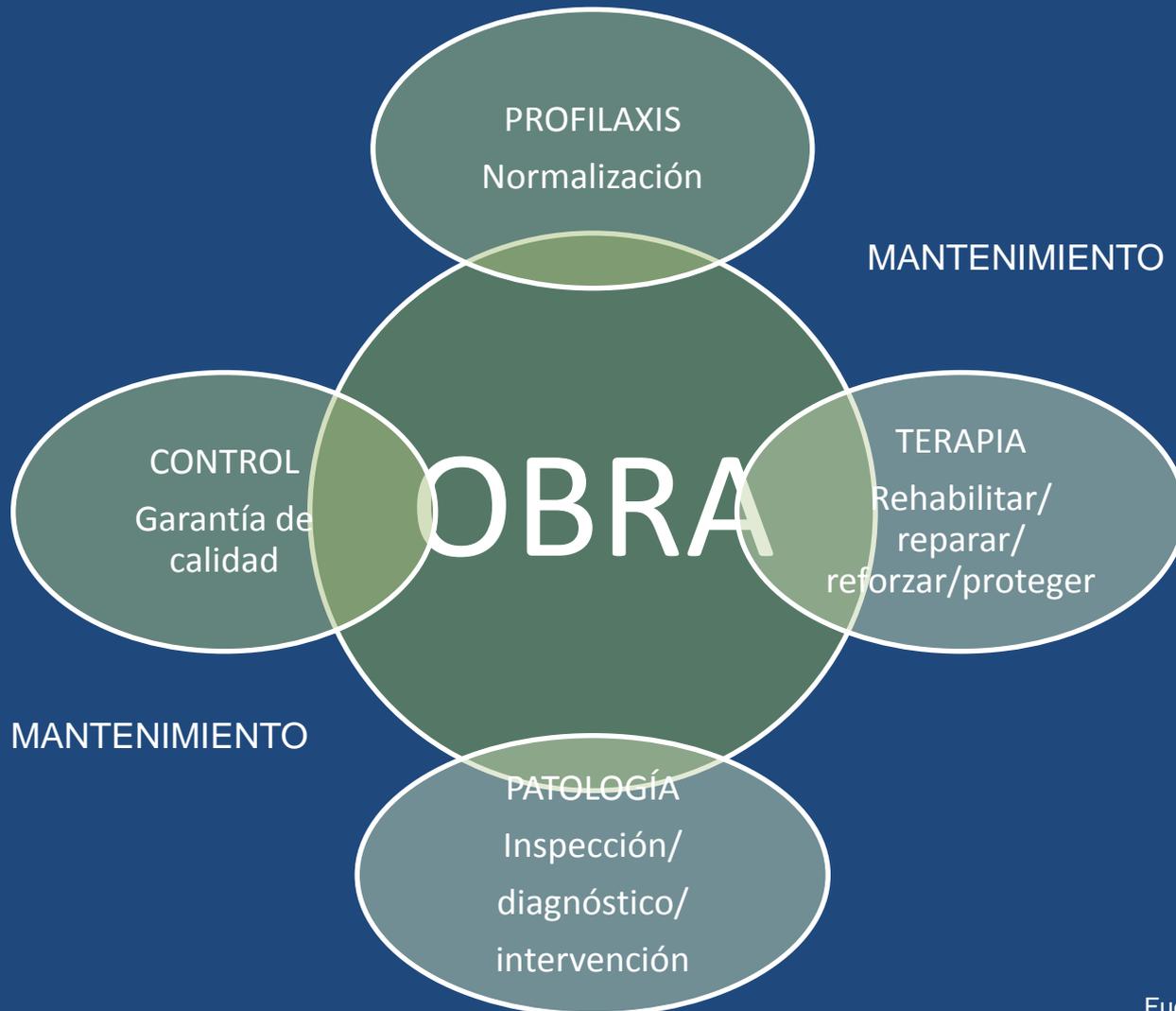
El término “**PATOLOGÍA**” o “**Ciencia Que Estudia Las Enfermedades**” ha sido prestado de la medicina, con el fin de dar una explicación científica al **comportamiento anómalo** de las estructuras, en construcción o en servicio, determinando sus causas y su repercusión sobre la **seguridad** para poder estimar la **vida residual** y decidir en cada caso la **reparación, refuerzo o demolición** de dichas estructuras



DESARROLLO DEL INDIVIDUO Y PATOLOGÍA DE LAS EDIFICACIONES. LECCIONES APRENDIDAS



DISCIPLINAS DE LA INGENIERIA CIVIL



ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

CRECIMIENTO APARENTE DE LA PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN. CAUSAS

- Hoy se construye mucho más.
- Se construye con mucha velocidad.
- Se llevan a cabo construcciones de mayor complejidad que en pasado.
- Ausencia de normativas generales nacionales e internacionales.
- Extrapolar normas de proyecto y ejecución pueden acarrear más problemas.
- Falta de formación profesional para mejorar la calidad de la mano de obra.
- Aparición continua de nuevos materiales y procesos que impide adquirir una experiencia válida sobre su uso.

OTROS CONCEPTOS

PROFILAXIS DE LAS CONSTRUCCIONES

Es una “disciplina” de la ingeniería encargada del estudio sistemático de como evitar problemas patológicos en las construcciones, o sea, como “proyectar bien”, como “construir bien”, como “operar bien” o como “mantener bien”.

TERAPIA DE LAS CONSTRUCCIONES

Es la “disciplina” de la ingeniería encargada del estudio sistemático de como intervenir en las construcciones que presentan problemas patológicos.

TIPOS DE INTERVENCIONES EN LAS ESTRUCTURAS

REHABILITACIÓN

Readquisición por los elementos de obra dañados, de la capacidad que dichos elementos tenían antes de producirse el daño, para cumplir su función.

REPARACIÓN

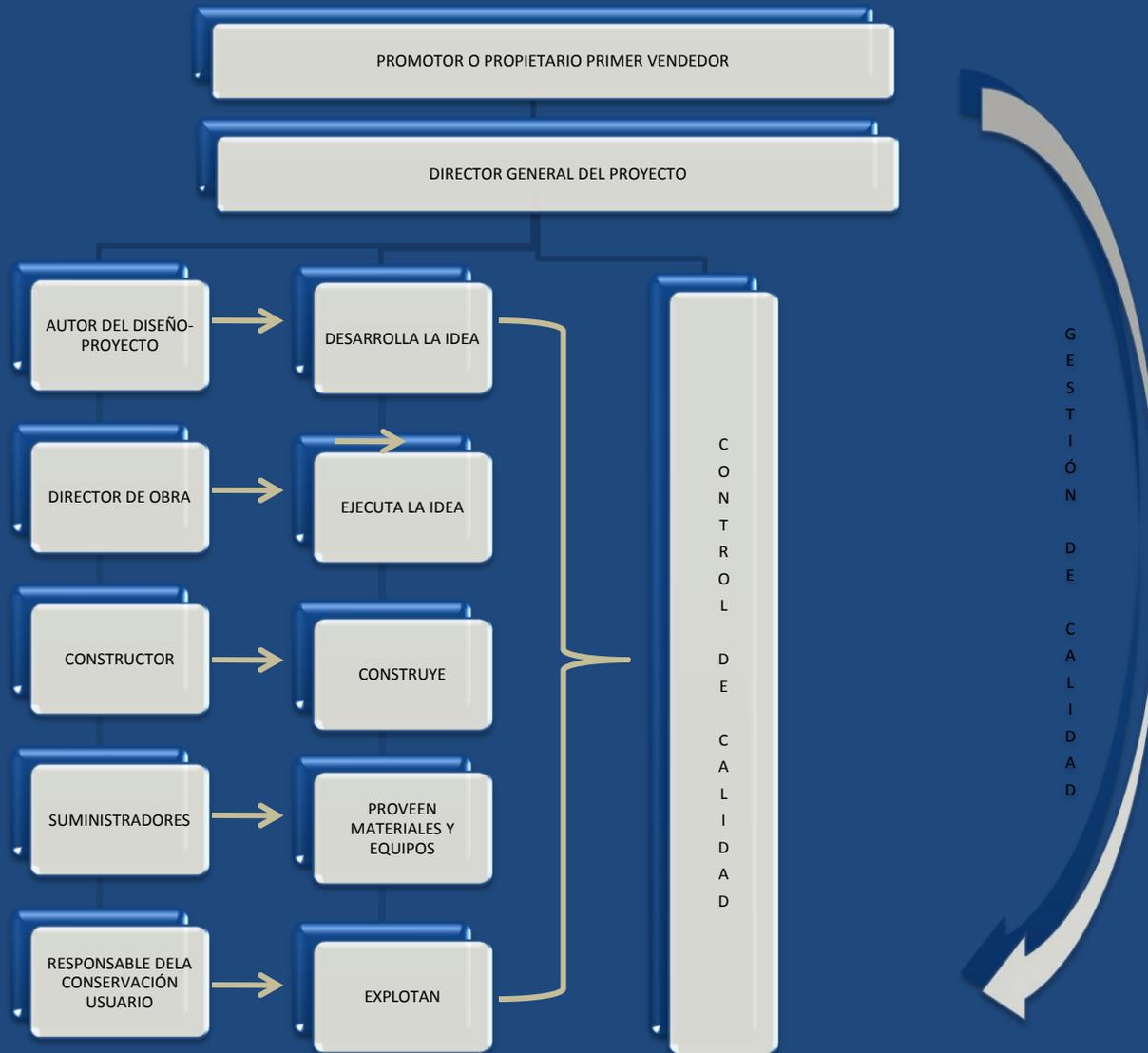
Es una intervención específica

REFUERZO

Incremento de la capacidad que un elemento no dañado tiene para cumplir su función, hasta niveles más altos de dicha capacidad.

