

ESTIMACIÓN DE LA SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN AFECTADAS DE SÍNTOMAS PATOLÓGICOS.

Publicación del Instituto Eduardo Torroja – CSIC

<http://aaende.org.ar/wp-content/uploads/2018/04/Limitaciones-y-aplicaciones-de-los-END.pdf>

http://www.sismlab.com/doc/IXCORENDE_Trabajo_Porco_Romano_Valer_Montero.pdf

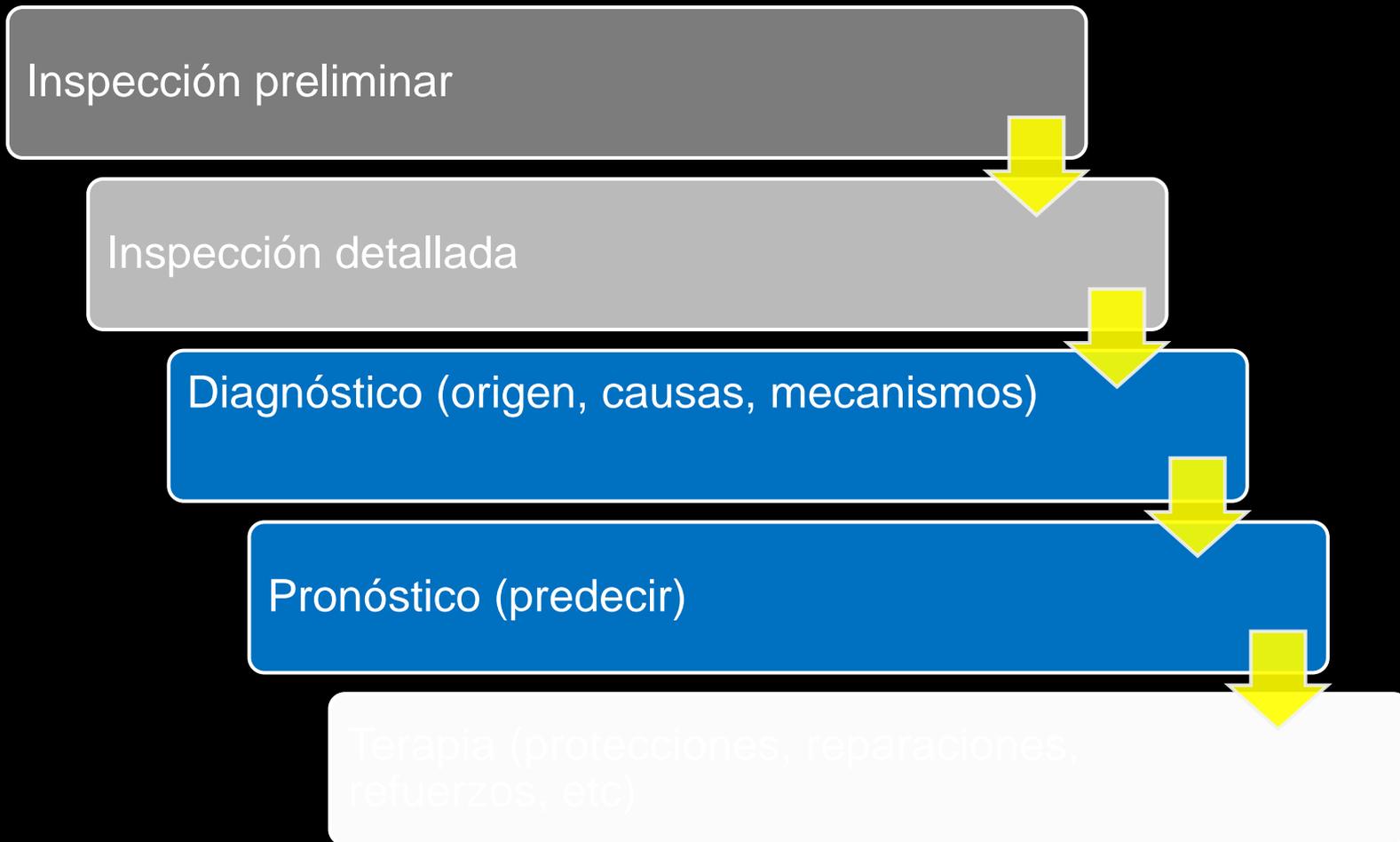
Desempenho de las construcciones

Tabela C.5 – Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)*

Sistema	VUP anos		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥25	≥ 30

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

Problemas patológicos

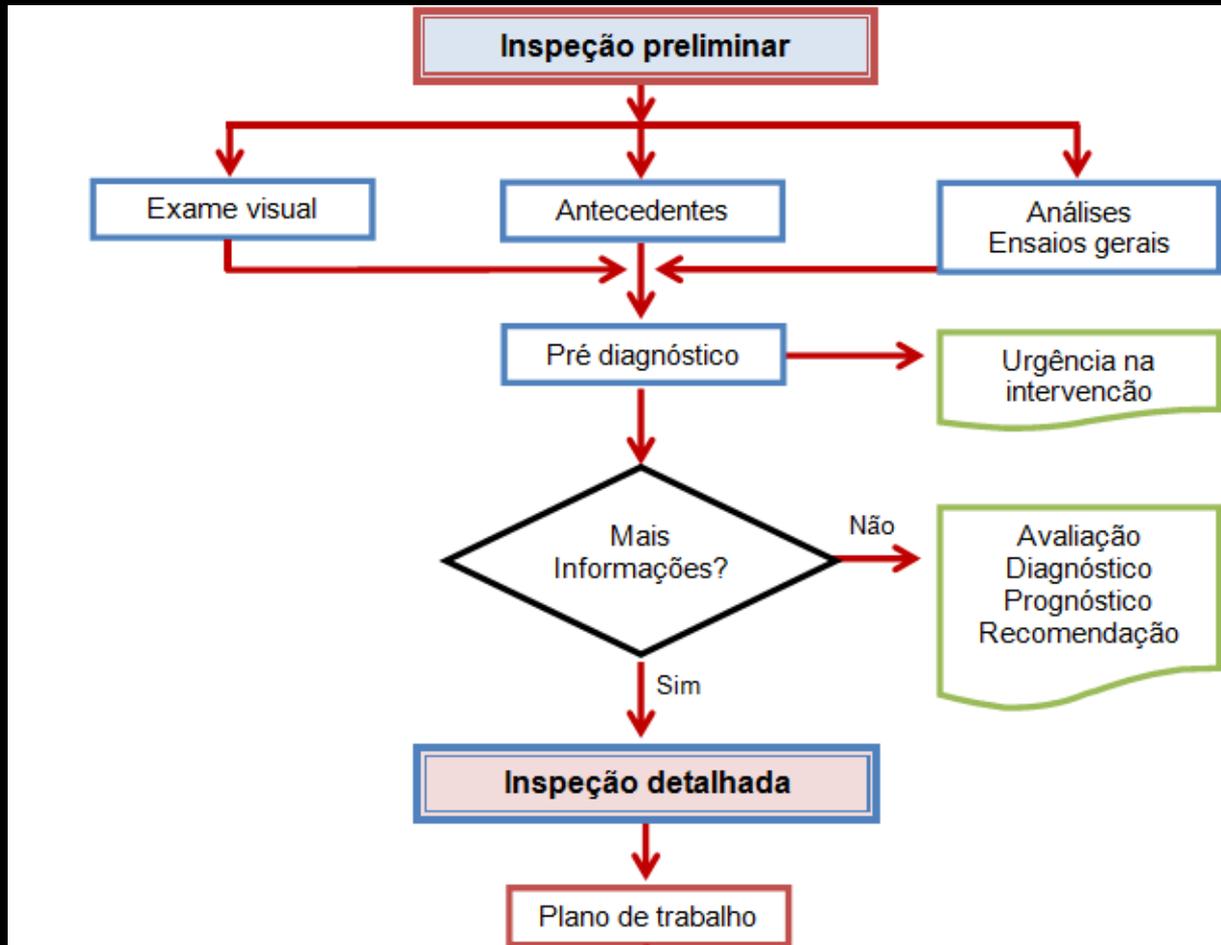


SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

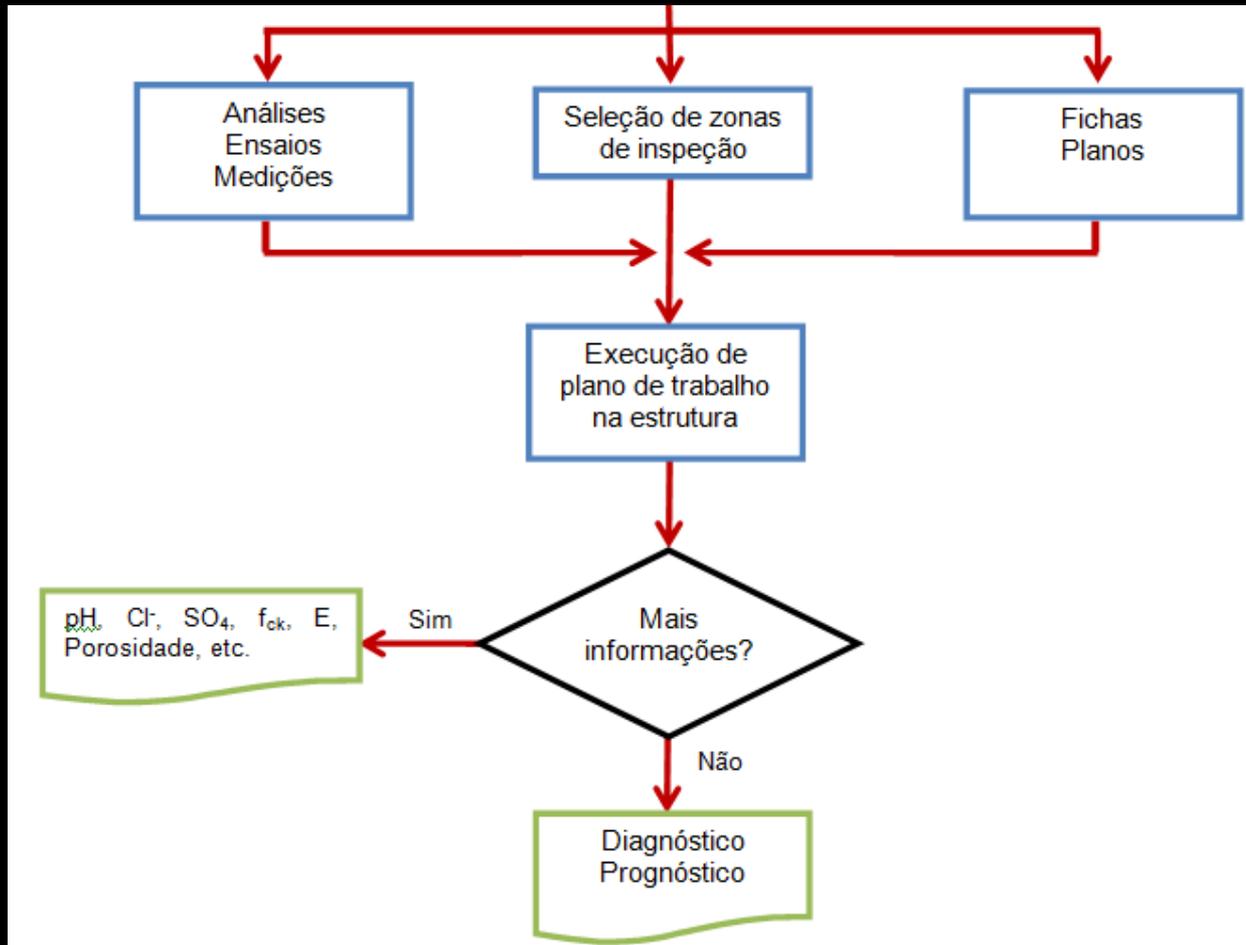
Inspección

Es una suma de actividades técnicas especializadas que comprenden elementos, proyecto y construcción o examen minucioso de la construcción, la elaboración de informes, evaluación del estado de la obra y recomendaciones que pueden ser de, de obras de mantenimiento, de refuerzo o de rehabilitación de la estructura (Helene 2007).

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.



SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.



SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Inspección detallada:

- ✓ Fichas, croquis y planos de relevamiento de daños;
- ✓ Plano de detalles
- ✓ Tabla de tipificación de daños;
- ✓ Técnicas de ensayos/medición/análisis adecuado;
- ✓ Zonas donde se debería hacer el ensayo;
- ✓ Planificación de materiales y equipamientos.

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Fisuración y defectos visibles	Inspección visual por personal capacitado. Lupas o microscopios ópticos portátiles. Medidores y seguidores de actividad de fisuras.
Estimación de resistencia del hormigón	Dureza de rebote (esclerómetro). Velocidad de onda ultrasónica (ultrasonido). Penetración (por ejemplo, <i>Windsor test</i>). Arrancamiento (por ejemplo, <i>pull-out test</i>).
Detección de armaduras	Pachómetro o detector de armaduras. Radiografía, tomografía o gammagrafía.
Defectos ocultos	Ultrasonido con osciloscopio y métodos por impacto. Radiografía, tomografía o gammagrafía.
Capacidad resistente de estructuras	Ensayos de carga directa sobre estructuras. Caracterización de materiales (acero y hormigón) mediante la extracción y ensayo de muestras y testigos.

