



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

INSPECCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

Willy Manfredo Gallo López

Piura, 15 de Marzo de 2006

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Marzo 2006



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA



“Inspecciones técnicas de seguridad estructural en edificaciones de concreto armado”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Willy Manfredo Gallo López

Asesor: Mgtr. Arturo Martínez Ramírez

Piura, Marzo 2006

Esta tesis la dedico al gran amor de mi vida, mi hija.

PROLOGO

Teniendo en consideración que el Perú está ubicado sobre el borde occidental de América del Sur, donde se desarrolla el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana generando frecuentemente terremotos de magnitud elevada y caracterizando a esta región como una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo; y haciendo una revisión de los antecedentes que revela un balance negativo en el comportamiento sísmico de las edificaciones, inclusive ante la acción de sismos moderados, debido a la insuficiencia de las metodologías adoptadas en los códigos sísmicos vigentes para proteger los diversos tipos de edificaciones; crea la necesidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

Atendiendo esta necesidad, la presente tesis, resume y aplica el método ATC-21, experiencia ampliamente utilizada en los Estados Unidos y a nivel internacional, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes, considerando para ello, el tipo estructural a través de una inspección técnica visual rápida.

Esta evaluación de las edificaciones dentro de nuestro territorio, nos permitirá tomar medidas preventivas, acciones correctivas por parte de la sociedad., así como de realizar planes de desarrollo para lograr un adecuado balance entre las condiciones de seguridad buscadas y las implicancias económicas para la reducción del riesgo existente.

Aprovecho la ocasión para agradecerle a mi asesor, Ing. Arturo Martínez, por la orientación y ayuda prestada para la realización de la tesis.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proveer criterios técnicos a los profesionales, que les permita evaluar e identificar los vicios estructurales y no estructurales de las edificaciones de concreto armado, asimismo poder diagnosticar el potencial de riesgo sísmico.

Para ello se utilizará el método de evaluación sísmica conocido internacionalmente como ATC-21 “Inspección Visual Rápida”, desarrollado por “*NACIONAL EARTHQUAKE HAZARDS REDUCCIÓN PROGRAM*” (NEHRP), Estados Unidos.

Este método se basa en una inspección visual rápida de los elementos estructurales y no estructurales más importantes de una edificación, recurriendo para ello a documentos de diseño y construcción, y a las normas técnicas vigentes, principalmente a la norma sismo resistente.

Finalmente, el método ATC-21 propuesto, presenta una guía para la ejecución de inspecciones técnicas de seguridad estructural en edificaciones de concreto armado, el cual permitirá, si se aplica a través de las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil, conocer la vulnerabilidad sísmica de edificaciones públicas a fin de tomar las acciones correctivas en salvaguarda de la vida humana.

INSPECCIONES TECNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
 CAPITULO 1: PATOLOGÍA DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO	
1.1 Patología de los materiales constitutivos del concreto	3
1.1.1 Cemento	4
1.1.2 Áridos	4
1.1.3 Agua	5
1.1.4 Aditivos	5
1.2 Patología del concreto armado	6
1.2.1 Compacidad	6
1.2.1.1 Influencia de la relación árido-cemento	6
1.2.1.2 Influencia de la dosificación de cemento	6
1.2.1.3 Influencia de la relación agua-cemento	6
1.2.1.4 Aire ocluido	7
1.2.2 Patología del concreto por corrosión	7
1.2.2.1 Corrosión por gases atmosféricos	8
1.2.2.2 Corrosión por agua	9
1.2.2.3 Corrosión por componentes orgánicos	11
1.2.3 Patología del concreto por efecto del fuego	11
 CAPITULO 2: SINTOMATOLOGÍA EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	
2.1 Fisuración.	14

2.1.1	Clasificación:	14
2.1.2	Control de fisuración	15
2.2	Causas de las fisuraciones	15
2.2.1	Fisuras debidas a problemas del propio concreto	16
2.2.1.1	Fisuras de afogado	16
2.2.1.2	Fisuras de retracción hidráulica	16
2.2.1.3	Fisuras por entumecimiento	18
2.2.1.4	Fisuras de origen térmico	19
2.2.1.5	Fisuras de ejecución en estado plástico	19
2.2.2	Fisuras debidas a problemas de proyecto o de ejecución de la estructura en su conjunto	20
2.2.2.1	fisuras por momento flector	21
2.2.2.2	Fisuras por esfuerzo cortante	22
2.2.2.3	Fisuras de punzonamiento	22
2.2.2.4	Fisuras de compresión	23
2.2.2.5	Fisuras de torsión	23
2.2.2.6	Fisuras por mala disposición de la armadura	24
2.2.2.7	Fisuras por corrosión de las armaduras	25
2.2.2.8	Fisuras por exceso de deformación	25
2.2.2.9	Fisuras por asientos excesivos	26

CAPITULO 3: EVALUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS SISMO RESISTENTES

3.1	Vulnerabilidad sísmica	28
3.2	Características principales de las estructuras para disminuir su vulnerabilidad sísmica	28
3.2.1	Resistencia	28

3.2.2	Rigidez	29
3.2.3	Ductilidad	29
3.2.4	Amortiguamiento	30
3.2.5	Integridad	30
3.2.6	Estabilidad	30
3.3	Concepción estructural sismo resistente	31
3.3.1	Trayectoria de carga	31
3.3.2	Redundancia	31
3.3.3	Configuración estructural	32
3.4	Categorías de las edificaciones y sistemas estructurales	36
3.4.1	Sistemas estructurales	36

CAPITULO 4: EJECUCIÓN DE UNA INSPECCIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

4.1.1	Instrucciones de implementación general	38
4.1.1	Desarrollo presupuestal y estimativo de costos	38
4.1.2	Planeación del pre-sitio	39
4.1.3	Entrenamiento de personal	39
4.1.4	Selección y revisión de las formas de recolección de información	39
4.1.5	Herramientas para la utilización en el sitio.	40
4.1.6	Información de suelos	40
4.2	Aplicación del Método Inspección Visual Rápida “RSP”	40
4.2.1	Identificación de la categoría estructural básica y su uso	41
4.2.2	Identificación de los modificadores del comportamiento sísmico “PMF”	42
4.2.3	Determinación del valor del Calificador Estructural “S”	46
4.3	Trabajo de campo	47

4.4	Análisis de la información y diagnóstico	47
4.4.1	Interpretación del calificador estructural “S” del “Método ATC-21”	47
4.4.2	Diagnóstico	48
4.5	Redacción del informe técnico	48

CAPITULO 5: INSPECCIONES TECNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN DEFENSA CIVIL EJECUTADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL Y APLICACIÓN DEL METODO ATC-21

5.1	Resumen de la ITSDC del Estadio Nacional	52
5.2	Resumen de la ITSDC de la Clínica Peruano Americana	56
5.3	Aplicación del Método ATC-21	61

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LAS INSPECCIONES TECNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

6.6.1	Conclusiones	69
6.6.2	Recomendaciones	69

Bibliografía

Anexo A:	Ficha de campo
Anexo B1:	Ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones Alta Sismicidad.
Anexo B2:	Ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones Moderada Sismicidad.
Anexo B3:	Ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones Baja Sismicidad.
Anexo C:	Guía que debe tomarse en cuenta por los inspectores técnicos de seguridad en defensa civil para la elaboración de los informes técnicos

INTRODUCCIÓN

Los antecedentes negativos del comportamiento de las edificaciones por la acción de los sismos a través del tiempo, han demostrado que han sido originados generalmente por deficiencias estructurales. Teniendo en consideración estos antecedentes surge la necesidad de evaluar las edificaciones existentes para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica e identificar edificaciones o parte de ellas que presentan riesgos inaceptables para la vida humana.

Atendiendo a esta necesidad, esta tesis plantea la alternativa de evaluar las edificaciones con un procedimiento visual rápido que tiene en consideración la sintomatología, patología y condiciones sismorresistentes de las edificaciones a través de una inspección técnica de seguridad que aplica el método ATC-21. La tesis se subdivide en 06 capítulos los cuales a continuación se desarrollan en forma sintetizada:

El capítulo 1, precisa conceptos sobre las diversas patologías de las edificaciones de concreto armado, a lo largo de la vida útil.

El capítulo 2, describe las sintomatologías más comunes de las edificaciones de concreto armado, sus probables causas y posibles daños estructurales y no estructurales.

El capítulo 3, Precisa los requerimientos y principios básicos del diseño sismorresistente, así como las características estructurales necesarias en una edificación, para que responda satisfactoriamente a las exigencias de un movimiento sísmico.

El capítulo 4, describe el procedimiento para la ejecución de una inspección técnica de seguridad estructural en edificaciones de concreto armado mediante la aplicación del Método ATC-21.

El capítulo 5, Resume 02 inspecciones técnicas de seguridad estructural en defensa civil, realizadas por el Instituto Nacional de Defensa Civil “INDECI”, desarrolla una de ellas aplicando el método ATC – 21 y discute las ventajas que proporciona este método con respecto al método tradicional del INDECI.

Finalmente el capítulo 6, precisa las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis al aplicar del Método ATC – 21.

CAPITULO 1

PATOLOGÍA DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO

En el umbral de un nuevo siglo no se comprende cómo a pesar del desarrollo de las tecnologías constructivas, del conocimiento del comportamiento de los materiales, aparezcan tan rutinariamente fallas y daños en las edificaciones, como si fuéramos incapaces de construir adecuadamente. Por supuesto que es tan grande el volumen de obras ejecutadas a un ritmo extraordinario y de tal complejidad que la aparición de errores en el proyecto, diseño o en la construcción, obliga a emprender una gran cruzada de concientización sobre el particular, contando para ello con la colaboración de todos los profesionales vinculados al sector de la construcción.