PROTECCIÓN

PARTICIPANTES EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION



¿POR QUÉ FALLAN LOS EDIFICIOS ?



¿POR QUÉ FALLAN LOS EDIFICIOS ?



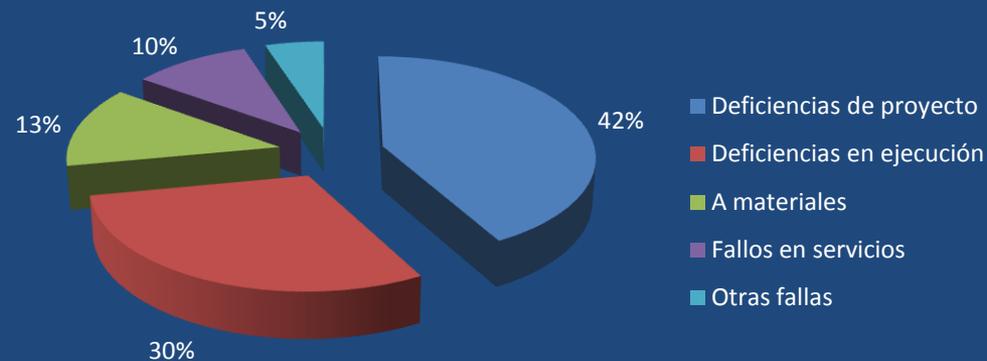
Hotel en Lara Venezuela

¿Cuál fue el problema?



¿POR QUÉ FALLAN LOS EDIFICIOS ?

Primeros datos estadísticos aparecen en los años sesenta a partir de las compañías de seguros.



Distribución de fallas según el proceso constructivo (1970-1985)

PRINCIPALES GRUPOS DE FALLAS

**FALLAS DE CONCEPCIÓN Y DISEÑO
DEL PROYECTO**

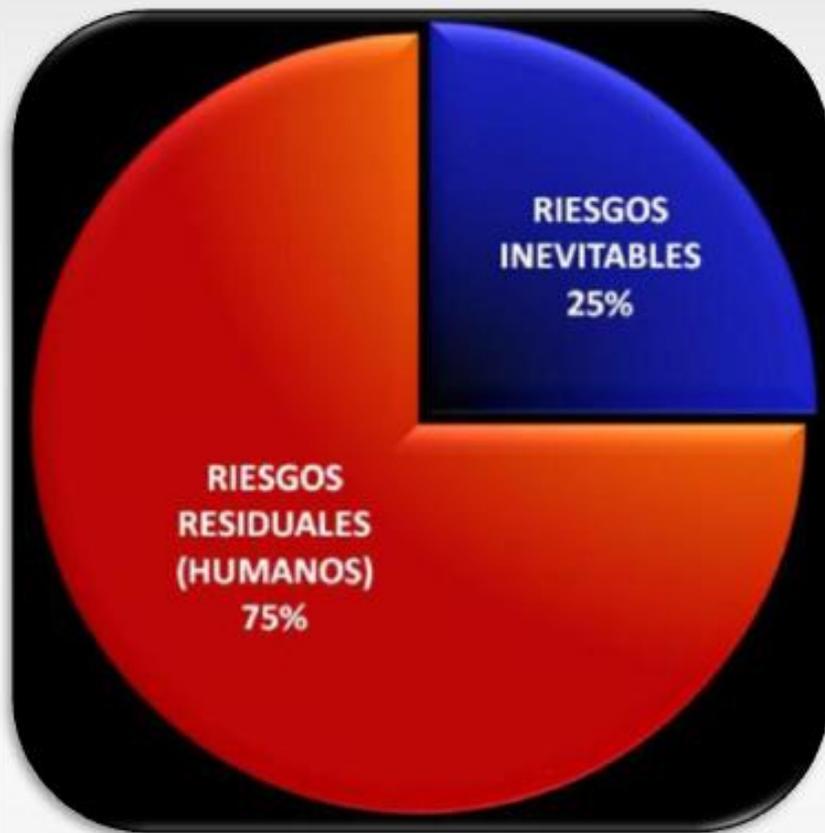
**FALLAS POR
MATERIALES**

**FALLAS POR
CONSTRUCCIÓN**

**FALLAS
POR CAMBIO DE
USO DE LAS
ESTRUCTURAS**

**FALLAS
POR FALTA DE
MANTENIMIENTO**

TIPO DE ERRORES



TECNICOS

DURANTE EL PLANEAMIENTO

- Proyecto
- Materiales
- Ejecución

ERRORES DE USO Y MANTENIMIENTO

HUMANOS

DE ORGANIZACIÓN O GESTION

- Responsabilidades
- Información
- Comunicación
- Contratación

PERSONALES

- Falta de formación
- Falta de motivación
- Negligencia
- Exceso de confianza
- Intencionados

¿POR QUÉ FALLAN LOS EDIFICIOS ?

En los fallos estructurales en edificaciones el 87 % de ellos son debido a errores humanos y el resto a sucesos naturales accidentales
(INGLES y NAWAR)



Fallas durante la concepción y diseño del proyecto

- *Por falta de un diseño Arquitectónico apropiado*
- *Por falta de cumplimiento de la Normativa existente.*
- *Por falta de drenajes apropiados.*
- *Por no proyectar juntas de contracción, de dilatación o de construcción.*
- *Por no calcular todos los esfuerzos y/o confiarse demasiado en los programas de cálculo.*
- *Condiciones de servicios.*

La Importancia De La Planificación Y El Proyecto



* Paulo Helene "Manual para reparación, refuerzo y protección de las estructuras de hormigón",

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES EN UN PROYECTO

Un buen proyecto se puede considerar como una estructura apoyada sobre 4 características primordiales:

- 1) La **Funcionalidad**: La estructura debe ser diseñada para que cumpla con sus objetivos*
- 2) La **Seguridad**: Debe ser resistente a cualquier acción prevista o normativa sin que ésta provoque su colapso.*
- 3) La **Durabilidad**: Debe ser diseñada y ejecutada para garantizar su funcionalidad y seguridad durante el período de su vida útil-*
- 4) La **Economía**: Un apropiado control de los recursos redunda en economías de mantenimiento y reparación.*

ERRORES COMUNES

ERRORES EN DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

ERRORES DE COTAS, DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.
OMISION DE DETALLES.

ERRORES POR MODIFICACIONES DEL PROYECTO.

ERRORES EN EL MANEJO DE LA ARMADURA.
CORTE , DOBLADO, COLOCACION, ARMADO, NUDOS, ETC.

ERRORES EN LA DETERMINACION DE ACCIONES

ERRORES COMUNES

FALTA DE SIMETRIA EN PLANTA

DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

IRREGULARIDAD VERTICAL

ESBELTEZ DEL EDIFICIO

FALTA DE RIGIDEZ

PRESENCIA DE COLUMNAS CORTAS

ERRORES COMUNES

ERRORES EN DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

**ERRORES DE COTAS, DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.
OMISION DE DETALLES.**

ERRORES POR MODIFICACIONES DEL PROYECTO.

**ERRORES EN EL MANEJO DE LA ARMADURA.
CORTE , DOBLADO, COLOCACION, ARMADO, NUDOS, ETC.**

ERRORES EN LA DETERMINACION DE ACCIONES

FALLAS POR MATERIALES

- *Por utilizar poco cemento o exceso de cemento.*
- *Por retardos excesivos en el fraguado. Esto puede originar fisuras por asentamiento o contracción plástica, y afectar la adherencia mecánica entre el refuerzo y el concreto*
- *Por fraguados acelerados*
- *Por bajas resistencias en el concreto*
- *Por acero de refuerzo de calidad inapropiada o por insuficiencia en los anclajes y/o longitudes de desarrollo.*

FALLAS POR CONSTRUCCION

- *Por no calcular y diseñar los encofrados o falta de inspección para verificar su integridad y estabilidad*
- *Cambios en las dimensiones de los elementos alterando su geometría, su inercia y su centro de masa.*
- *Por.*
- *Por errores en la colocación del acero de refuerzo permitiendo desplazamiento durante el vaciado.*

FALLAS POR FALTA DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Preventivo:

Impedir deterioro



Mantenimiento Correctivo:

Restitución de las condiciones originales.



