



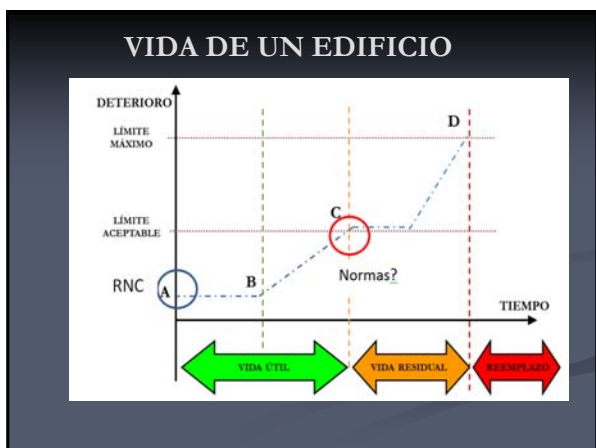
**Primer Seminario Internacional
 PATOLOGÍA Y TERAPÉUTICA DEL
 CONCRETO**
 05 y 06 Diciembre 2014

NORMATIVIDAD Y ENSAYOS EN CONCRETO

Daniel Torrealva Dávila

INTRODUCCION

Hay construcciones que presentan manifestaciones patológicas de significativa intensidad e incidencia, acompañadas de elevados costos para su rehabilitación. Siempre se comprometen los aspectos estéticos y en la mayoría de los casos, se reduce la capacidad resistente, pudiéndose llegar en ciertas situaciones, al colapso parcial o total de la estructura.



Existe en general un déficit de normatividad con respecto a la rehabilitación de estructuras, y en nuestro medio ese déficit es absoluto.

Existen documentos de organizaciones internacionales que se pueden utilizar como referencia para una intervención estructural apropiada.

Guías y estándares disponibles para la intervención estructural

- ACI (American Concrete Institute)
- ASCE (American Society of Civil Engineers)
- FEMA (Federal Emergency Management)
- EURO-CODE
- IEBC (International Existing Building Code)
- ISO (International Standards Organization).

MOTIVOS PARA UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES EXISTENTES

- Evidencia de anomalías.
- Falla de algunos elementos estructurales.
- Cambio de uso (incremento de sobrecarga).
- Modificaciones arquitectónicas.
- Adecuación a reglamentos actuales (nivel de seguridad)

ANOMALIAS POR SISMOS

- En el caso de sismos, puede ser que ninguno de los anteriores haya sido la causa de anomalías o daños, sino que es una sollicitación probabilística

NORMATIVIDAD EXISTENTE

- ACI 364.1R-93 Evaluación de Estructuras de Concreto antes de su Rehabilitación.

Tiene las siguientes partes:

1. Investigación preliminar.
2. Investigación detallada.
3. Documentación.
4. Condición actual.
5. Toma de muestras y ensayo de materiales.
6. Evaluación.
7. Informe final.

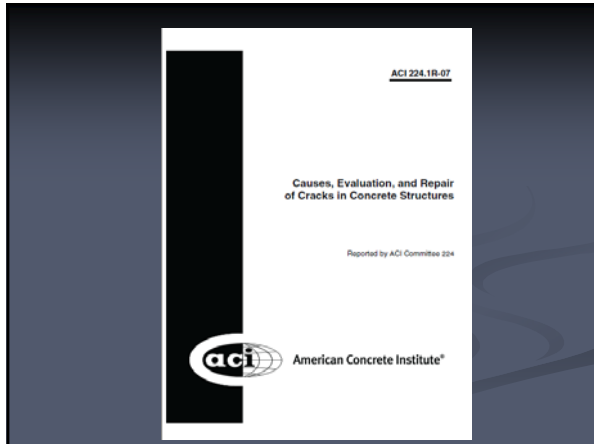
NORMATIVIDAD EXISTENTE

- ACI 437R-03 Evaluación de la Resistencia de Estructuras de Concreto.

Son evaluadas analíticamente o con el auxilio de pruebas de carga.