Cada día se aprecia el interés profesional sobre el tema de la Patología Estructural motivados por el creciente número de daños, mal funcionamiento, intervenciones normativas o deterioro por el simple paso del tiempo. Crece también el interés por conocer métodos y técnicas que puedan emplearse de manera segura, en el tratamiento de problemas en las edificaciones ante el creciente número de daños que no sería preocupante si ellos aparecieran en edificaciones construidas hace bastantes años, no así cuando conocemos que tales anomalías se ven en construcciones nuevas y en algunos casos cuando aún no se han dado al servicio.

En los últimos cincuenta años, las exigencias en la edificación, han pasado de la seguridad a la habitabilidad y finalmente a la durabilidad.

Superada la etapa normativa con referencia, casi exclusiva a la seguridad del edificio, se atendió a consideraciones de habitabilidad: impermeabilidad al agua, aislamiento térmico, acondicionamiento acústico, para terminar preocupándose por aspectos de durabilidad, a partir del reto japonés cero defectos, que revolucionó las técnicas de aseguramiento de la calidad. (De 100 coches, salen bien 100 coches)

Paradójicamente, la progresiva industrialización demanda una vida útil para el edificio inferior a la que tradicionalmente se consideraba. En este aspecto como en muchos otros, la edificación sigue el modelo del automóvil: un coche de 10 años, ya está obsoleto.

Tradicionalmente los edificios se construían sin límites de duración.

En la Europa de 1950 se consideraba que un edificio duraba 100 años.

Actualmente en Estados Unidos los ciudadanos cambian unas tres veces de vivienda a lo largo de su vida adulta. Puede que este dato esté muy influido por la fuerte movilidad del trabajo en Estados Unidos, pero no cabe duda que es un indicador de la importante disminución de la vida útil que se está produciendo en los edificios.

Se ha llegado a derribar un rascacielos, para construir otro en su lugar, con sólo 10 años de edad. En este caso, también puede intervenir el alto precio que alcanza el suelo en el centro de las ciudades. Pero no cabe duda, que algo está sucediendo con respecto a la duración de los edificios.

Por último, un nuevo factor inverso, interviene en el proceso. Se trata de la valoración del patrimonio edificado.

En los últimos años y en muchos países, se ha conseguido llegar a un punto en el que los temas de patrimonio arquitectónico son populares, son valorados por todos los ciudadanos y no sólo por unos cuantos especialistas. Hay conciencia del deber de conservar por parte de los propietarios de los inmuebles. La opinión pública está mentalizada y no permite el derribo injustificado de los bienes relevantes.

La valoración del patrimonio lleva a la rehabilitación, la reparación y la restauración de edificios, prolongando su vida útil, muy por encima de su duración tradicional.

Nos enfrentamos por tanto a dos posturas opuestas. La tendencia de la industrialización y el alto valor del suelo que conduce a una vida muy corta de los edificios. Frente a los valores de conservación del patrimonio edificado, que alargan su vida sin límites.

Esta demanda de conservación y de durabilidad hace necesario el estudio sistemático de los defectos habituales en los edificios, con el fin de proceder a su reparación y de obtener nuevos conocimientos para aumentar su durabilidad.

Así nació y se está desarrollando con amplitud en la actualidad, la disciplina denominada Patología de la edificación

¿Qué es Patología?

Aparentemente definir la Patología Estructural representa una intromisión en otras áreas del conocimiento pero para una mejor comprensión conceptual de ella haremos un símil con las ciencias médicas. No es a partir de las personas sanas que se hace la docencia y práctica médica sino frente a quien padece una dolencia, por lo que evaluando su cuadro clínico se hace el diagnóstico, se formulan estrategias y se dan pautas para su solución. Algo similar ocurre con las edificaciones cuando a partir de los daños que manifiesten, se formulan procesos de intervención y se crean metodologías para evitar que tales hechos se repitan en las nuevas obras.

Definiremos entonces la **Patología estructural** como la ciencia dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que se presentan en las edificaciones, analizando el origen o las causas y consecuencias de ellos para que, mediante la formulación de procesos, se generen las medidas correctivas para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura. Algunos autores muestran su desacuerdo por el término "patología", considerando más acertados los términos de Reparación y Mantenimiento.

Los problemas patológicos en estructuras de concreto armado no son nuevos ya que empiezan a presentarse al aparecer el propio material. Por tanto de manera sintetizada revisaremos algunos conceptos que nos permitirán entender mejor las diversas patologías del concreto y de sus componentes.

1.1 Patología de los materiales constitutivos del concreto

El concreto tiene 4 componentes básicos como son el cemento, áridos, agua y aditivos, y cada uno de ellos puede presentar problemas específicos.

1.1.1 Cemento

El cemento presenta diversas patologías, las cuales mencionaremos a continuación de manera sintetizada, a fin de tener una visión general de los problemas patológicos que puede presentar únicamente el cemento como componente del concreto.

- Falso fraguado debido a la hidratación rápida del yeso.
- Retracción por exceso de calor de hidratación y retracción hidráulica, debido al alto porcentaje de Aluminato Tricálcico “AC3”.
- Resistencias bajas a los ciclos de hielo deshielo y atacabilidad por los sulfatos debido al exceso de AC3.
- Fisuraciones en el concreto debido al exceso de cal libre.
- Concretos atacables por el agua pura o ácida debido al exceso de cal liberada en la hidratación.
- Produce efectos similares de la cal liberada, pero aún más nocivos, debido al exceso de magnesita.
- Reacciones con los áridos: Los álcalis del cemento pueden reaccionar con áridos silíceos, dando compuestos expansivos.

Teniendo en consideración que el cemento como material tiene patologías muy peligrosas para el concreto, se efectúan las siguientes recomendaciones genéricas para todos los tipos de cementos:

- Debe utilizarse cemento de la menor resistencia posible para el concreto que se exija, puesto que dará menos problemas patológicos.
- Debe utilizarse el mínimo de cemento posible para el concreto que se exija, puesto que dosificaciones altas dan problemas de retracción.
- Si hay sulfatos, especialmente en suelos agresivos, debe utilizarse cemento resistente a los sulfatos.

1.1.2 Áridos

Los áridos constituyen entre el 70 y el 80% del volumen total del concreto y son esenciales para definir su resistencia, pero son pocos los problemas patológicos que presentan. Se detallan algunos problemas patológicos de los áridos a continuación.

- Bajas de resistencia debido a exceso de finos.
- Áridos muy alargados que exigen mayor cantidad de agua y producen igualmente bajas de resistencia.
- Áridos tienen compuestos de azufre, como la pirita, que reaccionan con el cemento dando compuestos expansivos que destruyen completamente la masa de concreto. (Patologías muy graves).

1.1.3 Agua

En general el agua de amasada únicamente precisa ser potable, y con ello se minimiza la existencia de patologías graves, salvo que se incumpla lo establecido en la Norma de Agua en el Perú NTP 339.088, que establece las limitaciones sobre calidad de agua para la elaboración de concreto. Actualmente el Comité de Normalización de Concreto, Agregados, Concreto Armado y Pretensado se encuentra discutiendo la nueva norma de agua, que evidentemente seguirá los lineamientos de la ASTM 1602, ya que en el Perú también es usada el agua de proceso para elaborar nuevos concretos.

Con ciertas limitaciones, se puede utilizar agua no potable en la elaboración del concreto, como el agua de mar para concretos en masa, pero en estos casos, la resistencia disminuye alrededor de un 15% y normalmente aparecerán eflorescencias. No es recomendable para concreto armado debido a que el exceso de iones cloro favorece la corrosión de la armadura.

Finalmente se precisa los problemas patológicos mas graves relacionados con el agua de amasada:

- Sustancias nocivas disueltas en agua que produzcan corrosión química del concreto.
- Exceso de agua, que disminuye enormemente la resistencia final del concreto.

1.1.4 Aditivos

Son productos que añadidos al conglomerante mejoran sus propiedades con carácter permanente, sin embargo el uso de ellos sin el debido asesoramiento técnico, puede presentar problemas patológicos muy graves los cuales se detallan.

- Mejoran pero no arreglan un concreto si es defectuoso.
- El mejorar una propiedad puede empeorar otras.
- Algunos aditivos en exceso pueden modificar su comportamiento en sentido contrario. Esto se produce a nivel local, por lo que es muy importante que se repartan homogéneamente en toda la amasada.
- Los aditivos con menores problemas suelen ser los plastificantes, mientras que los más problemáticos suelen ser los inclusores de aire y los aceleradores de fraguado, que incluso pueden acelerar los procesos de corrosión.
- Cuidar las dosificaciones, asegurar un reparto homogéneo y utilizar aditivos de comportamiento suficientemente contrastado y convenientemente garantizados por el fabricante.

1.2 Patología del concreto armado

El concreto armado tiene problemas de resistencia y durabilidad que dependen de propiedades intrínsecas propias del mismo material, tales como:

1.2.1 Compacidad

Depende de cuatro factores:

- 1.2.1.1 Relación árido-cemento
- 1.2.1.2 Dosificación de cemento
- 1.2.1.3 Relación agua-cemento
- 1.2.1.4 Aire ocluido

1.2.1.1 Influencia de la relación árido-cemento

La relación árido-cemento tiene una influencia muy directa sobre la calidad del concreto final, por lo cual se detallan algunas pautas a tener en cuenta a fin de evitar patologías ligadas con esta relación.

- Granulometrías adecuadas: Son especialmente malas las deficitarias en diámetros comprendidos entre 0,08 y 2,5 mm. y las que contienen excesos de fracciones finas.
- Una granulometría incorrecta puede paliarse con más cemento. Es preciso ser especialmente cuidadoso con la disposición constructiva, puesto que se producirán mayores retracciones.
- El árido debe ser compatible con las distancias entre armaduras, entre encofrados y entre encofrados y armaduras.