Mantenimiento Curativo:

Reemplazo de porciones o elementos de una estructura por deterioro o defecto.



¿Cómo es la Enseñanza de la Arquitectura y de la Ingeniería?

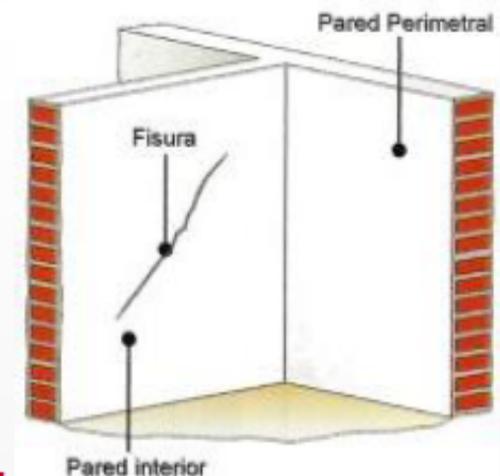
- *Aplicaciones prácticas sobre papel.*
- *Se realizan proyectos donde no se establecen suficientes especificaciones técnicas ni descripción gráfica constructiva.*
- *Los conceptos estructurales en ocasiones comienzan y terminan en la etapa de proyecto, ignorando los costos que tendrán los errores que se cometen por la ruptura entre: La teoría y la Práctica.*



¿Cómo Es La Enseñanza De La Ingeniería De Proyectos Y De Construcción?

La enseñanza de la ingeniería se imparte en materias aisladas: materiales de construcción, mecánica de los suelos, fundaciones, estructuras y otras. Así se comete el error de aplicar estos conocimientos en forma dissociada. Los profesionales en muchas ocasiones no tienen claro los conceptos en los siguientes procesos:

- 1) La interacción entre suelos y estructuras.*
- 2) La interacción entre los cerramientos y las estructuras.*
- 3) La interacción entre el entorno y el edificio.*
- 4) Acción y reacción en edificios livianos y edificios pesados.*





CONCEPTOS

- **PATOLOGIA, MODELO DE PROCESO DE LA PATOLOGIA, INVESTIGACION Y ENSAYOS.**

FALLAS MAS COMUNES. ERRORES MAS COMUNES, ERRORES DE PROYECTO, DE MATERIALES, DE CONSTRUCCION Y DE MANTENIMIENTO.

ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA y DE LA ARQUITECTURA.

CARACTERISTICAS ESENCIALES DE UN BUEN PROYECTO

- **FUNCIONALIDAD, SEGURIDAD, DURABILIDAD Y ECONOMIA**

CONDUCTA DE UN BUEN PATOLOGO



APTITUD Y CONDUCTA DE UN PATOLOGO

En la elaboración de informes técnicos debe prevalecer el profesionalismo.

Ejemplo: las conclusiones deben ser ad hoc.

Especificar las referencias bibliográficas.

Consulta de normativa y estudio de casos.



MODELO DEL PROCESO QUE SIGUE LA PATOLOGIA

DEFECTOS O DAÑOS

SINTOMAS

INVESTIGACION DE LA
ESTRUCTURA

DIAGNOSTICO Y CAUSAS

TERAPIA:
PRESERVACIÓN,
RESTAURACIÓN,
REPARACIÓN,
REHABILITACIÓN.

PRONOSTICO:
OPTIMISTA

PRONOSTICO:
PESIMISTA

AMPUTACIÓN
Y/O
DEMOLICIÓN

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE OBRAS

- ➔ Corresponde al **proyectista** la preparación del Manual de Uso y Conservación de la Obra,
- ➔ debe elaborarse en fase de primer borrador en la etapa de diseño,
- ➔ debe reflejar su forma real una vez construida, pasando a ser el **documento definitivo**.

ELEMENTOS BASICOS PARA EL USO Y MANTENIMIENTO

NORMAS DE USO

- Responsabilidades y deberes del usuario

DOCUMENTACIÓN SOBRE RIESGOS

- Planes de emergencias

PLANES DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

- Inspección, evaluación y mantenimiento

REGISTROS DE CAMBIOS

- Documentos caducables
- Documentos permanentes

"La obra, al igual que el ser vivo, se encuentra sometido a la acción de los elementos: el calor, la humedad, los vientos, las heladas, etc, pero también tiene que soportar unas acciones de tipo mecánico que pueden cansarla, fatigarla e incluso lastimarla. Por consiguiente, los cuidados y la vigilancia si bien son importantísimos durante su crecimiento o construcción y de ello dependerá mucho la vida de la obra, no hay que pensar que terminan con la realización de la misma sino que luego hay que seguir prodigándolos." (Fernández, 1986).

LA DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN DEPENDEN DE:

- Mecanismos de envejecimiento
- Vida Útil
- Clasificación del medio ambiente
- Clasificación de los hormigones
- Criterios de Diseño
- Proporcionamiento de los Materiales
- Procedimientos de Ejecución
- Mantenimiento Preventivo



MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO

➔ Relativo al hormigón

- lixiviación
- expansión
- reacción álcali-agregado

Relativo a la armadura

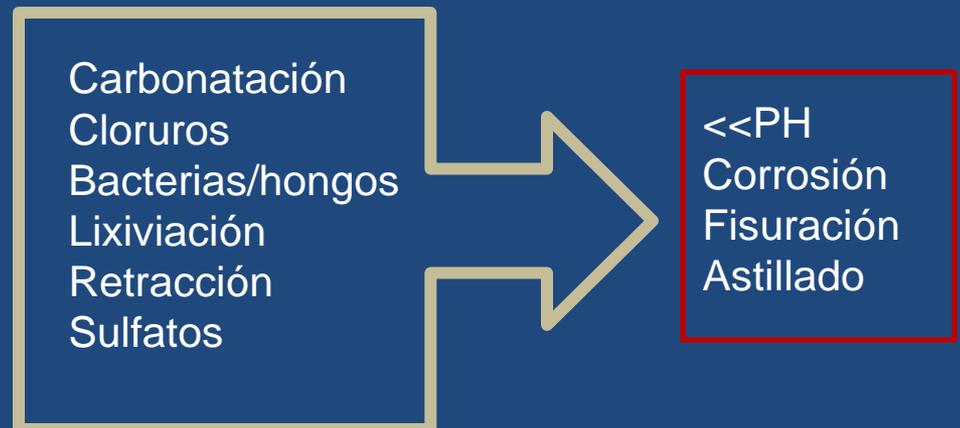


- despasivación por carbonatación
- despasivación por elevada concentración de ión cloro

Relativo a la estructura



- acciones mecánicas
- de origen térmico
- impactos
- acciones cíclicas
- deformación lenta
- relajación



MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO

⇒ Relativo al hormigón

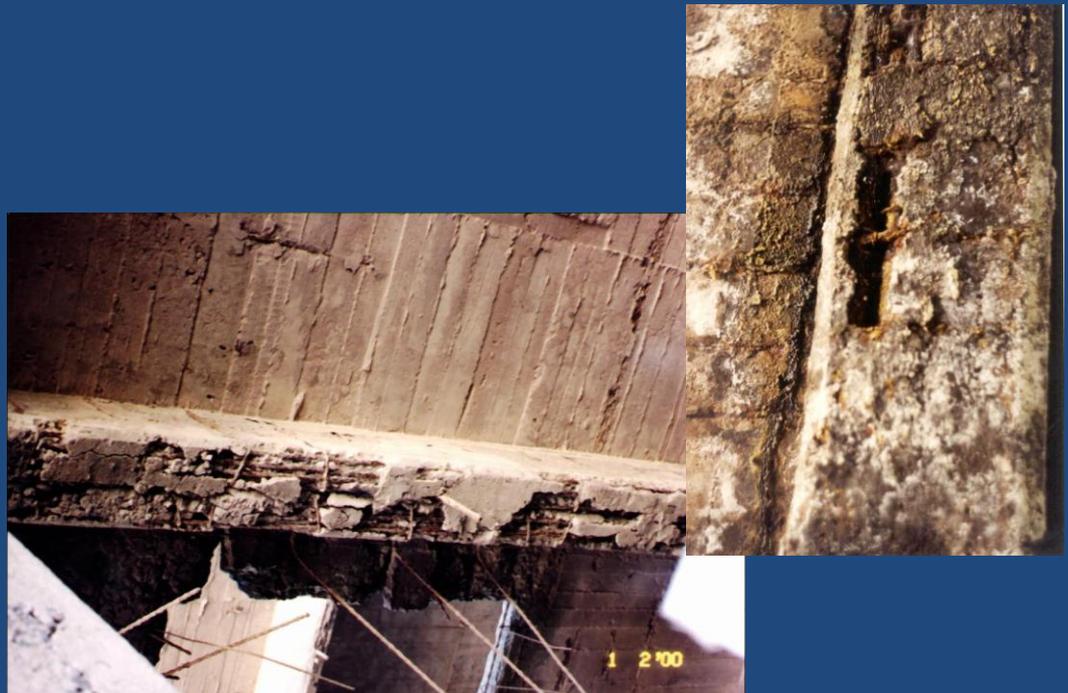
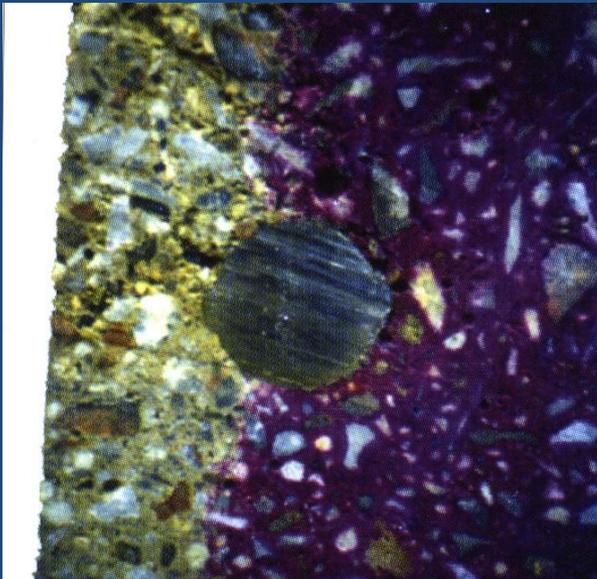
- lixiviación
- expansión
- reacción álcali-agregado



MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO

⇒ Relativo a la armadura

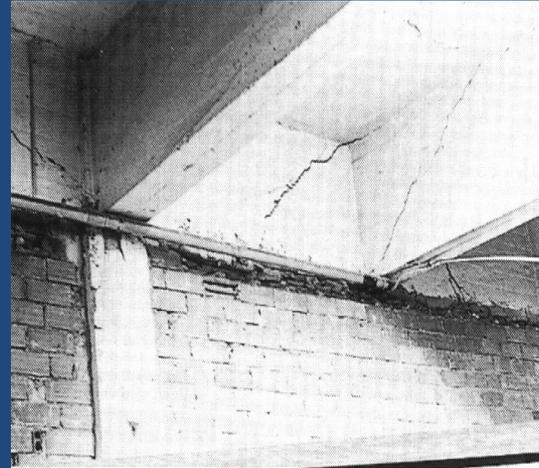
- despasivación por carbonatación
- despasivación por elevada concentración de ión cloro



MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO

➔ Relativo a la estructura

- acciones mecánicas
- de origen térmico
- impactos
- acciones cíclicas
- deformación lenta
- relajación



CONCEPTO VIDA ÚTIL

Período de tiempo durante el cual la estructura mantiene ciertas características mínimas de seguridad, estabilidad y funcionalidad, sin necesidad de intervención no prevista.

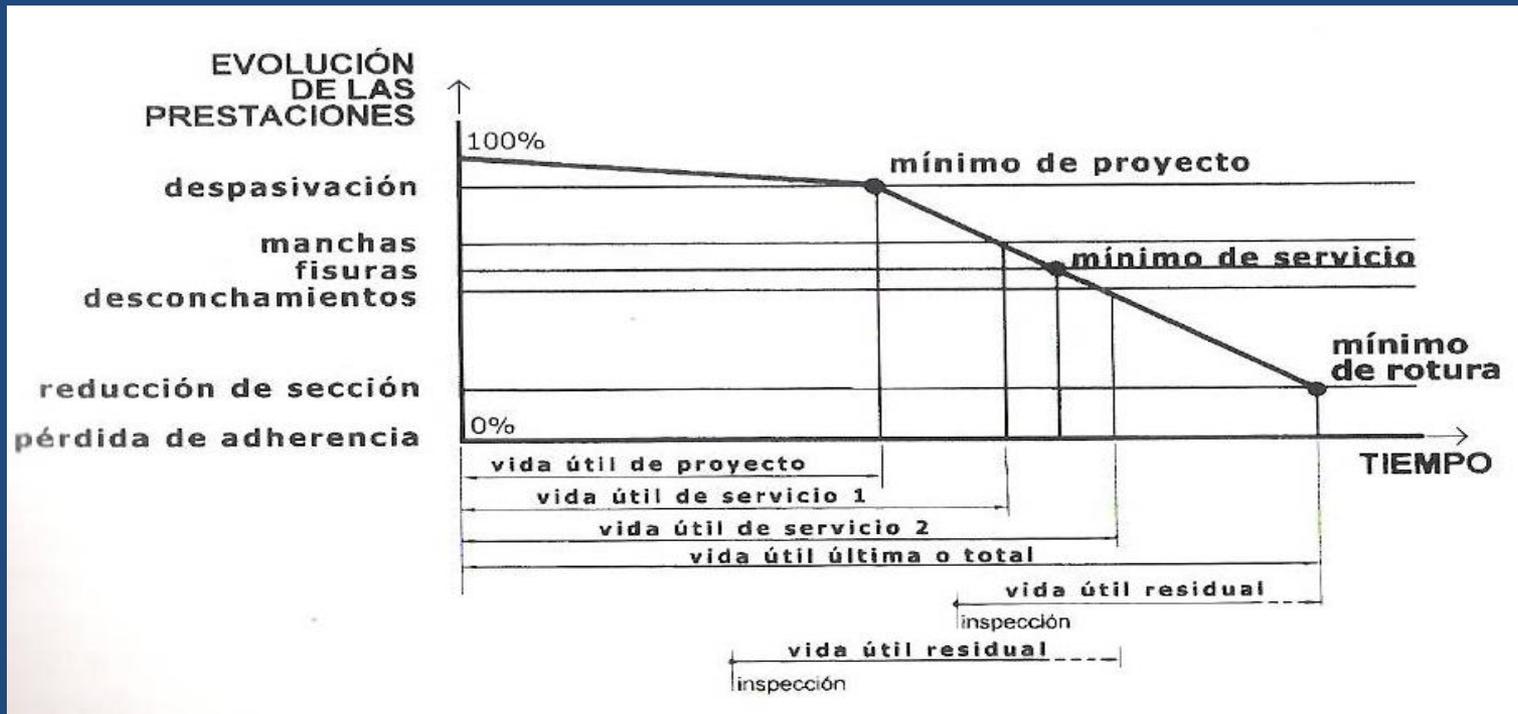
Durability of Buildings and Building Elements, Products and Components (BS 7543, 1992 Guide to)

Vida útil	Tipo de estructura
<10 años	Temporarias
>10 años	Sustituibles
>30 años	Ed. Industriales y reformas
>60 años	Ref. públicas y ed. nuevos
>120 años	Obras públicas y edificios

DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL

- **Durabilidad:** Capacidad de mantenerse en servicio para la función que fue diseñado o construido.
- **Vida útil (service life) :** período de tiempo durante el cual todas las propiedades exceden los mínimos aceptables durante los controles de mantenimiento.

VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN



MÉTODOS DE PREVISIÓN DE VIDA ÚTIL

Experiencia Recubrimientos mínimos (CIRSOC 201)

- para estructuras de hormigón colocado en obra no pretensado
- para hormigón colocado en obra pretensado
- para hormigón prefabricado elaborado en condiciones de control de planta, tensado o no

Ensayos acelerados

ASTM E 632, USA 1978/88 Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials

- definir los requisitos y criterios de desempeño para las condiciones de servicio
- caracterizar el componente o material
- escoger indicadores del deterioro
- identificar los agentes agresivos
- identificar los mecanismos de deterioro
- adoptar qué ensayos pueden representar el envejecimiento natural

MÉTODOS DE PREVISIÓN DE VIDA ÚTIL

Métodos determinísticos

Mecanismos de transporte de gases, masa e iones en el hormigón

$$c = k * t^{0.5}$$

c : extensión recorrida por agente agresivo

k : coeficiente del mecanismo de transporte

t : vida útil en años

Modelos de previsión hasta despasivar (**permeabilidad, absorción capilar, difusión de gases e iones, migración de iones**)

Modelos de previsión después de la despasivación (**mecanismos de pérdida de masa en el acero, mecanismo de difusión de los óxidos, geometría de la pieza**)

MÉTODOS DE PREVISIÓN DE VIDA ÚTIL

Métodos estocásticos o probabilísticos

Probabilidad de falla (Weibull):

$$p \{ \} = p \{ a - x_c(t_{sl}) < 0 \} < p_0$$

$p \{ \}$: probabilidad que la despasivación ocurra

a : recubrimiento del hormigón (mm)

$x_c(t_{sl})$: profundidad de carbonatación para el tiempo t_{sl} (mm)

t_{sl} : vida de servicio de diseño (años)

p_0 : umbral de la probabilidad de falla

RECOMENDACIONES DE DISEÑO

- ▶ evitar la degradación que amenaza a la estructura debido al tipo y agresividad del medio ambiente.
- ▶ seleccionar una composición óptima del material y del detallamiento de la estructura para resistir, por un periodo específico, la degradación que amenaza a la misma.
- ▶ cambio del microclima a través de recubrimientos, membranas, revestimientos.
- ▶ elegir materiales no reactivos o inertes (acero inoxidable, ARS, cementos de baja alcalinidad, agregados no reactivos).