Se indica cuando es necesaria tal evaluación, se indican los criterios para elegir el método de evaluación y la información necesaria para ello, incluyendo documentos de construcción y datos de campo.

Se describen en detalle los métodos para determinar las propiedades mecánicas de los materiales que son necesarios para proceder con la evaluación analítica o de prueba de carga.



NORMATIVIDAD EXISTENTE

ACI 224.1R Causas, Evaluación y Reparación de Grietas en Estructuras de Concreto.

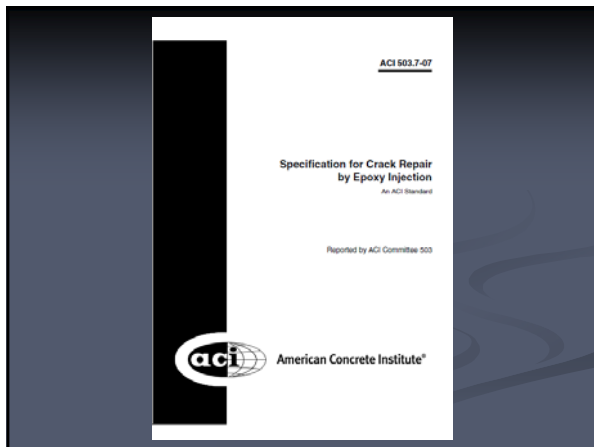
Resumen de las causas de grietas en el concreto juntamente con los métodos de control del agrietamiento.

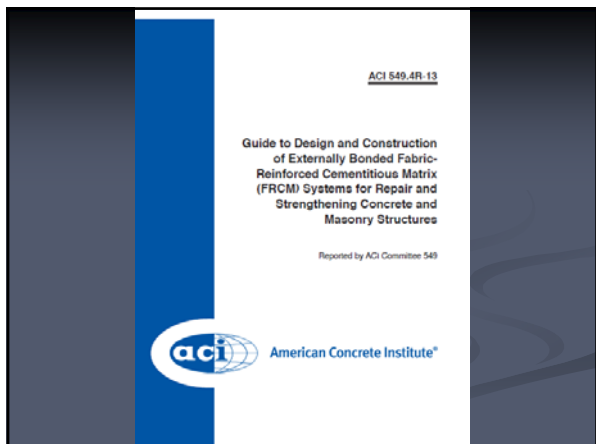
Se consideran tanto el concreto en estado plástico como endurecido.

Importancia del diseño, procedimiento de construcción, diseño de mezclas del concreto y propiedades de los materiales.

Técnicas y metodologías para evaluación de grietas.

Requisitos del análisis y de evaluación en campo.





NORMATIVIDAD EXISTENTE

- ACI 546R-04 Reparación de Estructuras de Concreto.

Es una guía para la selección y aplicación de materiales y métodos para la protección, reparación y refuerzo de estructuras existentes de concreto armado.

Preparación de la superficie del concreto existente para recibir o anclar el material de reparación.

Materiales: desde el concreto simple hasta los polímeros y epóxicos analizando sus ventajas y limitaciones.

Procedimientos para proteger el concreto de la corrosión, la abrasión el impacto u otras acciones del ambiente.

NORMATIVIDAD EXISTENTE

- ACI 546R-04 Reparación de Estructuras de Concreto.

Las técnicas de reforzamiento incluyen la determinación de las causas del mal comportamiento estructural, si el elemento esta sobrecargado o se trata de un diseño defectuoso y si necesita una reparación o reparación mas refuerzo. Se pasa luego a describir varias técnicas aceptadas de refuerzo incluyendo refuerzo interno y externo.