1.2.1.2 Influencia de la dosificación de cemento

Es conveniente utilizar la mínima cantidad posible de cemento, compatible con la resistencia que se desee obtener. Es preferible utilizar menos cemento utilizando una granulometría correcta y una adecuada relación agua-cemento.

Las altas dosificaciones de cemento generan en el concreto las siguientes patologías:

- Mayor calor de hidratación debido a la mayor cantidad de aluminato tricálcico que genera el cemento al hidratarse.
- Fuertes retracciones térmicas debido al incremento del volumen del concreto por acción del calor de hidratación y, posterior enfriamiento y disminución del volumen.
- Fuertes retracciones hidráulicas, debido a la evaporación rápida del agua de amasado por el exceso de calor de hidratación.

1.2.1.3 Influencia de la relación agua-cemento

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto siempre y cuando se pueda consolidar adecuadamente, algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua son:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el refuerzo.

La relación agua-cemento es un parámetro muy importante a tener en cuenta, influye en propiedades fundamentales del concreto generando mayor porosidad, menor resistencia, mayor retracción y en consecuencia mayor riesgo de ataque debido a que el exceso de agua tendera a evaporarse.

A menor relación agua-cemento se tiene mayores resistencia y por ende concretos con menos problemas patológicos. En la figura 1.1 se puede observar que los valores grandes de w/c penalizan fuertemente la curva de endurecimiento del concreto a igualdad del resto de las características, asimismo se puede observar que las relaciones agua-cemento mínimo teórico y mínimo real varían entre los siguientes valores:

Mínimo teórico w/c = 0,18

Mínimo real w/c = 0,30 ÷ 0,40

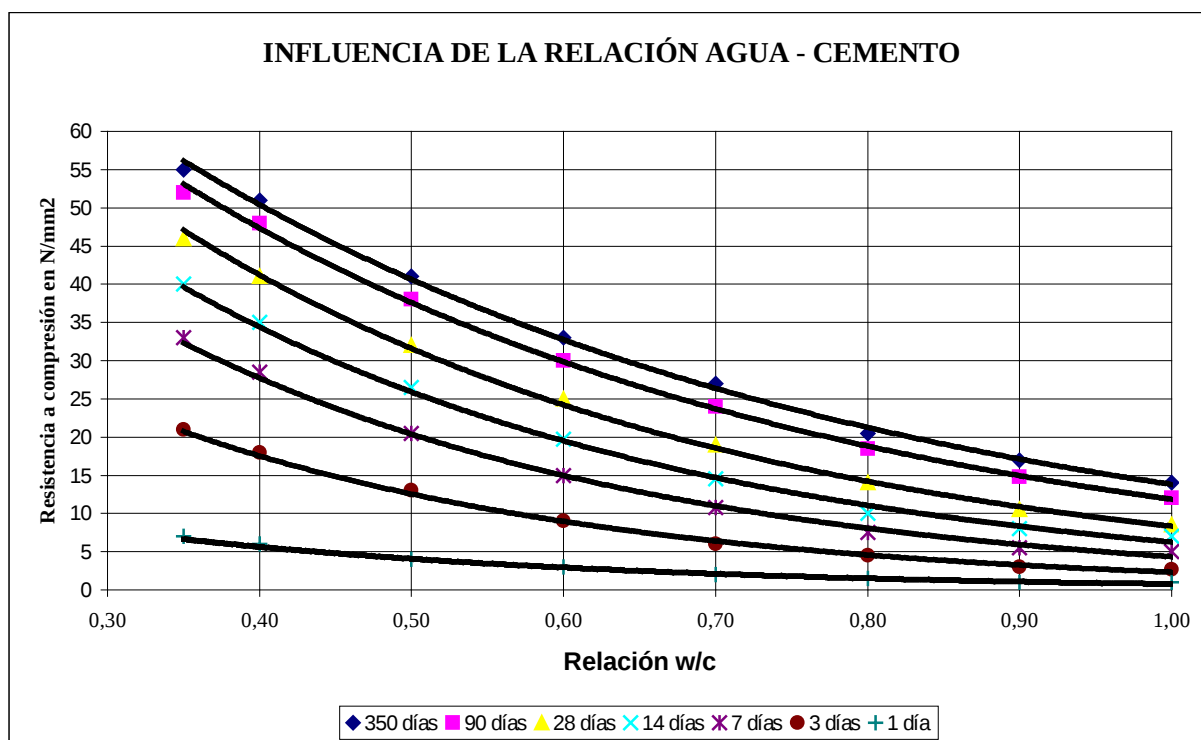


Figura 1.1: Influencia de la relación agua-cemento en la resistencia del concreto

1.2.1.4 Aire ocluido

El aire ocluido forma parte del concreto en una proporción del 2 al 5% y su uso sin respetar las limitaciones técnicas, puede generar disminución de la compacidad y la resistencia del concreto.

El uso adecuado de este componente puede ser beneficioso al aumentar la durabilidad ante los ciclos hielo deshielo, usándose para ello aireantes que permiten reducir la relación agua cemento y permiten mejorar el comportamiento ante heladas y líquidos agresivos.

1.2.2 Patología del concreto por corrosión

Se produce este fenómeno por ataques químicos de diversos medios agresivos, tales como:

1.2.2.1 Gases atmosféricos

1.2.2.2 Aguas

1.2.2.3 Compuestos orgánicos.

1.2.2.1 Corrosión por gases atmosféricos

Los principales agentes de emisión de gases son por combustión de carbón o petróleo, los cuales generan el dióxido de carbono CO_2 que reacciona con los componentes alcalinos de la fase acuosa del cemento hidratado y da lugar a una pérdida de la alcalinidad del concreto; esto produce una disminución abrupta del PH dando lugar a la aparición de una región neutralizada llamada frente carbonatado, que al llegar a la armadura, la despasiva en forma generalizada produciendo la corrosión de la armadura.

Los mecanismos de corrosión de las armaduras se muestran en la figura 1.2 y son:

Corrosión química que es poco frecuente

Corrosión electroquímica que es el mecanismo habitual

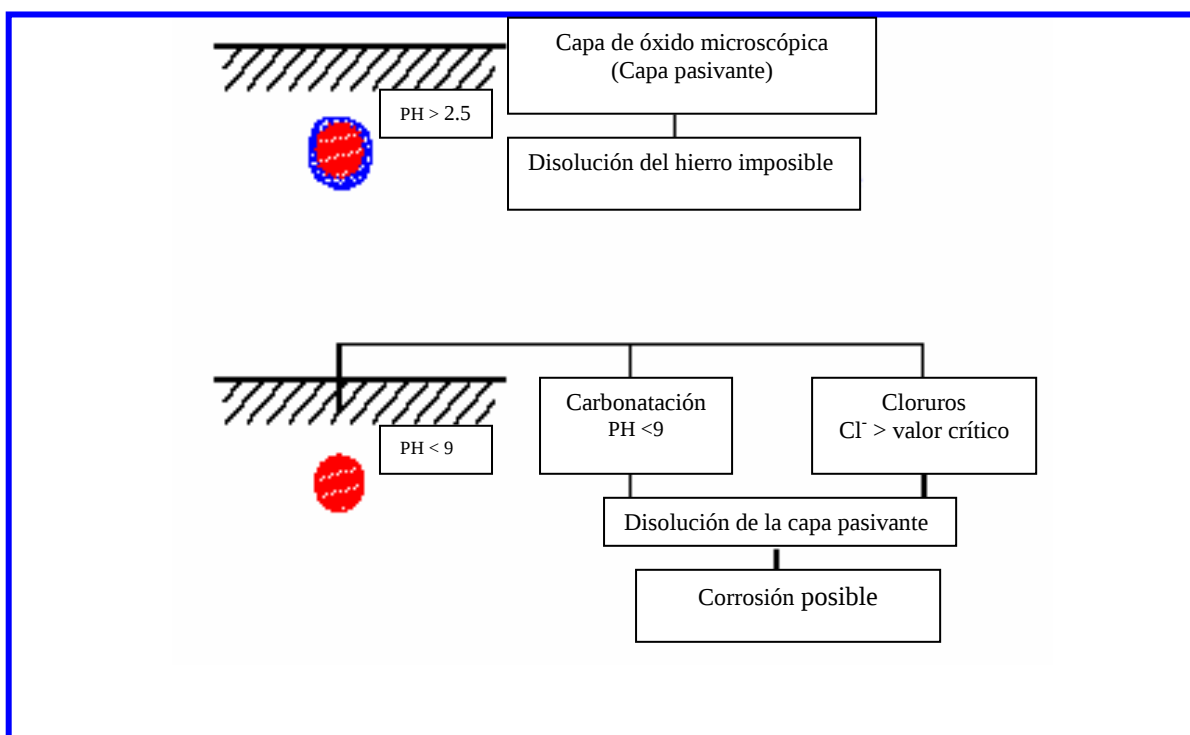


Figura 1.2: Mecanismos de corrosión de las armaduras

El mecanismo básico de protección de la armadura se produce al fraguar el cemento, dando lugar a la generación de Ca(OH)_2 que origina un ambiente básico, con un PH superior a 12,5 que impide la corrosión del acero debido a que se forma una capa alrededor de la armadura que la protege por pasivación.

Para que se produzca la corrosión electroquímica es necesario:

- Destrucción de la capa pasivante
- Oxígeno.

- Humedad.
- Iones cloro que actúan como electrolitos.

La destrucción de la capa pasivante se produce por carbonatación del concreto que va avanzando progresivamente con el tiempo en la medida en la que el oxígeno, anhídrido carbónico, humedad e iones cloro van penetrando a través de la red de poros intercomunicados que siempre tiene el concreto superficialmente. Este proceso se detalla en la figura 1.3.