RECOMENDACIONES DE DISEÑO

- ▶ inhibir las reacciones (protección catódica, incorporación de aire)
- ▶ identificar el tipo y agresividad del ambiente en el que estará la estructura.
- ▶ prever los posibles movimientos y acumulación de las sustancias agresivas.
- ▶ determinar qué mecanismo de transporte prevalece y qué parámetros controlan los mecanismos
- ▶ elegir las barreras adecuadas para hacer más lento el proceso

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- ▶ Proveer protección estructural
- ▶ Proveer protección especial al hormigón
- ▶ Proveer protección especial contra la corrosión de la armadura
- ▶ Realizar inspecciones intensivas para prevención temprana e introducir rutinas de mantenimiento regulares
- ▶ Proveer protección estructural superficies suaves con bordes redondeados
- ▶ Minimizar el área expuesta al medio ambiente techos, aleros y similares protegidos de la lluvia

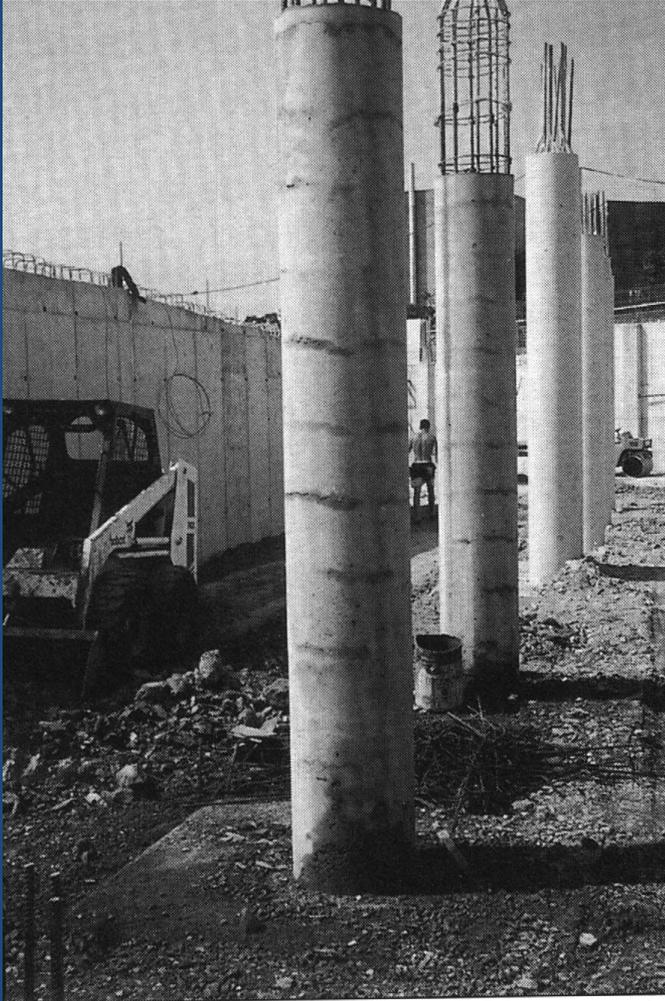
MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- ▶ Proveer protección especial contra la corrosión de la armadura
- ▶ Hormigón de alta performance
- ▶ Aumento del recubrimiento del hormigón
- ▶ Armaduras no corrosibles
- ▶ Armadura con pintura epoxi o armadura galvanizada
- ▶ Protección catódica preventiva
- ▶ Inhibidores de corrosión o bloqueadores de poros
- ▶ Armaduras pre o postensadas en vainas protectoras con lecha de inyección protectora de la corrosión

MECANISMOS DE DAÑO EN EL HORMIGÓN ARMADO

- Asentamiento plástico (exudación)
- Retracción plástica
- Contracción térmica inicial
- Retracción hidráulica
- Movimientos de dilatación y contracción por origen térmico
- Debido a las heladas
- Deformaciones impuestas
- Ataques químicos: ácidos, aguas puras, intercambio de iones, sulfatos,
- Expansión
- Lixiviación
- Corrosión de armadura
- Acción del fuego
- Acción de las cargas
- Deficiencias del proyecto
- Defectos de construcción

Fisuras por asentamiento plástico



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

- ✓ Ocorre en las primeras 3 horas después de colado el hormigón
- ✓ Se manifiesta por una ascensión del agua de amasado,
- ✓ Se produce por la clasificación de los componentes según sus densidades.
- ✓ Se manifiesta en lugares donde el descenso de la masa de hormigón se ve restringido.

Puede reducirse el fenómeno a través de:

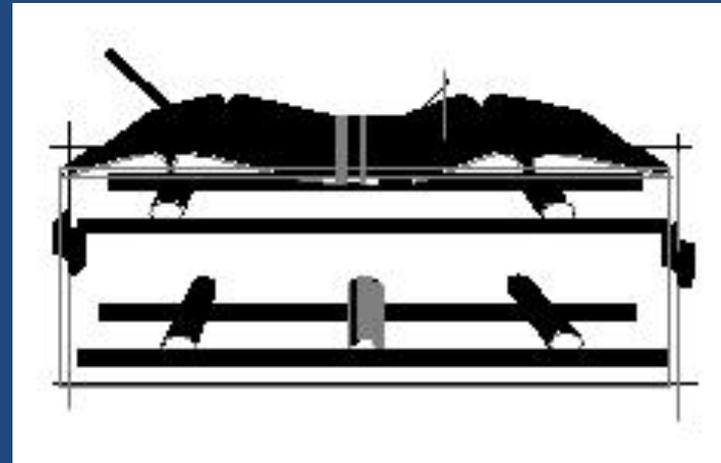
- Aumento de la cantidad de cemento
- Adición de finos
- Reducción de la relación a/c
- Control riguroso del tipo y calidad de retardadores
- Empleo de agentes aireantes

Fisuras por asentamiento plástico



UBICACIÓN DE LAS FISURAS:

- ✓ Inmediatamente encima de las armaduras horizontales
- ✓ Coincidentes con cambios bruscos de sección
- ✓ Fisuras horizontales marcadas en correspondencia con los estribos
- ✓ Coincidentes con secciones delgadas de hormigón por la presencia de armadura alineadas muy densas



Fisuras de retracción plástica



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

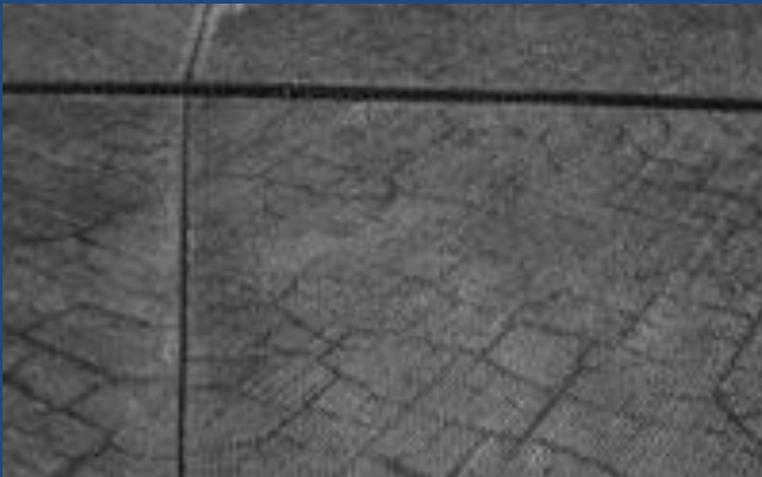
- ✓ Ocorre durante las primeras 8 horas después de colado el hormigón
- ✓ Se manifiesta por una elevada velocidad del agua de exudación,
- ✓ Se produce especialmente en ambientes secos y altas temperaturas

Se manifiestan por:

- Elevada relación a/c
- Exceso de vibración
- Exagerada absorción de agua por parte de los agregados
- Exudación

Se puede reducir su efecto a través de:

- Aumento de la cantidad de cemento
- Adición de finos
- Reducción de la relación a/c
- Control riguroso del tipo y calidad de los retardadores
- Empleo de agentes aireantes
- importancia del curado



Fisuras de formación posterior a la fase de endurecimiento

Fisuras por contracción térmica inicial



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

Ocurre entre el 1º y el 5º día de edad del hormigón y aún hasta 15 días después del hormigonado.