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

a) en el hormigón:

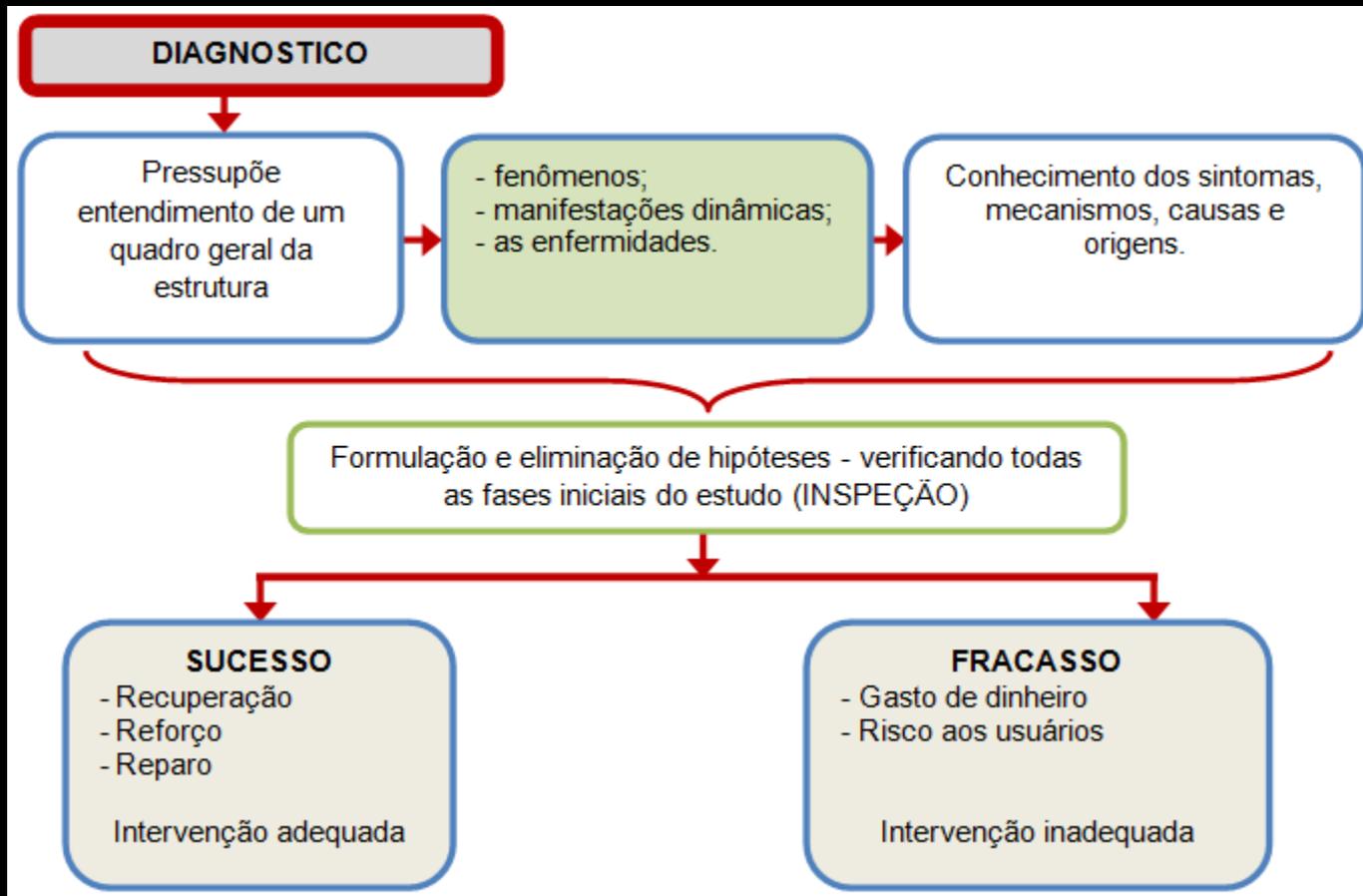
- ✓ Resistividad
- ✓ Evaluación de la dureza superficial a través de **esclerometría**
- ✓ Determinación de la velocidad de propagación de onda con **ultrasonido**
- ✓ Profundidad de carbonatación
- ✓ Penetración de cloruros
- ✓ Resistencia de compresión
- ✓ Porosidad

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

b) en el acero:

- ✓ Localización y espesor del recubrimiento, a través de **pachometría**
- ✓ Pérdida de diámetro y su límite elástico
- ✓ Medición de potencial de corrosión
- ✓ Medición de velocidad de corrosión

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.



SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Pronóstico

Después de establecido el diagnóstico de la patología, se pasa a la definición de la acción a seguir, esto es, elegir la medida que se adopte para el caso.

Antes que se tome cualquier decisión, es necesario que se analicen las hipótesis de evolución del problema, es decir, un pronóstico del caso.

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Pronóstico

Este estudio es importante, no solamente para casos simples de diagnóstico y reparaciones evidentes, sino para problemas complejos difíciles de ser solucionados, porque en diversos casos la solución de resolución es remota, siendo necesario adoptar medidas

SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Pronóstico

En función del pronóstico el especialista define el objetivo de la intervención que podrá ser:

- **Erradicar la enfermedad**
- **Impedir o controlar su evolución**
- **No intervenir**

En el caso de la no intervención, el patólogo debe estimar el tiempo de vida de la estructura, limitar su utilización y, cuando sea necesario, indicar su demolición, siendo esta la última alternativa

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos estructurales

1. Pruebas de carga.
2. Monitorización de la estructura
3. Ensayos dinámicos vibratorios
4. Ensayos a rotura

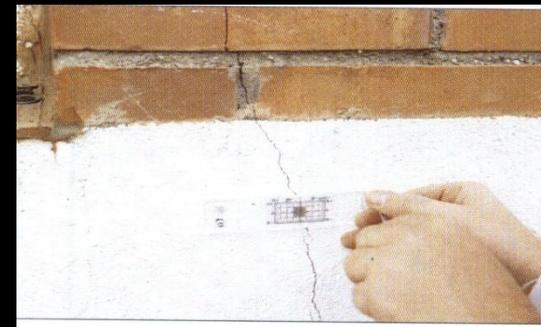
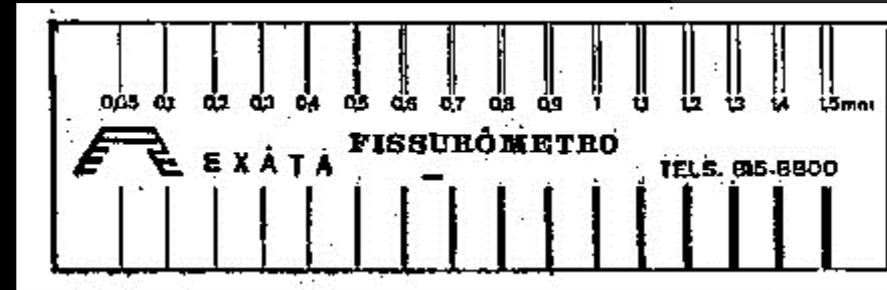


TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

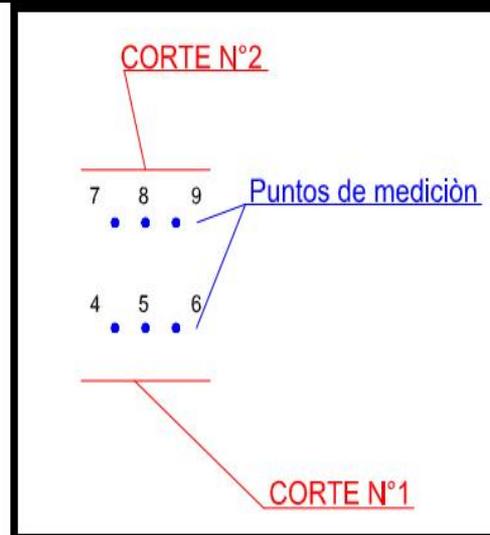
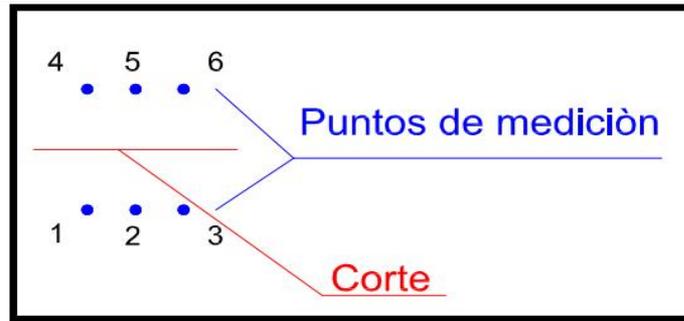
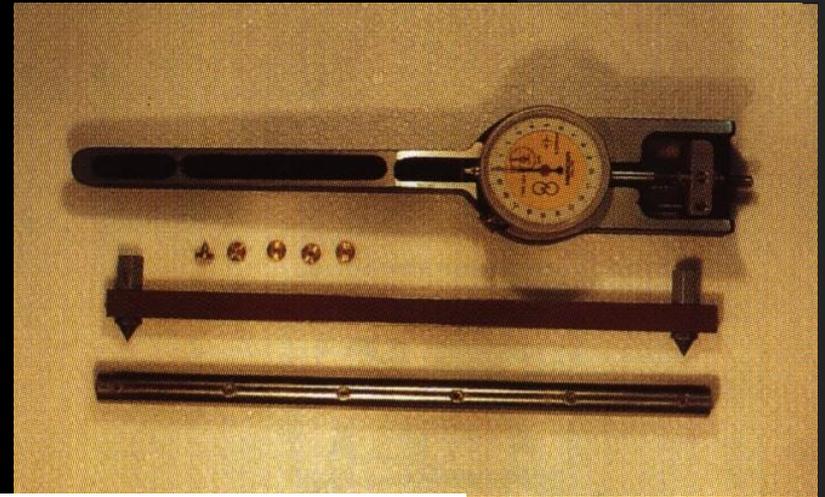
Ensayos estructurales

Se miden las siguientes magnitudes:

- Las flechas, mediante dispositivos mecánicos, ópticos y eléctricos.
- Las aceleraciones, mediante acelerómetros.
- El ancho de fisuras, mediante microscopios ópticos y reglas de comparación.
- Las deformaciones unitarias, con dispositivos mecánicos y con *strain gages* que miden los *alargamientos* como variaciones de resistencia eléctrica.



TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO



Ensayos para el diagnóstico

Ensayos de Evaluación

Ensayos no destructivos:

- Ningún END determina directamente la resistencia a compresión del hormigón.
- En caso de bajas resistencias, los testigos calados no pueden ser totalmente reemplazados por END.
- Los END siempre presentan una variabilidad e incertidumbre apreciable y para tener en cuenta.

Ensayos semi destructivos

Durabilidad

Comportamiento estructural

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos físicos

1. Determinación de la resistencia

Extracción y ensayo de probetas testigo

Esclerómetro (martillo Schmidt)

Ultrasonidos

Resistencia del hormigón: *pull-out*,
break-off



Ensayos no destructivos

Ensayo de arrancamiento de la película de pintura



ASTM D 4541-Pull Off Strength of coatings
using Portable Adhesion Tester

Ensayos no destructivos

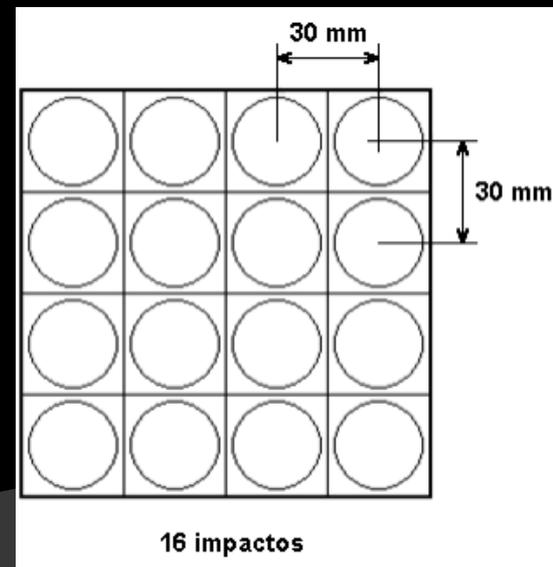
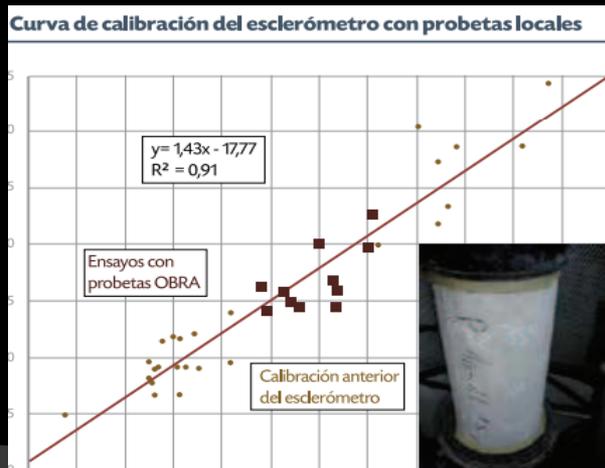
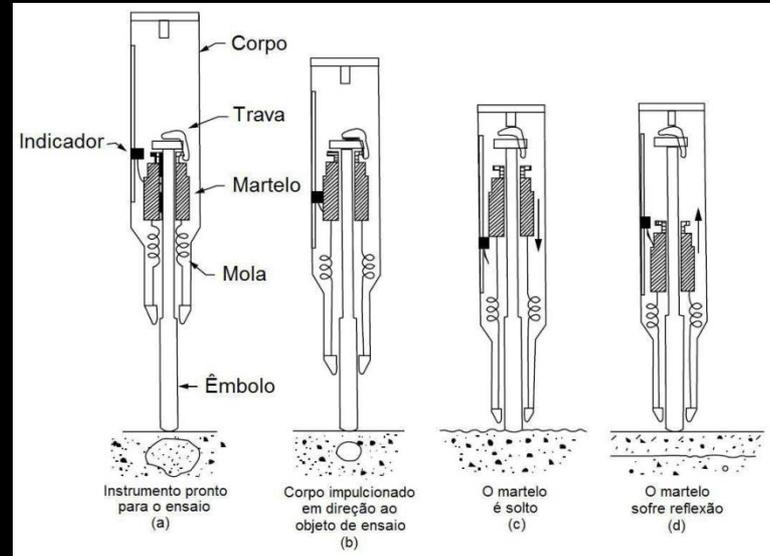
Ensayo de arrancamiento de revoques