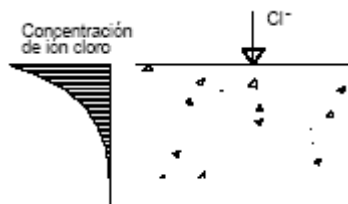


Figura 1.3: Corrosión por difusión de iones cloro

Un mecanismo importante para la corrosión es la difusión de los iones cloro, que son imprescindibles como electrolito. Los iones cloro se difunden en especial a través de poros llenos de agua cuando el concreto se moja superficialmente y al secarse las sales de cloro se fijan en los poros, al mojarse nuevamente aumenta la concentración de iones cloro y el proceso va incrementándose progresivamente, dependiendo sobre todo de la permeabilidad del recubrimiento. Este proceso de corrosión según un modelo simplificado se detalla en la figura 1.4.

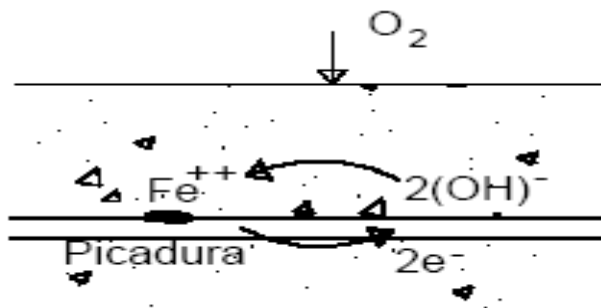


Figura 1.4: Proceso electroquímico de corrosión

El proceso electroquímico se precisa la presencia de oxígeno, humedad, iones cloro que actúan como electrolitos y la destrucción de la capa pasivante, si existiese esta, es imposible químicamente el proceso. Si cualquiera de estos factores no existe, la corrosión resulta imposible.

1.2.2.2 Corrosión por agua

La patología de corrosión de armadura debido a la calidad de agua y la forma de ataque de estas se detalla a continuación:

Aguas puras:	Atacan al concreto por disolución
Aguas ácidas o salinas:	Atacan al cemento convirtiéndolo en sales solubles, que se disuelven
Aguas selenitosas:	Producen un ataque especialmente grave, puesto que reaccionan con el aluminato tricálcico dando ettringita que es expansiva.
Agua de mar	Produce una desagregación muy grave por disolución del cemento.

Las patologías que se generan por el uso del agua de mar y los niveles de corrosión por efectos del agua de mar, se detallan en la figura 1.5 y se presentan de la siguiente manera:

- Cambio de color
- Fisuras entrecruzadas
- Abombamiento de la superficie

Las soluciones propuestas para evitar estas patologías son:

- Concretos muy compactos
- Cementos con aluminato tricálcico “AC3” < 7 %
- Recubrimientos adecuados

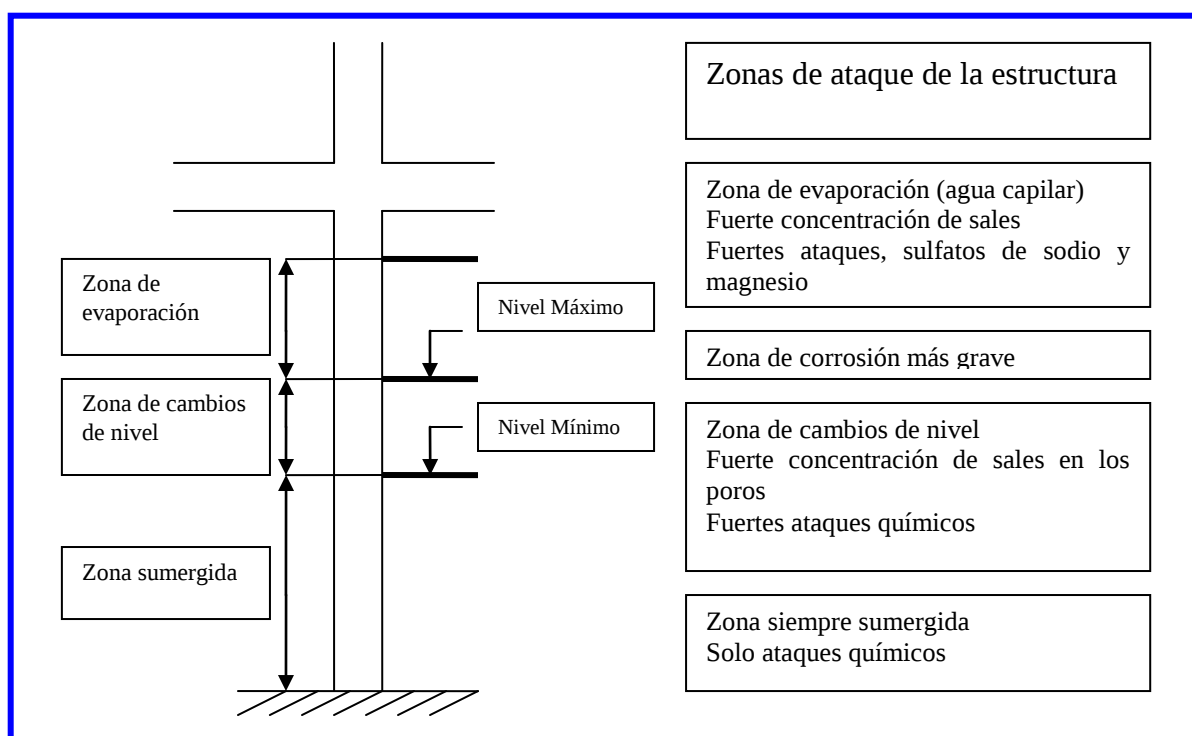


Figura 1.5: Niveles de corrosión por efectos de agua de mar

1.2.2.3 Corrosión por componentes orgánicos

Los componentes orgánicos nocivos más comunes para el concreto son:

- Aceite y grasas
- Leche y mantequilla
- Vino y derivados
- Cerveza

Producen ácidos que atacan al concreto y a veces a la armadura generando patologías de corrosión graves, estas pautas se deben tener en cuenta si se pretende diseñar estructuras de concreto que sirvan de contenedores de estos productos.

1.2.3 Patología del concreto por efecto del fuego

El fuego es causa importante de patologías sobre estructuras de concreto armado, para ello se analizara el comportamiento del concreto y el acero de manera individual.

A continuación se detallan las patologías más comunes del concreto por efectos del fuego. Ver figura 1.6.

Concreto:

- Prácticamente no resulta afectado por temperaturas inferiores a 300°.
- A partir de los 300°, inicia una fuerte pérdida de resistencia, que ya no se recupera tras el incendio, sino que disminuye aún más.
- Su bajo coeficiente calorífico hace que tarde mucho en alcanzar los niveles peligrosos.
- Si el incendio es corto, normalmente se comporta muy bien.

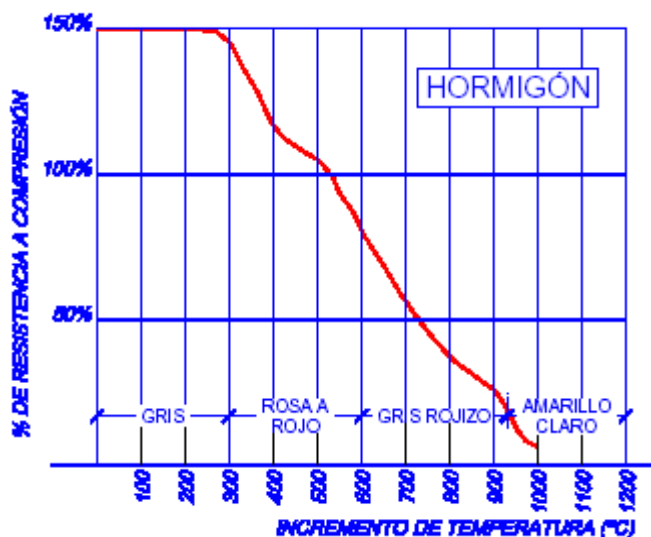


Figura 1.6: Disminución de la resistencia del concreto en función al incremento de la temperatura

Para la evaluación de la temperatura alcanzada durante el incendio suele emplearse las variaciones de coloración que se indican (Fig. 1.6), aunque tienen un matiz subjetivo que hace difícil la determinación precisa de la temperatura (sólo son válidas para áridos silíceos).

Vale como estimación inicial y luego se recurre a medir la resistencia por probetas testigo.

Una superficie de concreto afectada por un incendio no puede ser analizada por ensayo esclerométrico, al carecer de fiabilidad.

Acero:

- Sufre una fuerte pérdida de resistencia durante el incendio.
- Alcanza pronto valores altos de temperatura por su alto coeficiente calorífico.
- Es muy peligroso durante el siniestro, pero tras el mismo recupera casi toda su resistencia.
- Si resiste el incendio, en general será aprovechable tras el mismo.

Acero de pretensado:

- Sufre pérdidas muy graves por relajación que lo convierten en inutilizable en la mayoría de los casos.
- Si se desea reutilizar estructuras pretensadas es preciso un estudio sumamente cuidadoso.
- Especialmente complejo es el caso de los techos de viguetas pretensadas, que en muchos casos han de ser demolidos tras el incendio.

En la figura 1.7, se muestra la disminución de la resistencia del acero en función a la temperatura.