Se manifiesta por el aumento de temperatura de la pieza por el calor de hidratación del cemento.

Se produce si la contracción térmica está impedida por un vínculo externo o interno.

Factores que influyen en el salto térmico:

- Temperatura inicial de los materiales y temperatura ambiente
- Dimensiones de los elementos
- El curado
- Tiempo y tipo de desencofrado
- Los aditivos
- El contenido y tipo de cemento utilizado



Fisuras por retracción hidráulica



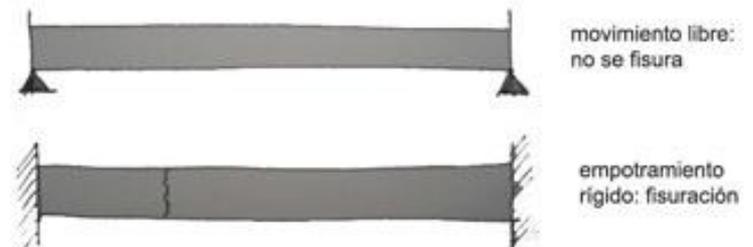
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

- ✓ Ocorre dos ó tres semanas después del colado del hormigón.
- ✓ Se produce por una reducción de volumen de hormigón causada por la pérdida física y química del agua durante la fase final del endurecimiento
- ✓ Se ve favorecido por la exposición a un ambiente no saturado de humedad

Se identifican como:

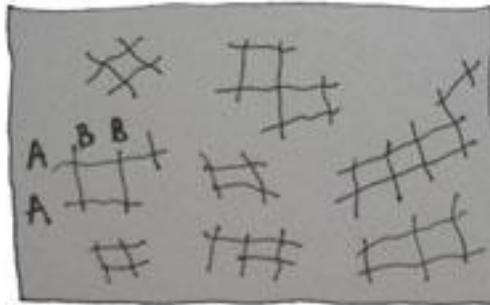
- ✓ Fisuras de ancho homogéneo, finas y de profundidad variable
- ✓ En superficies planas de sección homogénea
- ✓ En elementos con cambio de sección
- ✓ En vigas de poca rigidez que forman

fisuras por retracción hidráulica



Patrones de fisuras de losas según la causa que la provoca

fisuración de una losa por retracción hidráulica



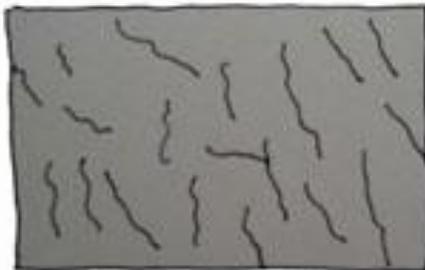
una vez aparecidas las fisuras A, quedan liberadas las tensiones que hacen que aparezcan fisuras perpendiculares B. ancho: 0,05-0,2 mm

fisuración de losa por ataque de sulfatos



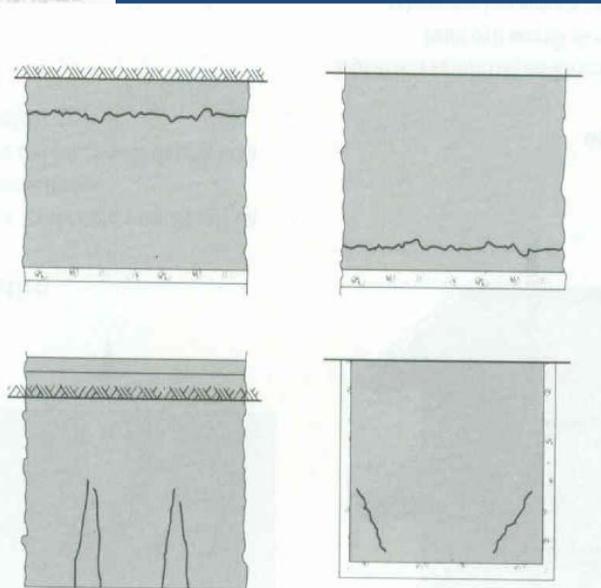
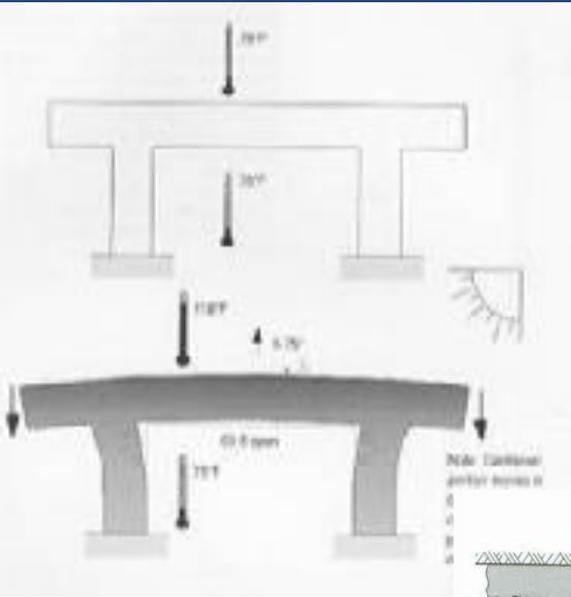
distribución aleatoria con formaciones de manchas blanquecinas

fisuras en la losa por retracción plástica del hormigón



aparición a las pocas horas del vertido. ancho: 0,2-0,4 mm

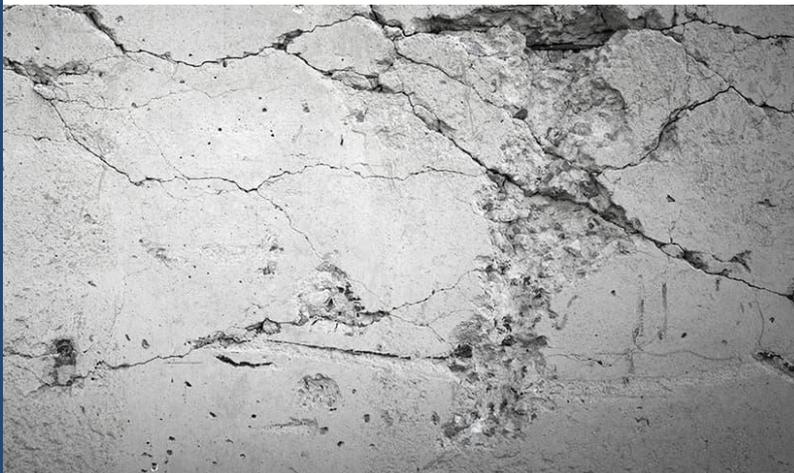
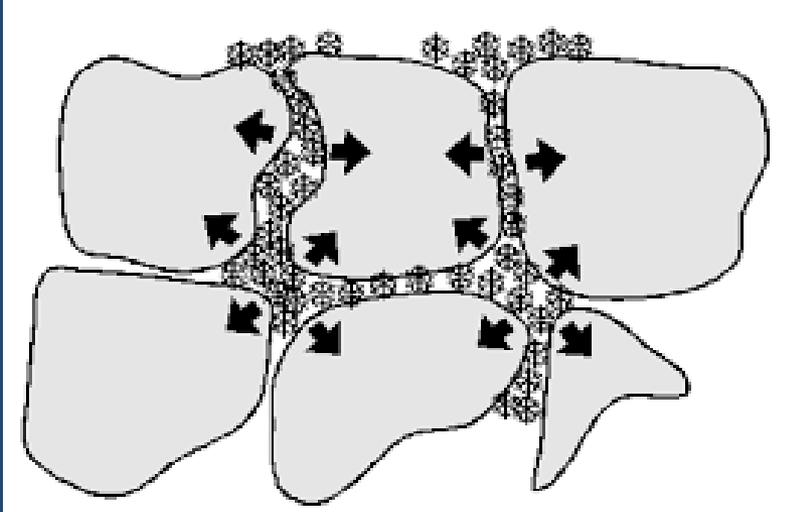
Fisuras debidas a los movimientos de dilatación y contracción de origen térmico



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

- ✓ Se producen cuando las deformaciones debidas a variaciones térmicas están coartadas
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica del hormigón $10^{-5}\text{mm}/^{\circ}\text{C}$
- ✓ Coeficiente de dilatación térmica del acero $1.1 \times 10^{-5}\text{mm}/^{\circ}\text{C}$
- ✓ La velocidad del Δt son considerablemente diferentes
- ✓ Se controlan con la disposición de juntas