ABNT NBR 13528:2010 Determinación de adherencia a

Ensayos no destructivos

Esclerometría



TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos físicos

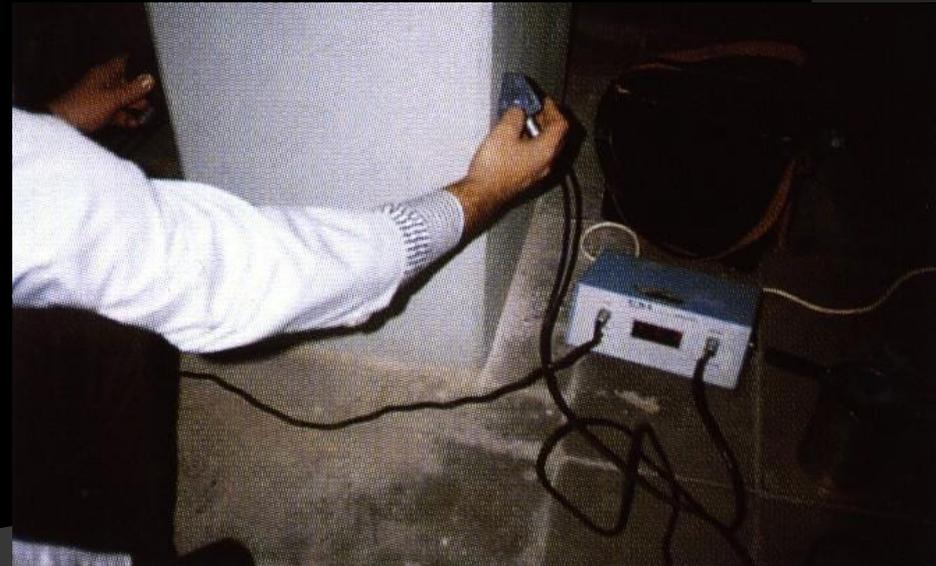
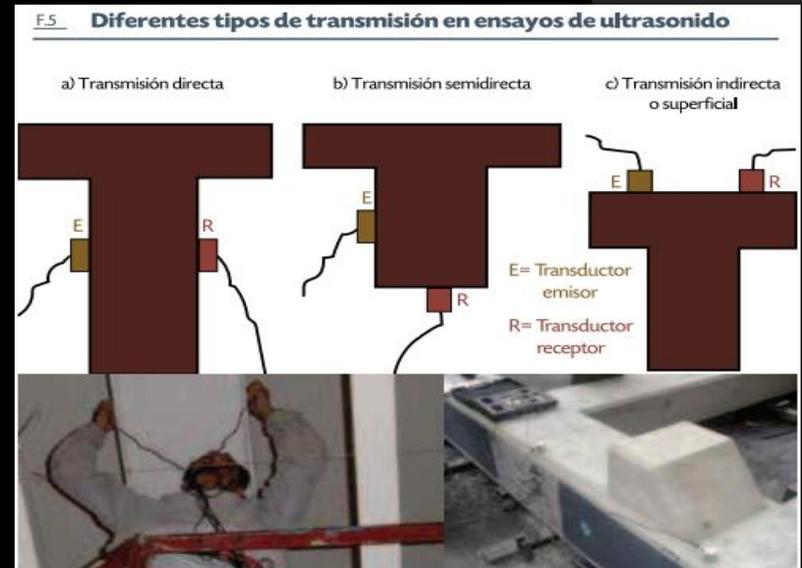
2. Detección de coqueas

Ultrasonidos

Radiografías

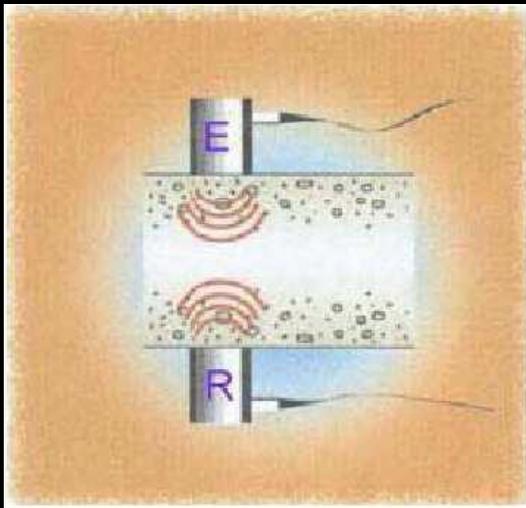
Gammagrafías

Aparatos de radar

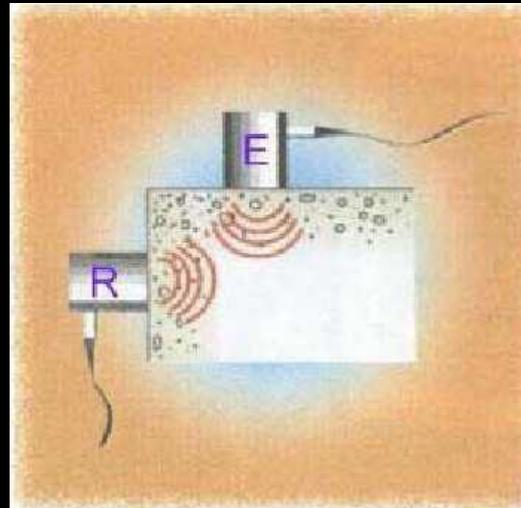


Ensayos no destructivos

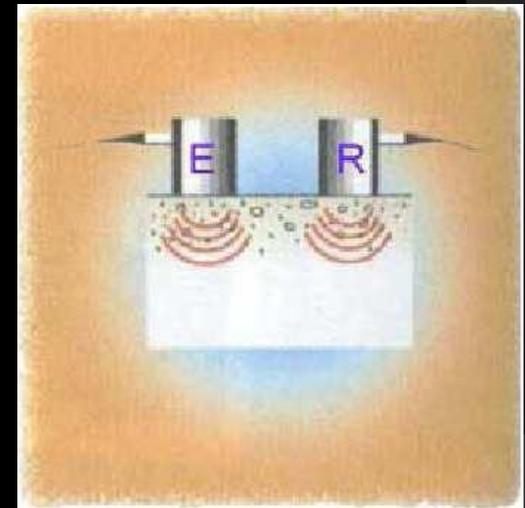
Ultrasonido



Trasmisión directa



Trasmisión semidirecta



Trasmisión indirecta

Ensayos no destructivos

Ultrasonido

Velocidade propagação linear (m/s)	> 4500	3600 à 4500	3000 à 3600	2100 à 3000	< 2100
Qualidade do concreto	excelente	bom	aceitável	má	muito má