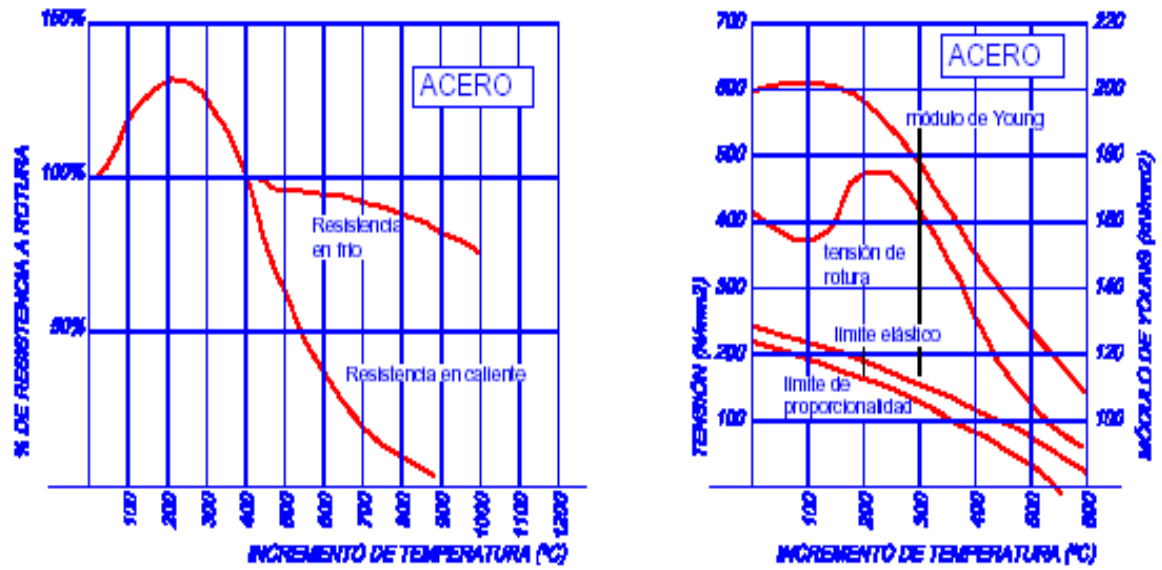


Figura 1.7: Disminución de la resistencia del acero en función al incremento de la temperatura

CAPITULO 2

SINTOMATOLOGÍA EN LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

Las estructuras de concreto armado pueden presentar numerosos tipos de problemas, que muchas veces rebasan los simples límites de los fallos resistentes. Así fenómenos como la corrosión o la desagregación química pueden ser incluso más peligrosos y difíciles de reparar que un fallo en la armadura, que normalmente es el que nos parece más grave.

Las causas que pueden provocar lesiones en una estructura de concreto armado pueden ser muchas y muy variadas y pueden estar relacionadas con el propio proyecto, con los materiales, con la ejecución y con el uso o explotación de la estructura. Desarrollaremos a continuación las más comunes.

2.1 Fisuración.

Rotura en la masa de concreto que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal.

Suponen una rotura aparente en un elemento constructivo y son una importante fuente de información de los fallos del edificio. Siempre se producen por esfuerzos de tracción o de cortante, que llegan a superar la tensión admisible del material, produciendo la rotura del mismo. Si se manifiestan sólo en la superficie se denominan fisuras, mientras que si se producen en todo el espesor y pasan de una cara a otra, se llaman grietas. Se muestra a continuación una clasificación de las fisuras según el espesor (Ver tabla 2.1) y sus probables causas.

2.1.1 Clasificación:

Tabla 2.1: Clasificación de los fallos de una edificación.

Item	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>
1	Microfisuras: $e < 0,05 \text{ mm}$	En general carecen de importancia
2	Fisuras: $0,1 < e < 0,2 \text{ mm}$	En general son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
3	Macrofisuras $0,2 < e < 0,4 \text{ mm}$	Estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia
4	Grietas: $0,4 < \text{ancho} < 1,0 \text{ mm}$	Existe reducción en la capacidad sismorresistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal
5	Fractura: $1,0 < \text{ancho} < 5,0 \text{ mm}$	Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición
6	Dislocación: $\text{ancho} > 5,0 \text{ mm}$	

2.1.2 Control de fisuración

El control de la fisuración es muy importante a fin de determinar si la grieta o fisura está viva o muerta y conocer su evolución en el tiempo. Para ello hay que marcar la situación inicial y utilizar algún sistema que permita determinar su evolución. Las Fisuras se clasifican en:

- Fisuras vivas.- Si continúan en movimiento, abriéndose o cerrándose.
- Fisuras muertas.- Si están ya estabilizadas en su estado final.

Las fisuras o grietas deben ser observadas y estudiadas con mucho detalle, ya que proporcionan valiosísima información sobre su origen y su estado de evolución. Mediante la observación visual se puede determinar si son fisuras o grietas, saber la dirección y la forma por la apertura de sus labios y el sentido de su movimiento. Hay que tener en cuenta la evolución estacional, épocas de calor y de frío, por lo que un estudio completo de la evolución puede durar un año.

Pasando la mano por la superficie del paramento dañado, se puede determinar si hay un escalón entre los dos semiplanos a ambos lados de la grieta o fisura, y a conocer cómo se desplazan uno respecto al otro.

Si la grieta está viva, las causas son mecánicas y el deterioro será más o menos importante, en función de la velocidad de aumento de la grieta. Para aumentos muy rápidos, si casi se ve crecer la grieta, la ruina es inminente.

Para crecimientos más lentos, la ruina es más o menos progresiva y se podrán adoptar medidas preventivas para paliar el peligro durante la elaboración del estudio y los trabajos de consolidación.

Si la grieta es temporal, normalmente se deberá a oscilaciones ambientales de temperatura y humedad, que producen dilataciones y, lo que es más importante, contracciones en las fábricas.

También es muy importante relacionar todos los defectos observados en el edificio. Hacer un levantamiento de su patología, que se refleje en los correspondientes planos en planta y elevación. Al observar el edificio en su conjunto es mucho más fácil establecer un diagnóstico de la causa de su deterioro.

2.2 Causas de las fisuraciones

Las causas mas comunes de las fisuraciones son debidas a problemas intrínsecos del propio concreto, problemas del proyecto y/o de ejecución de obra, como por ejemplo: curado deficiente, retracción, entumecimiento, variaciones térmicas, ataque químico, sollicitaciones excesivas, errores de proyecto, errores de ejecución, asentos.

2.2.1 Fisuras debidas a problemas del propio concreto

Producidas por problemas intrínsecos del propio concreto, especialmente ligadas al proceso de fraguado. Pueden estar ligadas a defectos de fabricación o de puesta en obra del concreto, pero no son estructurales.

Se producen en los primeros momentos de la puesta en obra del concreto, mientras todavía está en estado plástico y son debidas a las siguientes causas:

- 2.2.1.1 Afogarado.
- 2.2.1.2 Retracción hidráulica.
- 2.2.1.3 Entumecimiento.
- 2.2.1.4 Origen térmico.
- 2.2.1.5 Incorrectas puestas en obra en estado plástico.

2.2.1.1 Fisuras de afogarado

- Se producen por desecación superficial del concreto en estado plástico y las principales causas son: Aire seco y/o el soleamiento. Ver figura 2.1.
- Aparecen en las primeras horas del vaciado del concreto y generalmente formando grupos.
- A veces se forman nidos de fisuras alrededor de zonas con concentraciones puntuales de cemento.
- Fisuras pequeñas de 20 a 40 mm. de longitud. A veces hasta 100 mm.

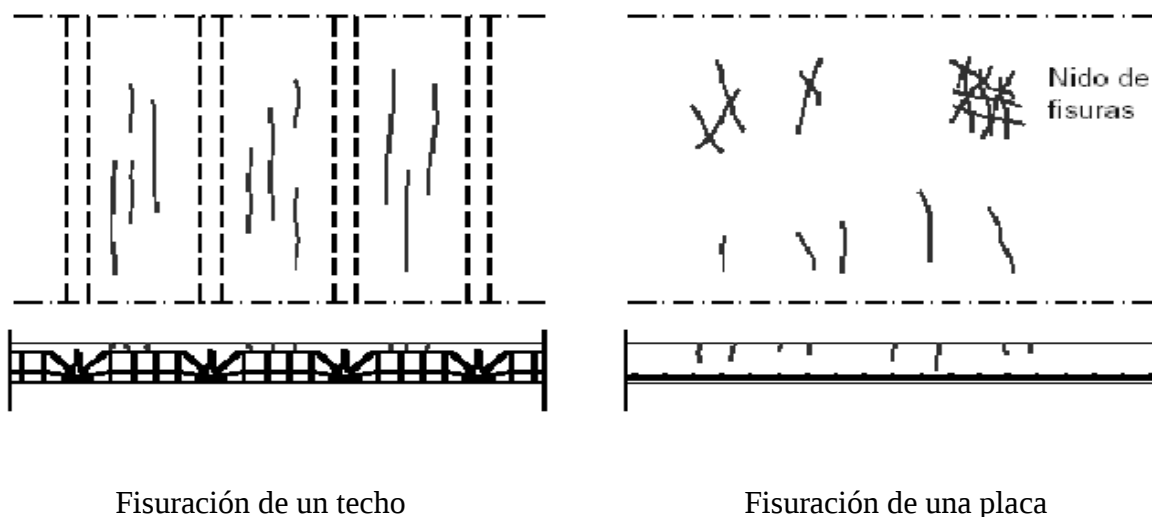


Figura 2.1: Tipos de fisuras por afogarado

Se evitan con un buen curado, en general las fisuras de afogarado carecen de importancia estructural y sólo han de tenerse en cuenta si pueden facilitar la corrosión de las armaduras o por problemas estéticos.

2.2.1.2 Fisuras de retracción hidráulica

El concreto al fraguar disminuye de volumen y si la estructura tiene su disminución de dimensiones coartada puede romperse.

Las Fisuras de retracción hidráulica generalmente tienen las siguientes características:

- Aparición retardada, meses y a veces años.
- Más frecuentes e importantes en elementos situados en zonas secas y soleadas. A veces es muy difícil de distinguir su origen por retracción o por efectos térmicos.
- Son regulares, con anchura prácticamente constante y normalmente se estabilizan muy rápidamente, por lo que cuando el técnico interviene suelen ser muertas.
- Su forma depende del armado del elemento y de las cuantías utilizadas para reforzamiento, por lo general se tienen las siguientes patologías:

Para cuantías altas se generan fisuras finas y juntas.

Para cuantías bajas se generan Fisuras gruesas y separadas.