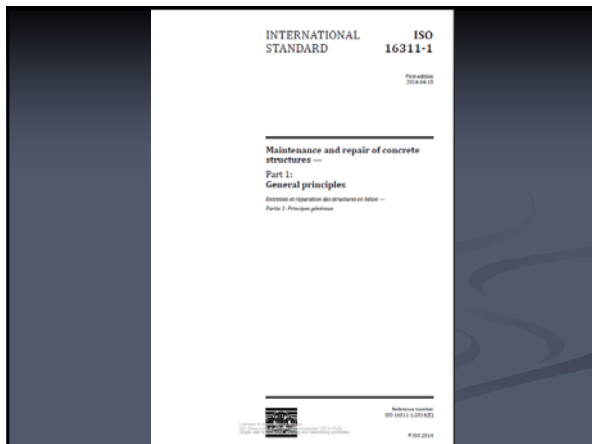
NORMAS ISO PARA REPARACIÓN

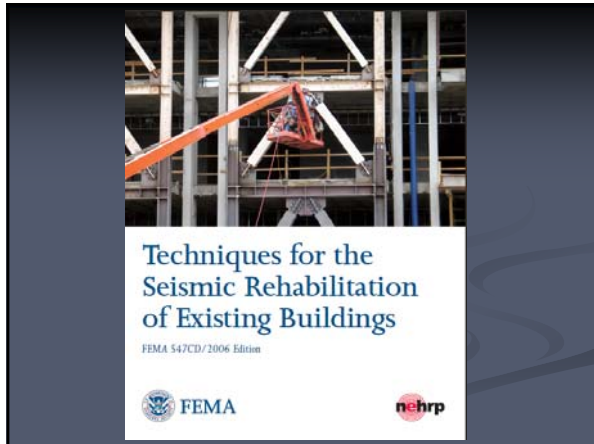
- ISO 2394 Principios Generales para la Confiabilidad de las Estructuras.
- ISO 13822 Bases para el Diseño de Estructuras – Evaluación de Estructuras Existentes.

NORMAS ISO PARA REPARACIÓN

ISO 16311 Mantenimiento y Reparación de Estructuras de Concreto.

- *Part 1: General principles*
- *Part 2: Assessment of existing concrete structures*
- *Part 3: Design of repairs and prevention*
- *Part 4: Execution of repairs and prevention*







NORMATIVIDAD EXISTENTE

- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-0.30 Diseño Sismorresistente (Capítulo VII, Artículo 24)

Evaluación, reparación y reforzamiento de estructuras.
Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en esta Norma, con la debida justificación y aprobación de la autoridad competente.

NORMATIVIDAD EXISTENTE

- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-0.60 (Capítulo 3, Artículo 4)
Investigación de los resultados dudosos (Diamantinas)
- Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-0.60 (Capítulo 6, Artículo 23)
Evaluación de estructuras (Pruebas de carga)

CRONOLOGÍA DE LOS CÓDIGOS PERUANOS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS.

- E.010 MADERA 1977 – 1989 - 1994
- E.020 CARGAS 1979 - 1985 - 1996
- E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE 1967 – 1977 - 2003
- E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES 1979 - 2006
- E.060 CONCRETO ARMADO 1977 – 1989 - 2009
- E.070 ALBAÑILERÍA 1977 – 1982 - 2006
- E.080 ADOBE 1977 – 1986 - 2000
- E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS 1977 – 2006

DETERMINACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Medida directa del valor de la resistencia a compresión del concreto que se está investigando, en la zona del elemento estructural afectada por el ensayo. Se deben considerar los siguientes requisitos esenciales que van mas allá del propio ensayo:

- Planificación previa de la campaña de ensayos
- Definición de los objetivos perseguidos en la investigación, consensuados entre los diversos agentes implicados.
- Procedimiento para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de las probetas testigo.

Probetas Testigo de Concreto Endurecido

Puede afirmarse, que el valor obtenido para la resistencia a compresión del concreto en probeta testigo, será por lo general, un fiel indicador del nivel de resistencia del elemento estructural investigado, especialmente si los testigos se ensayan con un nivel de humedad similar al que tiene el concreto de la estructura.