Cánovas, 1988

Ensayos no destructivos

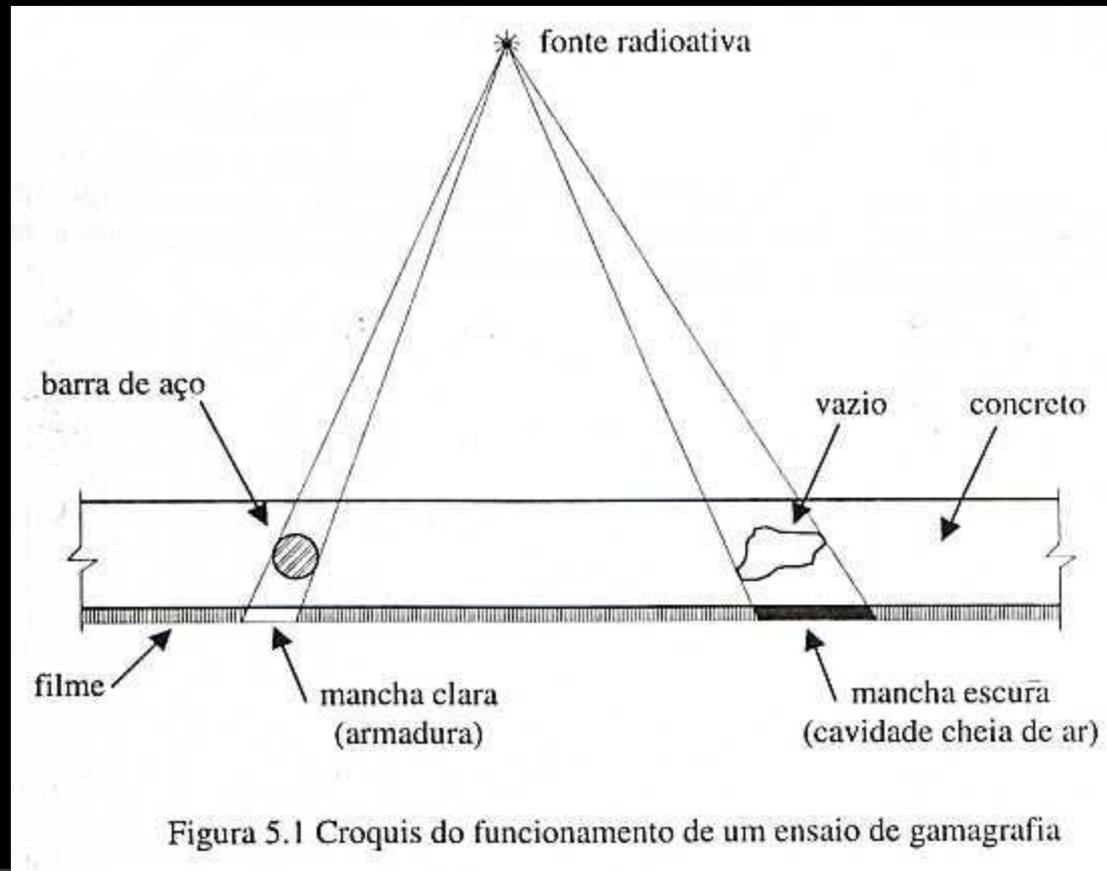
Gamagrafía

Utiliza fuentes radioactivas para irradiar un hormigón y obtener una imagen radiográfica indicando la posición y naturaleza de elementos inmersos en el mismo (armadura, vacíos, etc).

Uno de los mayores inconvenientes que presenta es que es bastante voluminoso y complejo el equipo