Estas fisuraciones no suelen tener riesgo estructural, pero sí de durabilidad. A continuación se detallan gráficamente en las figuras 2.2, 2.3, 2.4 las patologías generadas por la retracción hidráulica.

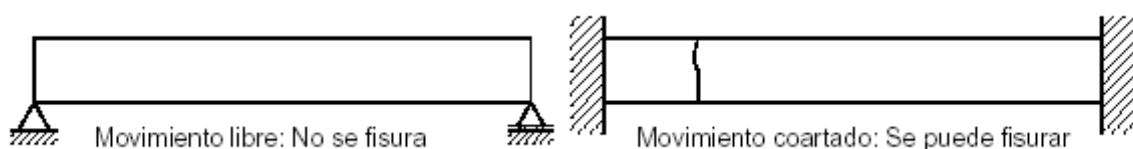


Figura 2.2: La estructura se romperá por la zona más débil

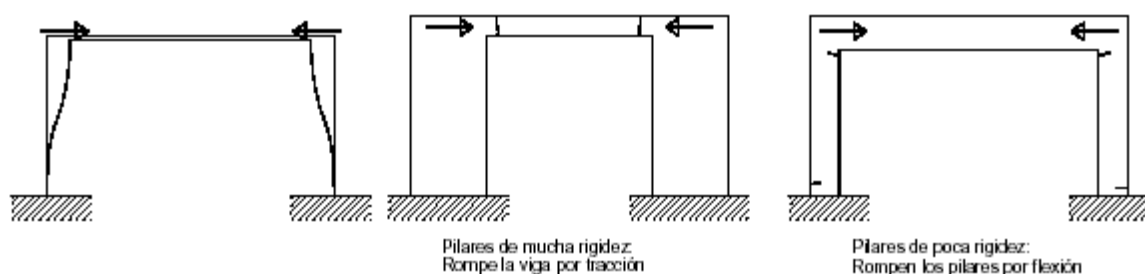


Figura 2.3: Fisuras de retracción en vigas y columnas (pilares)

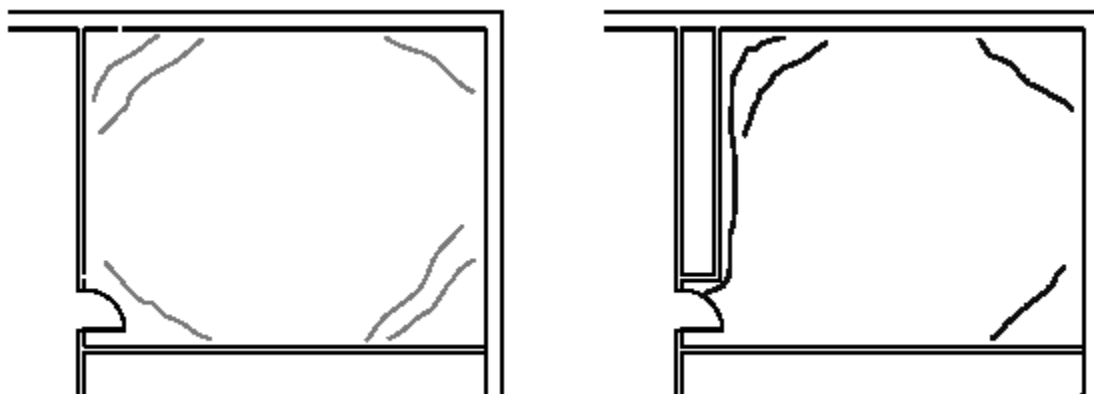


Figura 2.4: Fisuras de retracción en techos y/o pisos

Las principales causas de fisuraciones por retracción hidráulica en pisos y techos son generadas por segregación del concreto, diferencias de humedad, agregados demasiado gruesos y macizado en vigas mixtas, ver figura 2.5:

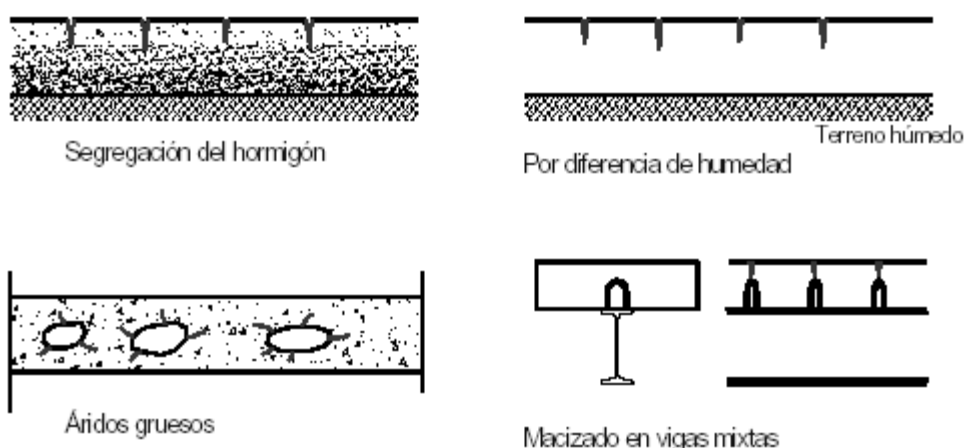


Figura 2.5: Causas principales de las fisuras por retracción hidráulica en techos y/o pisos

2.2.1.3 Fisuras por entumecimiento

El entumecimiento es el efecto contrario a la retracción. Así como el concreto que fragua en el aire disminuye de volumen (retracción), el concreto que fragua sumergido en agua aumenta de volumen (entumecimiento). Los efectos son similares pero contrarios a los de la retracción, pero en la práctica las patologías por entumecimiento son casi inexistentes.

En la figura 2.6 se muestran las curvas de retracción y entumecimiento

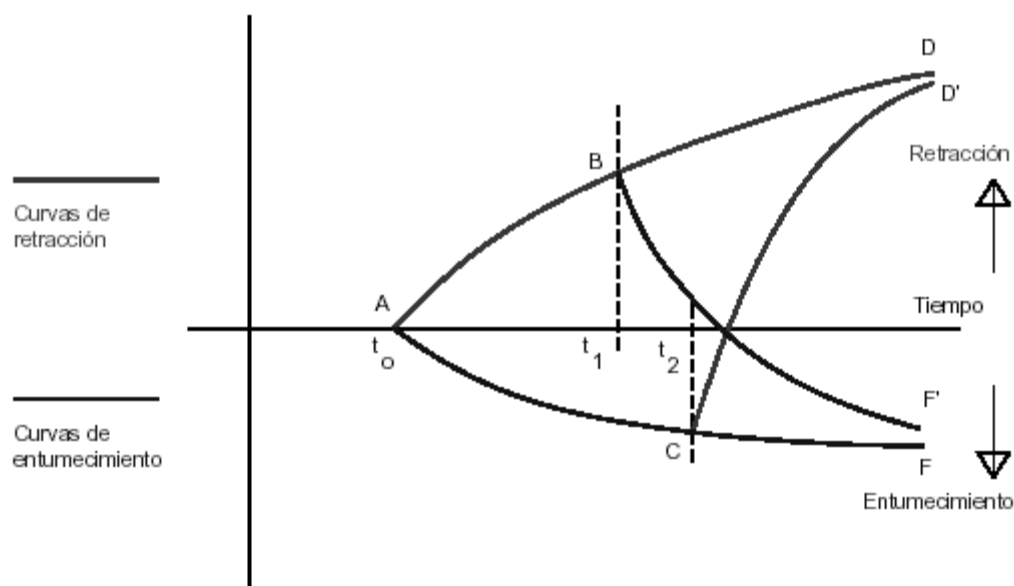


Figura 2.6: Curvas de retracción y entumecimiento

2.2.1.4 Fisuras de origen térmico

Se pueden producir por el gradiente de temperatura que se produce en el concreto por su baja conductividad.

La solución a este problema es un buen curado.

Otros efectos térmicos:

- Variaciones fuertes de temperatura.
- Focos puntuales de calor como chimeneas o calderas.
- Empujes producidos por congelación de agua, etc.

Su sintomatología es muy parecida a la de retracción, lo que a veces es muy difícil de distinguir.

2.2.1.5 Fisuras de ejecución en estado plástico

Son las fisuras que se producen en las primeras horas de vida del concreto por asentamiento o deslizamiento del mismo. En general son fisuras poco importantes que sólo afectan a la estética de la estructura.

Los casos más frecuentes son:

- Deslizamiento del concreto en rampas o piezas inclinadas.
- Movimientos del encofrado.
- Desplazamientos en la armadura al picar o vibrar el concreto.
- Asientos en el concreto fresco impedidos parcialmente por un encofrado.

Son frecuentes en huecos de muros de concreto (ventanas, puertas, etc.) en una sola vez o en uniones viga-pilar o placa-muro si también se vacían conjuntamente. En todos estos casos debe esperarse una o dos horas con el vaciado a nivel de la cara superior del hueco para permitir el asentamiento del concreto fresco. Ver Figura 2.7.

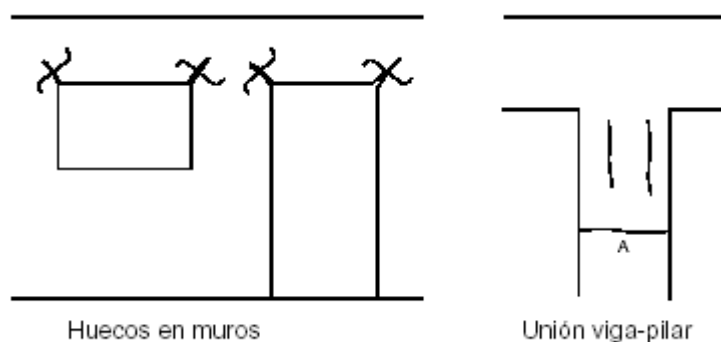


Figura 2.7: Casos mas frecuentes de fallos en estado plástico

También pueden ponerse en los huecos unas pequeñas armaduras que cosan la posible fisuración de la esquina.