Fisuras debidas a ciclos de hielo y deshielo



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

Es provocado por ciclos de hielo y deshielo
Generación de tensiones por aumento considerable del volumen del agua en los poros (9 %)

Factores que favorecen su resistencia:

El tipo de árido
La edad del hormigón
La dosificación de cemento
La reducción de la relación A/C

Lesiones superficiales debidas a la erosión y lixiviación del hormigón



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

Erosión superficial:

- ✓ Desgaste sufrido por abrasión producido por acciones mecánicas sobre la superficie del hormigón
- ✓ Desgaste superficial por cavitación en superficies de hormigón en contacto con corrientes de agua

Lixiviación:

- ✓ Erosión de tipo químico por lavado de sustancias propias del cemento hidratado
- ✓ Producido por ataque de aguas puras o con bajo contenido de sales disueltas

Fisuras debidas a la acción de las cargas



CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

Fisuras en columnas

Mala colocación de estribos

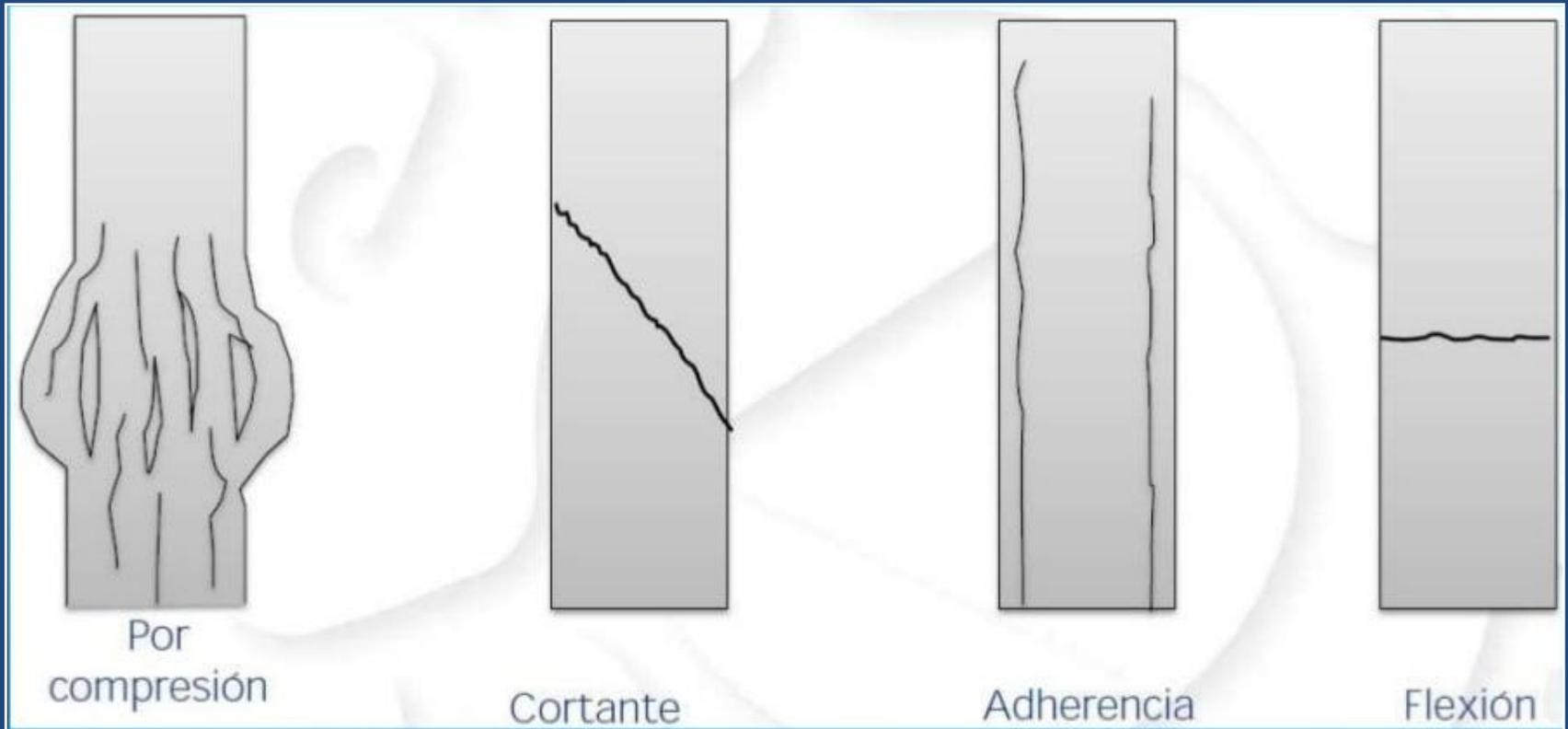
Carga superior a la prevista

Hormigón de resistencia no adecuada

Deficiente compactación del hormigón



Fisuras debidas a la acción de las cargas



Fallas debidas a
fluencia inicial del
acero, aplastamiento
del hormigón y
pandeo



Fallas por flexión



Fallas por flexión



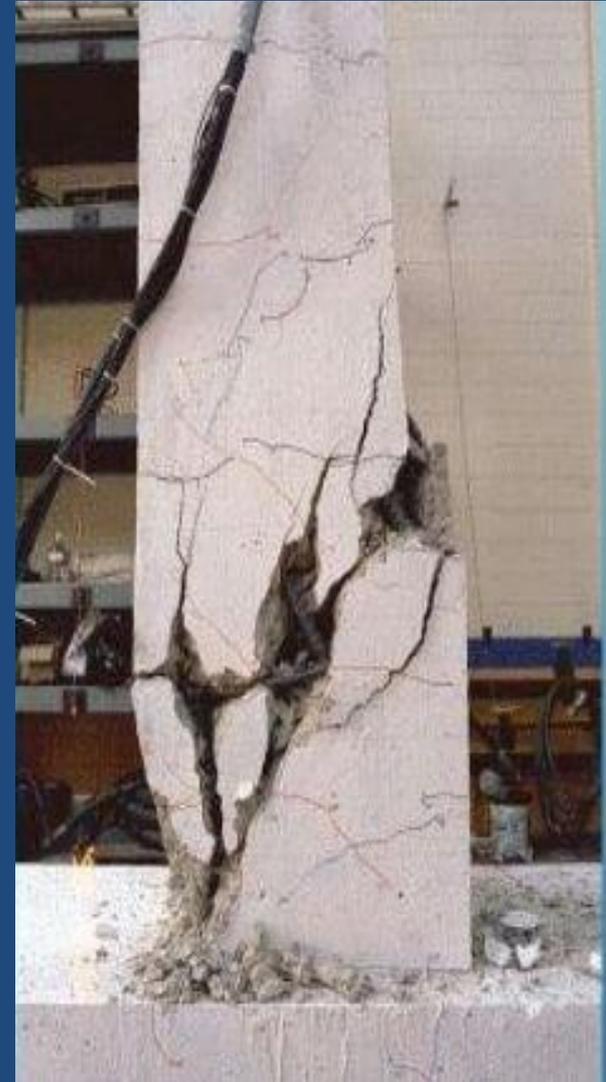
Fallas por compresión



Fallas por aplastamiento por compresión



Fallas por esfuerzo cortante



Efecto columna corta



Falla por desprendimiento del recubrimiento



Falla por pandeo de barras comprimidas

Fallas por flexocompresión



Falla por unión
encuentro viga-
columna (articulación
plástica)



Fisuras debido a la acción de las cargas en vigas por flexión

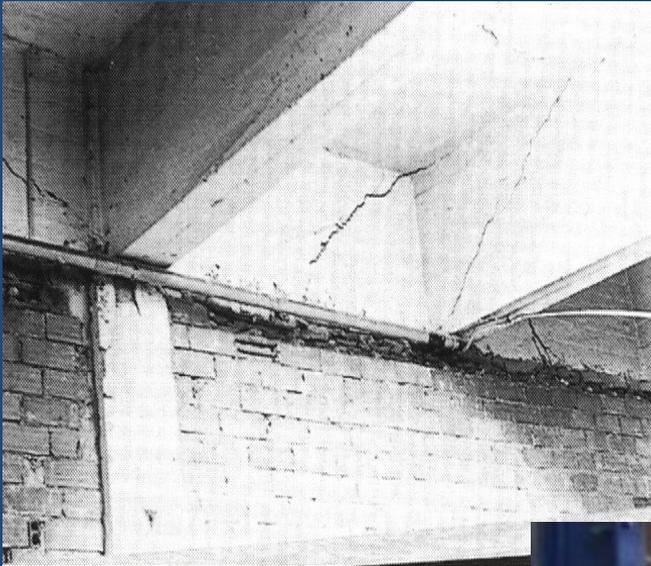


CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

- ✓ Sobrecargas no previstas
- ✓ Armadura insuficiente
- ✓ Anclaje insuficiente
- ✓ Armadura mal posicionada en el proyecto o en la ejecución