Ensayos no destructivos

Gamagrafía



TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos físicos

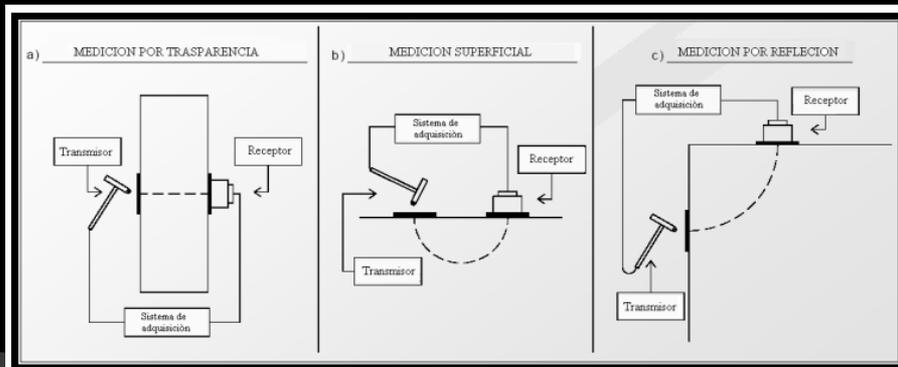
3. Localización de armaduras

Pachómetro

Medición del eco

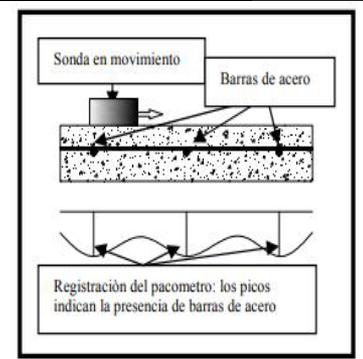
por impacto

Rayos X



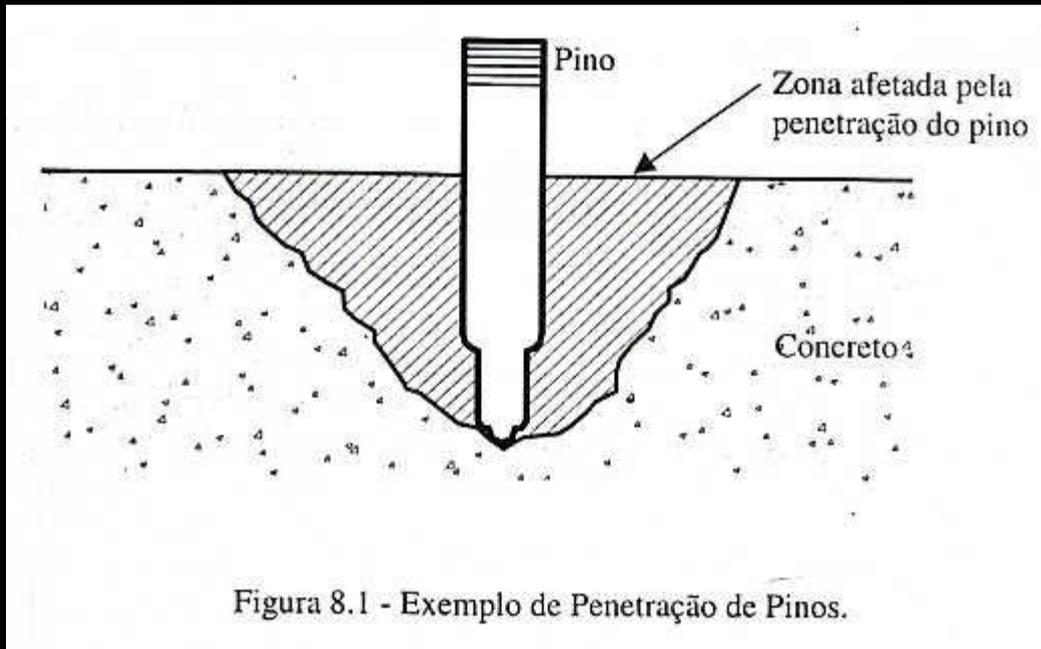
Ensayos no destructivos

Pachometría



Ensayos semi destructivos

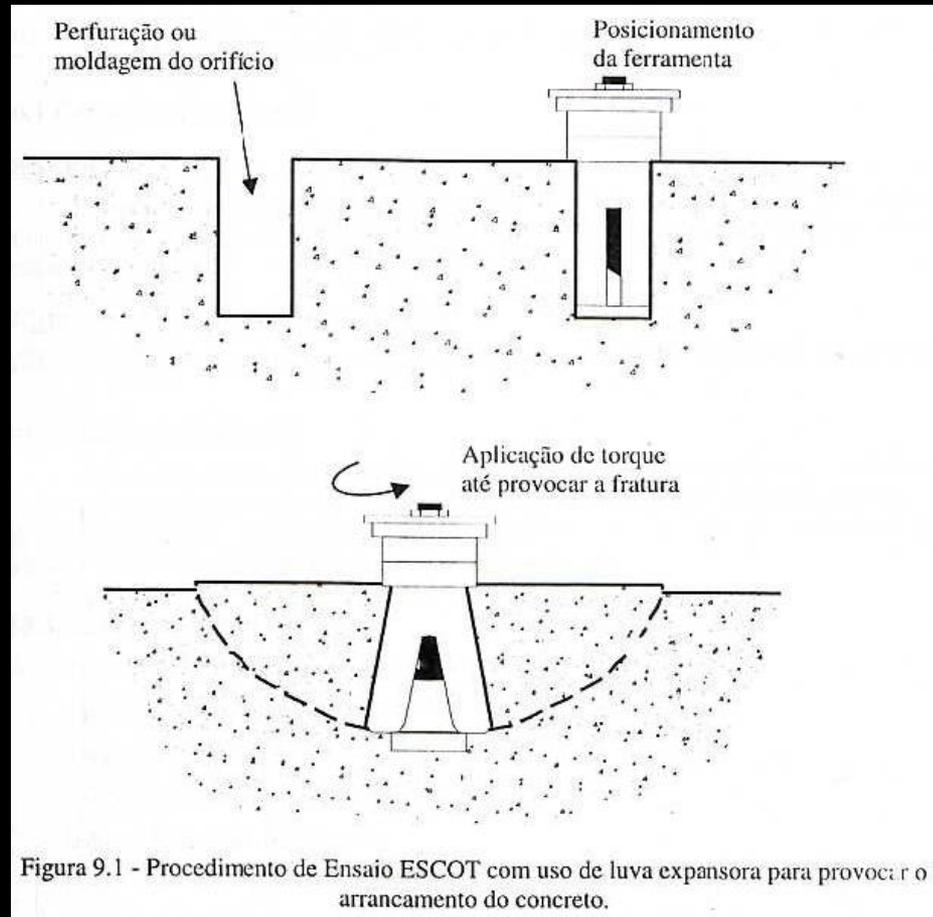
Penetración de puntas



Ensayos semi destructivos

Arrancamiento

La resistencia al arrancamiento puede ser entendida como el cociente entre la fuerza de arrancamiento y el área teórica lateral del tronco del cono del hormigón arrancado



Ensayos semi destructivos

Extracción de testigos de hormigón



TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos químicos y electroquímicos

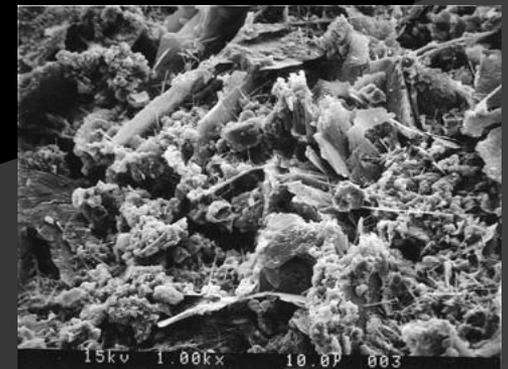
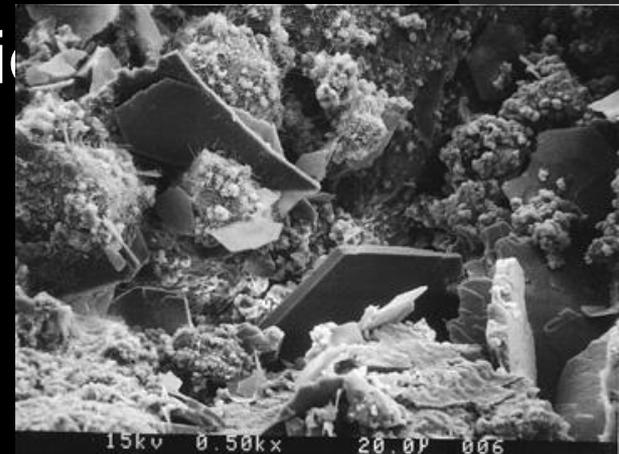
1. Determinación de la dosificación

Contenido del cemento y relación
áridos/cemento

Relación agua/cemento

2. Tipo de cemento

Espectrofotometría



SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Informes, dictámenes y peritajes

informe (*término paralelo al análisis clínico*) *la descripción objetiva* del estado de una estructura, efectuada por un técnico competente, tras un reconocimiento o inspección de la misma (precedido a su vez de la recogida y estudio de la documentación existente).

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos físicos

4. Permeabilidad y difusión de gase

Absorción del agua

Permeabilidad al agua

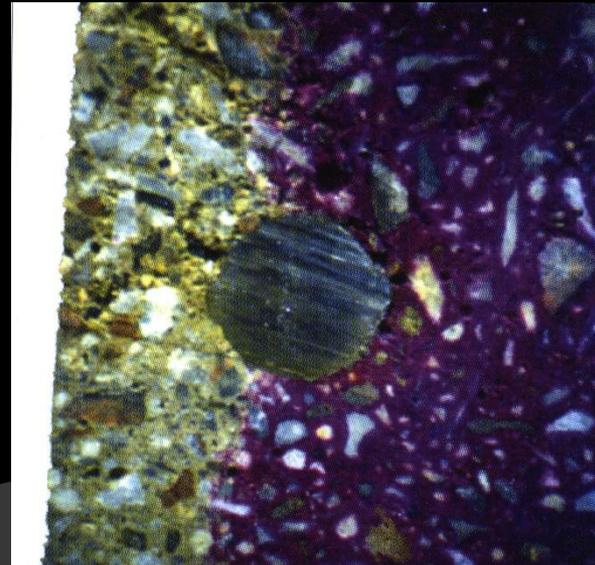
Difusión de gases



TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Ensayos químicos y electroquímicos

3. Contenido de cloruros
4. Profundidad de carbonatación
5. Potencial eléctrico entre la superficie y las armaduras
6. Resistividad



SEGURIDAD RESIDUAL EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON PROBLEMAS PATOLÓGICOS.

Informes, dictámenes y peritajes

dictámenes (*análogos a los diagnósticos médicos*), se basan en los informes pero incluyen la valoración subjetiva del técnico autor: expresan sus criterios y opiniones personales, definen las posibles causas de los daños y emiten un juicio crítico sobre la gravedad de la situación y sobre la posible evolución futura de la misma.

INFORMES, DICTÁMENES Y PERITAJES

peritaje es un *dictamen* que incluye una propuesta concreta de medidas de actuación.

Casos en que son necesarios:

- ⊙ ***La aceptación de estructuras en ejecución***, en las que se ha detectado una caída de resistencia de alguno de los materiales, o bien un defecto de proyecto o de ejecución.
- ***La inspección rutinaria de estructuras***, siguiendo el plan de mantenimiento.

INFORMES, DICTÁMENES Y PERITAJES

Casos en que son necesarios:

- **La existencia de deterioros** (visibles o sospechados) **estructurales causados por ataques debidos al ambiente externo** (carbonatación del hormigón, corrosión de armaduras, efectos producidos por ciclos de hielo/deshielo, etc).
- **La existencia de deterioros** (visibles o sospechados) **estructurales causados por ataques procedentes del interior del hormigón** (cemento aluminoso, reacción árido álcali, presencia de áridos inadecuados, etc.).

INFORMES, DICTÁMENES Y PERITAJES

Casos en que son necesarios:

- ***La existencia de lesiones y daños causados por cargas:***

Cargas accidentales no consideradas en el proyecto (fuego, explosiones, choques de vehículos, etc.).

Cargas excepcionales consideradas en el proyecto, que han producido daños superiores a los previstos (sismo, inundación, huracanes, etc.).