En el caso de la unión viga-pilar es de hacer notar que si la fisura horizontal es poco visible o queda disimulada por algún elemento, puede confundirse con la situación previa al colapso del pilar por desplazamiento de estribos, es decir una patología especialmente grave, mientras que en realidad carecería de importancia.

2.2.2 Fisuras debidas a problemas de proyecto o de ejecución de la estructura en su conjunto

En este apartado se estudiarán las principales causas de fisuración con importancia estructural, es decir aquellas que son síntomas de un mal comportamiento estructural del conjunto y que generalmente son por solicitaciones excesivas

Son las fisuras que causan la mayor alarma y en la mayoría de los casos las que corresponden a las patologías más graves, puesto que indican que el concreto está alcanzando o ha sobrepasado su capacidad resistente.

Sin embargo la fisuración no es por sí misma un indicio alarmante. Lo normal es que las piezas de concreto se fisuren en estado de servicio y de hecho el estudio de las deformaciones en piezas flexadas de concreto tiene dos estados que se diferencian por que la pieza pasa de un primer estado sin fisurar a un segundo estado fisurada, sin que ello implique problemas patológicos.

Por ello conviene estudiar la evolución de la fisuración de una pieza de concreto para comprobar si corresponde o no a una situación de alarma. En lo que sigue vamos a dar unos criterios puramente orientativos, pero es importante resaltar que un mismo tipo de fisuras puede estar producido por causas diversas y además las fisuras raramente se comportan como dicen los libros, puesto que muchas veces existen otros factores que distorsionan los resultados. Como en casi todo la experiencia y el ojo experimentado son esenciales en un correcto diagnóstico. Pese a ello es conveniente un pequeño estudio del

comportamiento normal de las distintas piezas de concreto ante sollicitaciones excesivas, puesto que siempre nos dará unas pautas.

2.2.2.1 Fisuras por momento flector

Las sintomatologías se detallan continuación:

- Se inicia en la fibra inferior.
- Progresas aproximadamente en vertical.
- Se incurva al llegar a la fibra neutra.
- Aparecen varias y bastante juntas.
- Evolucionan lentamente.
- Aparecen bajo carga y desaparecen al descargar.

Ver en figura 2.8, detalles de la evolución de una fisura de momento flector.

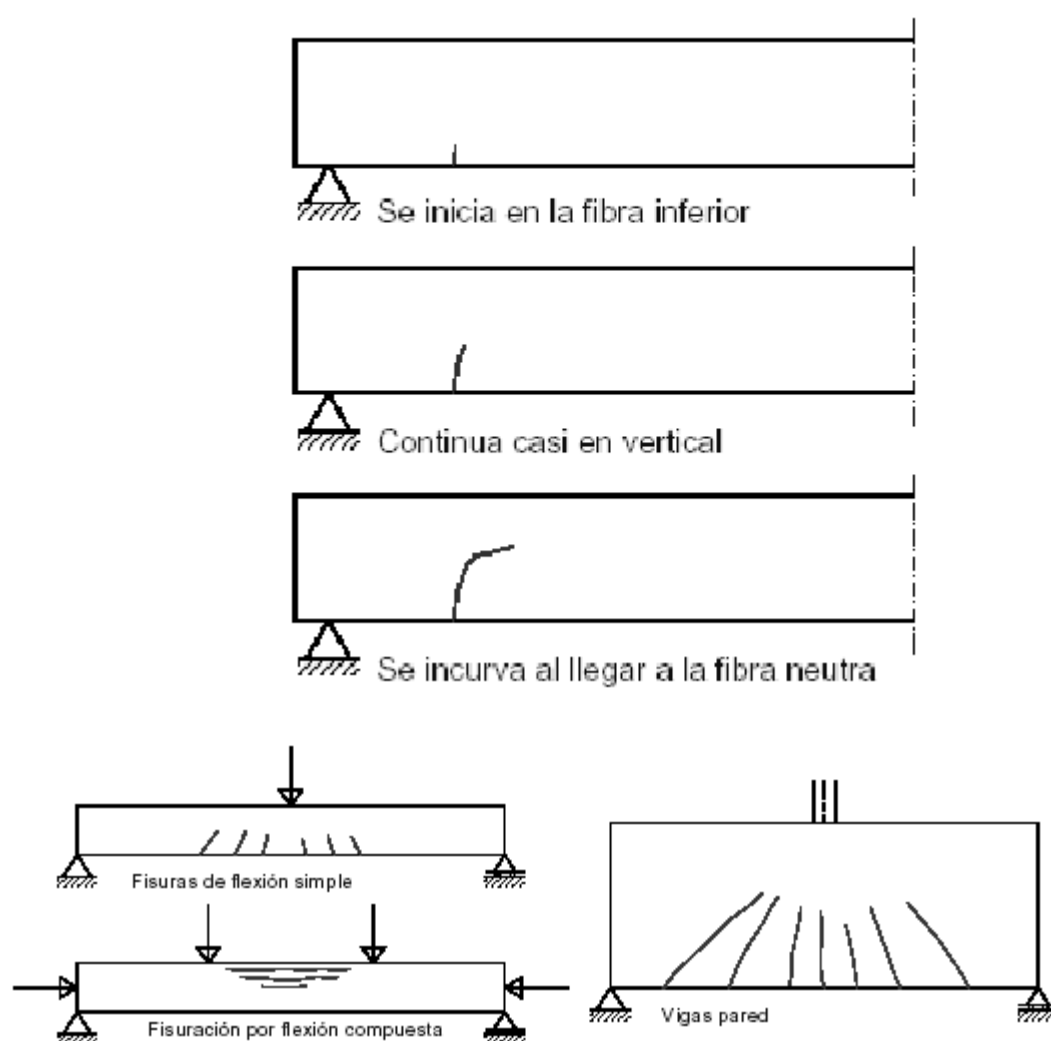


Figura 2.8: Tipos de fisuras por momento flector

2.2.2.2 Fisuras por esfuerzo cortante

Las sintomatologías se detallan continuación:

- Comienzan en el alma, generalmente a 45°.
- Progresan hacia la armadura y luego hacia la carga.
- Dividen la pieza en dos, provocando el colapso.
- Evolucionan muy rápidamente y son muy peligrosas.
- Aparecen pocas y muchas veces una sola.
- Hay que evacuar inmediatamente el edificio, apuntalar y reforzar.

Ver en figura 2.9, detalles de la evolución de una fisura de esfuerzo cortante.

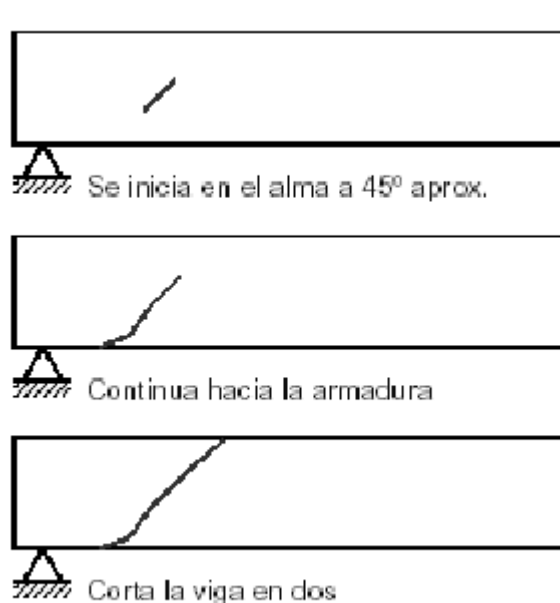


Figura 2.9: Evaluación de una fisura de esfuerzo cortante

2.2.2.3 Fisuras de punzonamiento

Las sintomatologías se detallan continuación:

- En ábacos de forjados reticulares.
- En las uniones de vigas planas con pilares.
- Son fisuras de características similares a las del cortante y por ello sumamente peligrosas.

Ver detalles en figura 2.10.

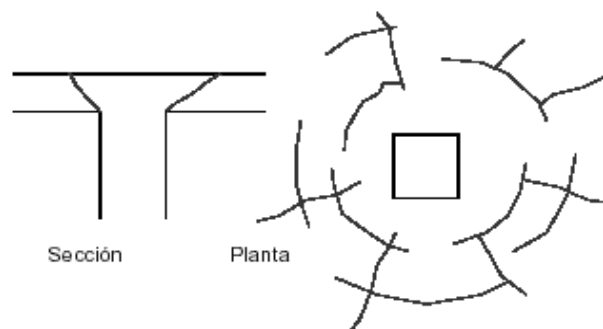


Figura 2.10: Fisuración por punzonamiento

2.2.2.4 Fisuras de compresión

Las patologías se detallan continuación:

- Se producen sobre todo en pilares.
- Son especialmente peligrosas por su evolución, generalmente rápida y por la importancia de dichos elementos estructurales.
- Muchas veces es bastante difícil identificarlas. Ver detalles en figura 2.11.

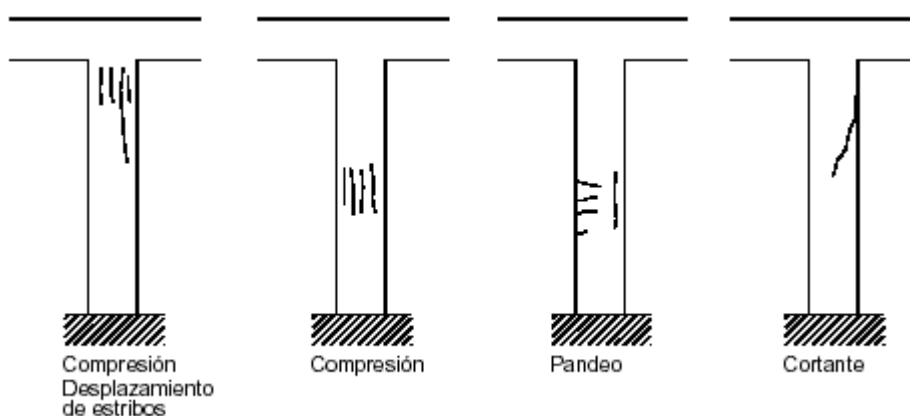


Figura 2.11: Fisuración por compresión

2.2.2.5 Fisuras de torsión

Tienen un aspecto similar a las del esfuerzo cortante y por tanto pueden ser confundidas con ellas. El principal criterio para distinguirlas es que en el caso del cortante las fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en tanto que las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios, como se indica en la figura. Ver detalles en figura 2.12.