➤ Normativa Peruana NTE 0.60

Si los ensayos en compresión de probetas curadas en el laboratorio o en obra tienen una resistencia menor a la de diseño en 35 kg/cm^2 (y los cálculos indican que la capacidad de carga de la estructura puede estar comprometida) se deberán hacer nuevas pruebas en las zonas cuestionadas. Si el concreto de la estructura va estar en seco en condiciones de servicio, los testigos deberán secarse al aire por 7 días; pero si va estar húmedo en condiciones de servicio entonces deberán estar sumergidos no menos de 40 horas y ensayarse húmedos.

- Elección de puntos de muestreo y número de probetas testigo a extraer.

Se tomaran tres testigos por cada ensayo de resistencia en compresión (ITINTEC 339.059).

El promedio de 3 testigos es igual o mayor al 85% de la resistencia de diseño y ningún testigo menor que el 75%.

Núcleos Diamantinos

Se obtienen -con Máquina de Perforación (taladro) y broca de corona circular diamantada- de elementos estructurales, principalmente para determinar f_c . Otras propiedades del concreto endurecido que se pueden determinar incluyen:

Resistencia a Tracción por compresión diametral, Densidad, Absorción de agua, Porosidad, Inspección visual (p.e. Homogeneidad, Porosidad, Grietas), Petrografía, Carbonatación, Reacción álcali-agregado, Penetración de agentes extraños (fuego, etc)

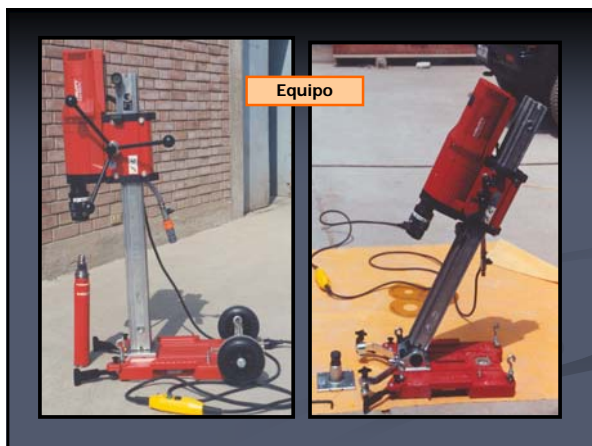


Testigos Diamantinos



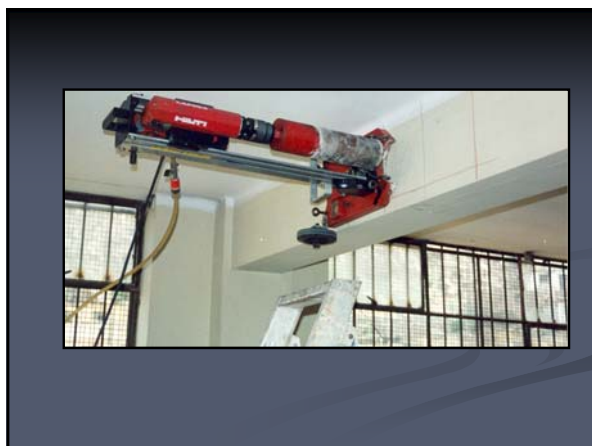












Metodología (Diamantinas)

Corte y Pulido: (1 < Esbeltez H/D < 2)

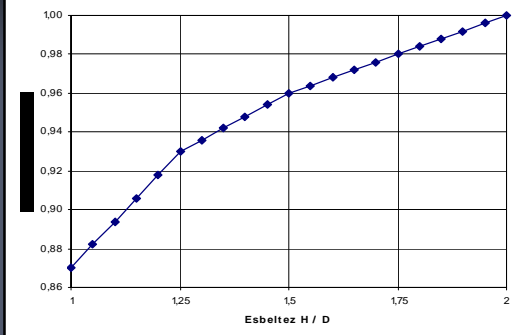


F. C. Esbeltez (Diamantinas)

H / D	Coef. Corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

[Según ASTM C 42-03 , NTP 339.059-01]

F.C.Esbeltez (L/D) - Testigos Diamantinos Concreto



F. C. Tamaño (Diamantinas)

Dimensiones DxH	% resistencia c/r a probeta de 6"x12"
2"x4"	109
3"x6"	106
6"x12"	100
8"x16"	96
12"x24"	91

[Concrete Manual U.S. Bureau of Reclamation]

Metodología (Diamantinas)

Refrentado: Aplicación de capping.