Cargas excesivas (consideradas en el proyecto, pero con valores menores a los que realmente han actuado).

INFORMES, DICTÁMENES Y PERITAJES

Casos en que son necesarios:

- ⊙ ***El estudio del posible cambio de uso de la estructura***, o de su uso para sobrecargas más altas que las previstas en proyecto.
- ⊙ ***El estudio de posibles cambios estructurales***, como la supresión de elementos (pilar en planta baja), el aumento del número de plantas, etc.
- ⊙ ***Una combinación de varias de las situaciones anteriores.***

PRINCIPALES OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

1. Determinar la naturaleza, extensión y posibles causas de las lesiones y delimitar las responsabilidades en las fases del proceso constructivo.
2. Averiguar si la estructura, en su situación actual, es capaz de seguir cumpliendo los requisitos resistentes y funcionales para los que fue proyectada con la suficiente seguridad y durabilidad.

PRINCIPALES OBJETIVOS DE LOS ESTUDIOS DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

3. Determinar si es posible utilizarla en condiciones de uso ampliadas.
4. Determinar a qué nuevas condiciones de uso restringidas podría hacer frente con la suficiente seguridad y durabilidad.
5. Determinar la vida útil residual, en los casos de deterioro por problemas de durabilidad.

DIFICULTADES DE LOS ESTUDIOS DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

- ⦿ La falta de instrucciones, normas, recomendaciones, guías y publicaciones técnicas en general.
- ⦿ La diversidad de casos y situaciones posibles, análoga a la que encuentran los médicos.
- ⦿ Los inconvenientes económicos, sociales y medioambientales de la demolición y sustitución de las estructuras.

DIFICULTADES DE LOS ESTUDIOS DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

- La dificultad de obtención de una información completa o al menos suficiente sobre la estructura existente
- La dificultad de aplicación de los métodos y técnicas de reconocimiento y ensayo actuales y de la interpretación de sus resultados
- La necesidad de suplir las lagunas en la información disponible aplicando la experiencia y el criterio propios y personales de los técnicos

DIFICULTADES DE LOS ESTUDIOS DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

- ⦿ La dificultad de valorar la incidencia de los defectos estructurales.
- ⦿ La necesidad de llegar a una valoración realista de la situación.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

- a. recogida de documentación
- b. inspección preliminar
- c. estudio de detalle
- d. análisis estructural
- e. presentación de resultados
- f. redacción de conclusiones
- g. recomendaciones de actuación

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

a. Recogida de documentación

1. Encargo y datos previos al proyecto
2. Proyecto, la memoria y en especial el anexo de cálculo, el pliego de condiciones y el presupuesto.
3. Materiales, incluyendo los resultados de los ensayos de control de fabricación y recepción en obra.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

a. Recogida de documentación

4. Ejecución, incluyendo los planos de obra y el libro de órdenes, así como cualquier documentación relacionada con las modificaciones efectuadas sobre el proyecto.
5. Uso de la estructura, incluyendo la historia del uso dado a la estructura, la realización de obras menores
6. Mantenimiento, incluyendo la documentación existente sobre inspecciones, peritajes y actuaciones sobre la estructura.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

b. Inspección preliminar:

1. Establecimiento del esquema estructural y del funcionamiento general de la estructura.
2. Selección de técnicas a aplicar.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

b. Inspección preliminar:

4. Localización de posibles zonas patológicas:

- Zonas con tensiones elevadas (apoyos, nudos, centros de vano, etc.).
- Zonas débiles y propensas a coqueras.
- Zonas sensibles a deterioros físicos y/o químicos.
- Zonas con fisuras y desperfectos aparentes.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

c. Estudio de detalle

- ***Definición de las dimensiones generales de la estructura***, y de las de los elementos y secciones de la misma, así como la evaluación precisa de las cargas permanentes.
- ***Estudio de las calidades y resistencias de los materiales***
 - La variabilidad de resistencias en los distintos materiales estructurales
 - La influencia de la resistencia del material en la capacidad del elemento
 - La responsabilidad resistente del elemento considerado
 - La fiabilidad de los métodos y técnicas utilizados

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

c. Estudio de detalle

- ***Detección y estudio de coqueras y zonas deterioradas***
- ***Definición del armado.***



RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

d. Análisis estructural

- Las causas de los daños estructurales.
- La importancia de los mismos.
- Su evolución previsible con el tiempo.
- Su posible repercusión en la seguridad de la estructura.
- El comportamiento futuro de la estructura.
- La seguridad residual de la misma.
- Su vida útil probable.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

e. Presentación de resultados

- Presentar los resultados en forma de tablas de fácil interpretación.
- Utilizar gráficos y esquemas alternativos a las tablas, para facilitar la visualización de grandes cantidades de datos.
- Incluir un análisis estadístico de los resultados.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

f. Interpretación de resultados

La fiabilidad de los resultados experimentales, depende de:

- La precisión del equipo usado.
- La experiencia de los operarios que lo utilizan.
- La repetibilidad del ensayo.
- El número de muestras ensayadas.
- El tamaño de las probetas.
- La correlación de la magnitud medida con la propiedad mecánica, física o química estudiada.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

g. Diagnóstico y conclusiones

Sobre la base de dichas conclusiones acerca de la importancia de los daños y sus causas, es posible, en general:

estimar la seguridad residual de la estructura, predecir su comportamiento futuro y, evaluar su vida útil, en relación con los requisitos considerados.

h. Recomendaciones de actuación

Posibles acciones a tomar:

Estructura adecuada: no hacer nada

Resultados no suficientemente concluyentes:

estudio ampliado y realización de un nuevo peritaje.

Síntomas de problemas de durabilidad, de

importancia menor pero que pueden aumentar con el transcurso del tiempo:

- ➔ **monitorización de la estructura**
- ➔ **vigilancia de la misma**
- ➔ **posible formulación de un plan de inspecciones periódicas**

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

h. Recomendaciones de actuación

Posibles acciones a tomar:

Defectos locales de menor, importancia: corrección de los mismos.

Defectos extendidos de cierta importancia, pero que no afectan seriamente a la seguridad estructural: reparación de los mismos.

Defectos importantes que afectan a la seguridad: refuerzo de la estructura.

RECONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y ELABORACIÓN DEL PERITAJE

h. Recomendaciones de actuación

Posibles acciones a tomar:

Defectos importantes de reparación imposible o excesivamente costosa: limitación de la estructura (uso restringido, sobrecargas limitadas, etc.).

Defectos muy importantes, de reparación imposible o excesivamente costosa: demolición y sustitución de la estructura.

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Análisis estructural y estimación de la seguridad residual

1. **Métodos probabilistas y semiprobabilistas**

$S > R$ no excede una probabilidad de ruina prefijada,

2. **Análisis de esfuerzos**

Se utilizan los modelos de análisis no lineal de estructuras

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

Análisis estructural y estimación de la seguridad residual

3. **Cálculo de solicitaciones resistentes**

Para el cálculo de las solicitaciones resistentes conviene usar métodos afinados.

4. **Fijación y estimación de los coeficientes parciales**

El valor del coeficiente de mayoración de acciones γ_f : que puede aceptarse en el peritaje de una estructura existente dependerá de la responsabilidad del elemento estructural, del nivel de la investigación desarrollada y de la existencia de síntomas de aviso previos al fallo del elemento.