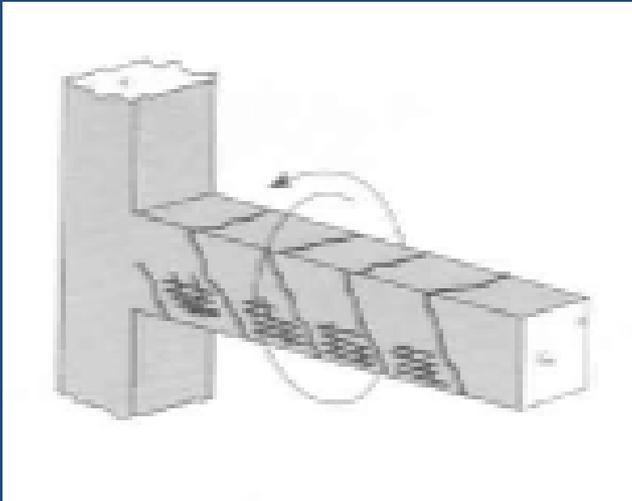
Fisuras debido a la acción de las cargas en vigas por corte



- ✓ sobrecargas no previstas
- ✓ estribos insuficientes
- ✓ estribos mal posicionados en el proyecto o en la ejecución
- ✓ hormigón de resistencia no adecuada

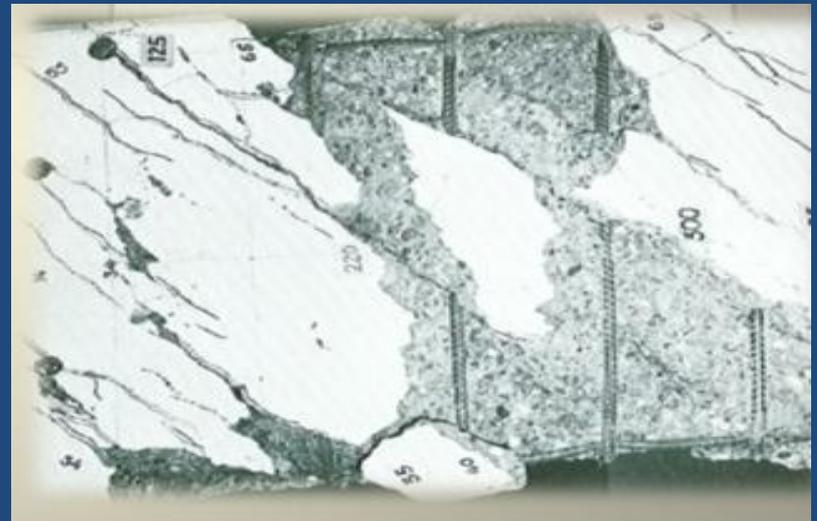
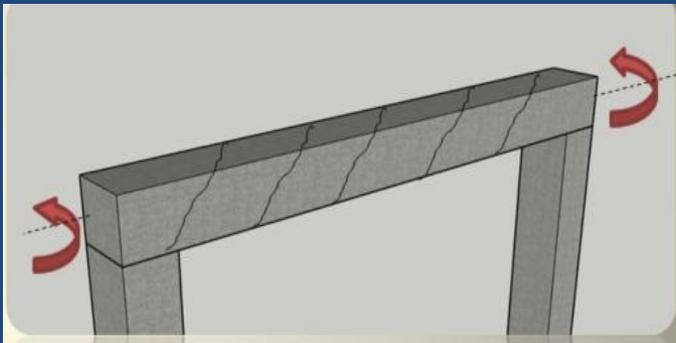


Fisuras debido a la acción de las cargas en vigas por torsión

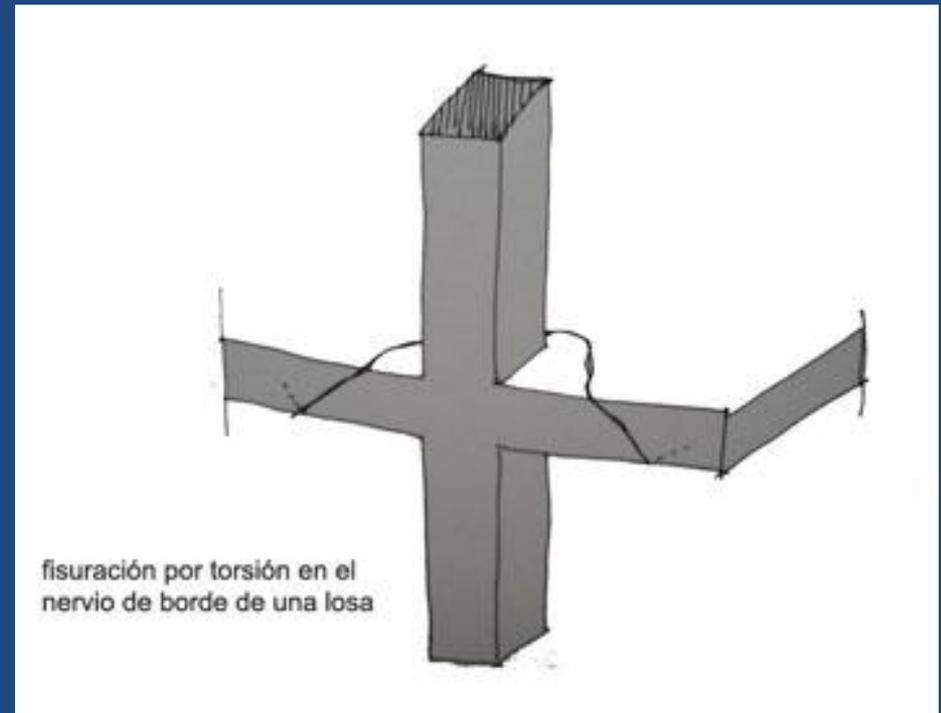


CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO:

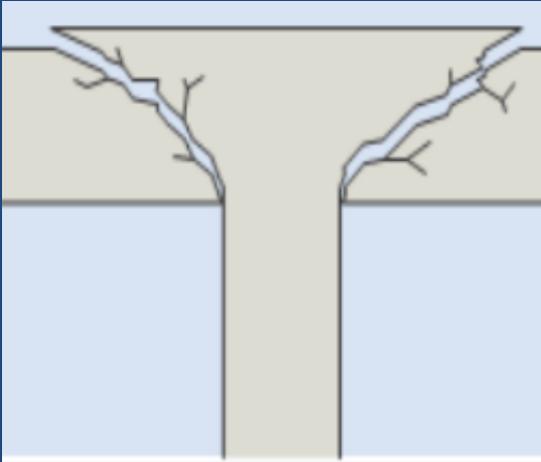
- ✓ Sobrecargas no previstas
- ✓ Armadura insuficiente
- ✓ Armadura mal posicionada en el proyecto o en la ejecución
- ✓ No consideración del efecto torsor (sección no suficiente)



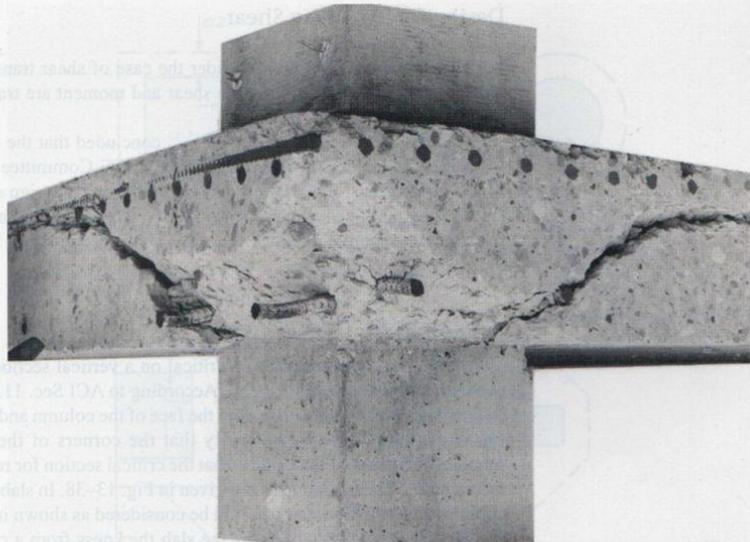
Fisuras debido a la acción de las cargas en vigas por torsión



Punzonado



PUNZONADO: UN TIPO DE FALLA FRAGIL



Errores de uso

Sobrecargas, cambios de uso, almacenaje, aglomeraciones de personas



En la foto, vista interior del edificio cuyo entresuelo se desmoronó por sobrecarga de personas en una celebración en Jerusalén.