Dispositivos de Refrentado



Mediciones – Equipo Calibrado



Pesado de Testigos



Metodología (Diamantinas)

Ensayo de Compresión

Interpretación de Resultados (ACI 318, NTP E-060):
Correcciones por Esbeltez y por Tamaño, por presencia de refuerzo, dirección del extracción, etc. (factores que afectan f_c)

[ASTM C-42, BS 1881 (120), NTP 339.059]





Tipo de Falla- Testigos

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Denominación general a una serie de técnicas destinadas a inspeccionar o probar el material de un elemento o sistema estructural, sin alterar o perjudicar su empleo futuro (sin cambiar sus propiedades típicas).

Clasificación de los Ensayos No Destructivos (en función del tipo de energía que emplea)

Ultrasónicos, Vibraciones, Escleométrico, Deformación, Pequeños desplazamientos, Líquidos penetrantes, Resistencia óhmica, Inductivos, Magnéticos, Resonancia Magnética, Observación Visual, Barnices, Ultravioleta, Fotoelasticidad, Radiación Nuclear, Gammagrafía.

Las técnicas actualmente disponibles en nuestro medio, para estructuras de Concreto Armado son:

- Uniformidad y Dureza Superficial del Concreto (Esclerometría)
- Determinación del Acero de Refuerzo
- Pruebas de Carga
- Prueba de Carbonatación en el Concreto
- Contenido de Sales y Cloruros en el Concreto
- Potencial de Corrosión en la Armadura

ESCLEROMETRÍA (Ernest Schmidt, 1948)

"Esclerómetro": mide dureza superficial del concreto, bajo ciertas limitaciones. Tipo N, NR (martillo de masa conocida impacta contra la superficie de concreto; se lee el número de rebote o índice esclerométrico). Es muy sensible a variaciones locales en la superficie de concreto.



Esclerómetro

Metodología (Esclerometría)

Selección del Área de Ensayo: superficie seca, plana, lisa y uniforme. Evitar zonas ásperas, porosas o con cangrejeras.

Lectura del Rebote: para tener un buen valor promedio del índice esclerométrico es recomendable tomar 15 lecturas de rebote, a espaciamientos de 1 pulgada

Resistencia a la Compresión: ábacos del fabricante (no confiables)

[ASTM C805, BS 1881 (202), NTP 339.181]



Determinación de la Uniformidad Superficial del Concreto.

DETERMINACION DEL ACERO DE REFUERZO

"Detector de Metales": Magnéticos, Ópticos (láser), etc. (Rebar Datascan, Pachometre, Ferroskan, Profometer, etc):

- Ubicación (profundidad y espaciamento)
- Espesor del Recubrimiento
- Naturaleza del Acero (Diámetro barras)







Detector de Metales

ULTRASONIDO

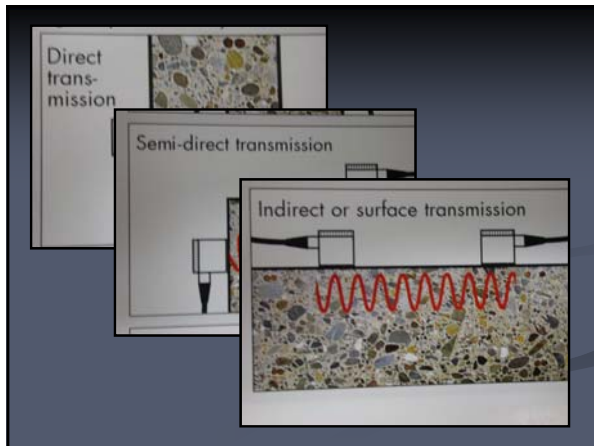
Se basa en producir ondas con transductores electroacústicos y medir la velocidad del pulso.

El equipo mide el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia desde el emisor al receptor (en el concreto).

$$v = [k E d / \rho]^{1/2}$$

$$k = (1 - v_d) / [(1 + v_d)(1 - 2 v_d)]$$





La Velocidad de Pulso en un material depende de la Densidad y de las Propiedades Elásticas (relacionadas a la Calidad y Resistencia del material):

- > Uniformidad del Concreto
- > Cavidades, Fisuras, Defectos debido al Fuego y/o Heladas
- > E, f'c del Concreto

- > Este método no está influenciado por la carbonatación, ni por la proximidad superficial de los granos de grava (piedra), como en el caso del Esclerómetro.
- > Es capaz de detectar defectos internos en profundidad en el concreto.
- > Requiere de experiencia y especialización del operador (complicado).

PRUEBAS DE CARGA

- Por dudas respecto a la seguridad de estructura
- Se necesita información de capacidad de carga en servicio de una estructura para fijar límite de carga
- Realizadas por: "Ingeniero Civil calificado"
- A los 56 días (mín.) o según acuerdo
- Para elementos en *Flexión* (Vigas y Losas)

Identificar los componentes críticos por medio del análisis: debe investigarse especialmente la *resistencia al corte* de los elementos estructurales cuestionados.



Para aplicar carga por encima del valor de diseño en servicio y medir las deflexiones producidas por esta carga (aplicada y mantenida durante un tiempo determinado)

Es necesario:

- Materializar la carga
- Sensores de Deflexión (Transductores LVDT, Reloj comparador, Nivel o teodolito)

Normatividad

Según NTE-060: (Capítulo 23: "Evaluación de Estructuras Existentes")
C.P. = 0.8 (1.4 CM + 1.7 CV) - CM existente

Metodología Pruebas de Carga

Aplicar C.P. en al menos 4 incrementos, sin ocasionar impacto ni efecto de arco.

- Inmediatamente después de aplicar la C.P. medir la Deflexión Instantánea
- Después de 24 hrs. con C.P. medir la Deflexión Inicial
- Retirar la C.P. inmediatamente después de tomar las lecturas iniciales
- Las lecturas de Def. final se tomarán 24 horas después de haberse retirado la C.P.





Validación Pruebas de Carga

Si $D > D_{m\acute{a}x}$, la recuperación de D dentro de las 24 horas siguientes al retiro de C.P. debe ser:

- 75% $D_{m\acute{a}x}$ (concreto no presforzados) y
- 80% (concretos presforzados).

Caso contrario, repetir la prueba no antes de las 72 horas de retirada la primera C.P.

No presente evidencias de falla (fisuración, desprendimiento del recubrimiento, deflexión excesiva).

PROCESO SECUENCIAL

Los participantes principales en un programa de reparación son el propietario y el consultor quienes deciden en común las opciones técnicas y financieras en cada paso.



A continuación se presentan los pasos con los aspectos técnicos y no técnicos que se deben considerar en la formulación de una estrategia para la reparación de estructuras.

PASO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

FALLA?

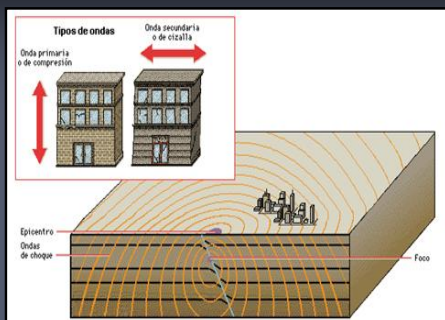


PASO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

ANOMALIA?



Evaluación de Seguridad Actual?



PASO 2: DEFINICION DE LOS OBJETIVOS

Reparar?

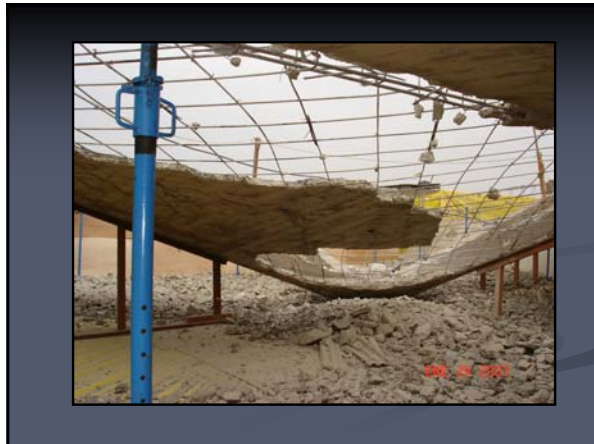


Reforzar?



Reemplazar?



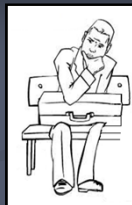


NO ES NECESARIO INTERVENIR:

Si la alteración o modificación no afecta los elementos estructurales existentes.

Si la alteración o modificación incrementa los esfuerzos en menos del 5% (ACI 437R, IBC)

Siempre que no haya evidencia de anomalías



PASO 3: OBTENER EXPERIENCIA NECESARIA

- Estructural
- Suelos
- Geología
- Hidráulica
- Corrosión



PASO 4: PROTOCOLO DE EVALUACION

- Definir claramente y en coordinación con el propietario el objetivo de la evaluación.
- Qué Evaluar?
- Cuánto Evaluar?
- Con qué detalle Evaluar?
- Costo de Evaluación?
- Interrupción del Servicio?



PASO 5
REALIZAR LA EVALUACION

INFORMACIÓN NECESARIA PARA UNA
EVALUACIÓN DETALLADA.

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE
LOS MATERIALES DEL SISTEMA
ESTRUCTURAL – ENSAYOS DE
LABORATORIO**

DEGRADACIÓN DEL MATERIAL

**CORROSIÓN U OTROS
EFECTOS QUE LIMITEN LA
FUTURA VIDA ÚTIL DE LA
ESTRUCTURA.**

ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

- Se debe investigar sobre la condición de los elementos no estructurales, es posible que contribuyan estructuralmente sin estar previstos para ello

EVALUACIÓN ANALÍTICA

- Determina la capacidad de carga de todos los elementos críticos de la estructura considerada como un todo.
- Su capacidad de soportar las cargas presentes y futuras según estándares actuales de NTE-060 o ACI-318 debe ser considerada.
- Se puede usar el método de los esfuerzos de trabajo para verificar si el comportamiento observado de la estructura concuerda con la investigación analítica.

DIAGNÓSTICO

IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE LA ANOMALÍA



- EN DISEÑO CONCEPTUAL O DETALLADO.
- EN CALIDAD DE MATERIALES.
- EN CONSTRUCCIÓN.
- EN MANTENIMIENTO Y POSIBLE MAL USO.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando los requisitos del código de diseño no se cumplen con la estructura en sus condiciones actuales, se deben determinar los métodos y las técnicas de refuerzo apropiados.

La necesidad de cumplir con los requisitos arquitectónicos debe también ser evaluada.

ANEXOS DE UN INFORME DE EVALUACIÓN.

- i. Auscultación del suelo o estudio de suelos.
- ii. Archivo fotográfico
- iii. Planos de levantamiento arquitectónico
- iv. Planos de estructuras o levantamiento estructural
- v. Planos de levantamiento de daños
- vi. Resultados de pruebas de laboratorio
- vii. Resultado del análisis de esfuerzos.
- viii. Propuesta esquemática de refuerzo estructural.
- ix. Informe de vulnerabilidad (opcional)

PASO 6: ESTRATEGIA DE REPARACION

- Alternativas de Intervención
- Costos
- Prioridades



PASO 7: DISEÑO DE LA REPARACION

OBJETIVOS PUEDEN SER:

- Protección y durabilidad
- Mejorar la apariencia
- Recuperar la Integridad Estructural
- Incrementar la Resistencia y/o Rigidez

PASO 8: EJECUCION Y SUPERVISION



PASO 9: MONITOREO Y SEGUIMIENTO