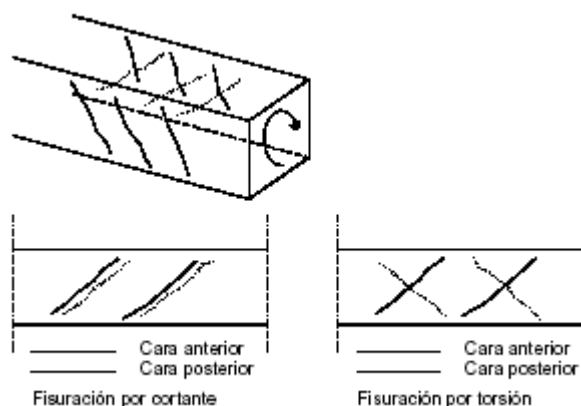


Figura 2.12: Fisuración por torsión

Existen dos niveles de torsión según la magnitud de la torsión y la importancia de la pieza estructural, las cuales se detallan:

Torsión principal es muy peligrosa

Torsión secundaria es un reajuste de deformaciones (poco importantes)

2.2.2.6 Fisuras por mala disposición de la armadura

Las malas disposiciones de la armadura pueden dar lugar a patologías sumamente graves. En la figura 2.13, se muestran varios casos en los que el desplazamiento accidental de la armadura en obra, muchas veces por simple pisoteo provoca la reducción del canto útil y por consiguiente la drástica reducción de la capacidad resistente de la pieza.

Otros casos que pueden ser muy graves son los producidos por desplazamientos de cercos en pilares que pueden llevar al colapso por pandeo de las armaduras comprimidas. También es posible la aparición de problemas patológicos por deficiente anclaje de las armaduras, como los casos señalados en la figura 2.13.

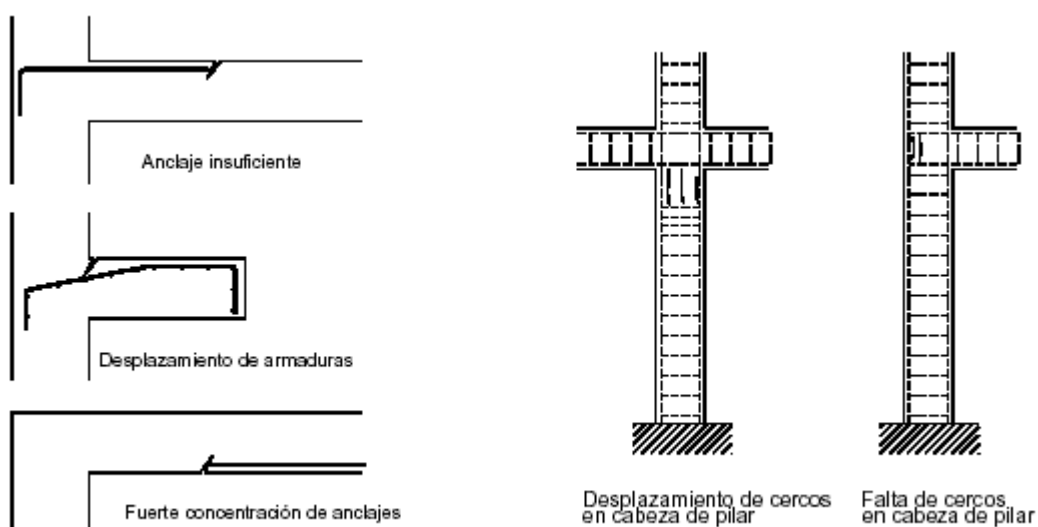


Figura 2.13: Fisuración por mala disposición de armadura

2.2.2.7 Fisuras por corrosión de las armaduras

El acero al corroerse aumenta de volumen en una proporción de 10 veces aproximadamente, por lo que actúa como una cuña interna que hace saltar el recubrimiento de concreto. Lógicamente este efecto se producirá a lo largo de las armaduras y normalmente aparecerán dichas fisuras manchadas de óxido, por lo que esta patología es muy fácil de detectar.

Las primeras armaduras en corroerse son las de la armadura principal y en fase avanzada los cercos. Es en este momento cuando la patología empieza a ser peligrosa en pilares, puesto que pueden pandear las armaduras principales.

En general las patologías por corrosión no son urgentes, en el sentido de que se precisa un ataque muy severo para que la pérdida de sección de la armadura llegue a ser peligrosa. Por lo general la reparación puede hacerse con calma y tras un estudio completo para detectar las causas. Sin embargo es conveniente recordar que esta patología no se arregla por sí misma y que hay que actuar necesariamente, aún sin prisa. Ver detalles en figura 2.14.

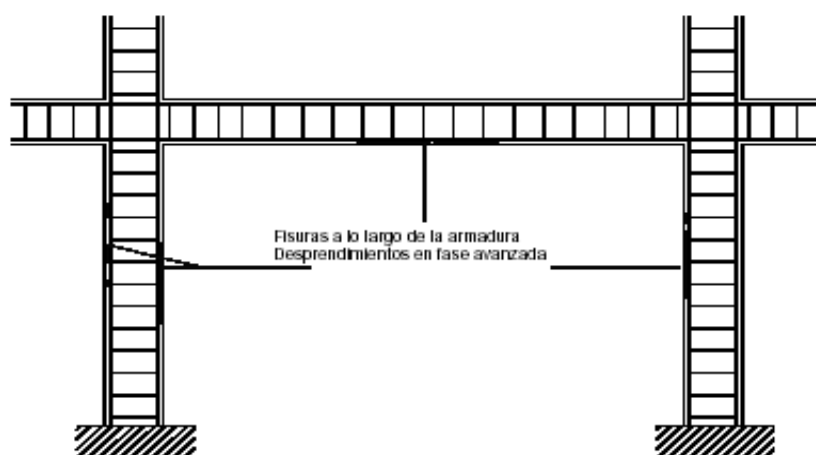


Figura 2.14: Fisuración por corrosión de las armaduras

Lo mejor es evitar este problema utilizando concreto compacto, con recubrimientos adecuados y cementos con alto contenido en cal si el ambiente es agresivo. Una vez de que produce la patología hay que sanear el concreto dañado y reconstruirlo con un concreto o mortero adecuado, protegiendo la superficie con un producto especial.

2.2.2.8 Fisuras por exceso de deformación

Las patologías por exceso de flecha han sido normales desde siempre, pero en los últimos tiempos el problema se ha agudizado, puesto que la construcción moderna tiende hacia estructuras muy flexibles, que favorecen el exceso de deformaciones. Así la construcción con vigas planas, con piezas muy esbeltas, con menores grados de empotramiento y con mayores pesos en los solados, llevan a que las flechas, tanto instantáneas como diferidas, sean muy superiores a las tradicionales en estructura de concreto.

Por un lado la típica fisuración en tabiques, que no suele dar más problemas que los puramente estéticos y por otro las torsiones que los techos pueden producir en las vigas extremas y que pueden revestir enorme gravedad. Ver detalles en figura 2.15.

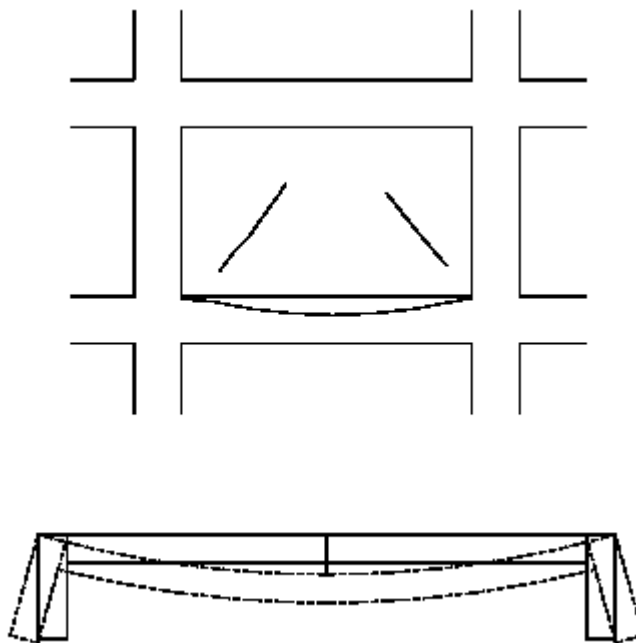


Figura 2.15: Fisuras por exceso de deformación.

2.2.2.9 Fisuras por asientos excesivos

La fisuración producida por asientos es una parte sustancial de las patologías observadas y en general suponen problemas difíciles y costosos de resolver. Esto y la propia incertidumbre de trabajar con un material como es el terreno, cuyas propiedades no son bien conocidas, hacen que este tema sea de especial dificultad.

Los problemas de asientos no deben atribuirse al terreno. El terreno es como es y la obligación del técnico es averiguar sus características. La responsabilidad de la aparición de lesiones únicamente debe atribuirse a la estructura, que no ha podido adaptarse a las características del terreno real.

En la mayor parte de los casos la actuación consistirá en una intervención sobre la estructura o la cimentación, siendo muy poco frecuentes las intervenciones de consolidación sobre el terreno. Ver detalles en figura 2.16.

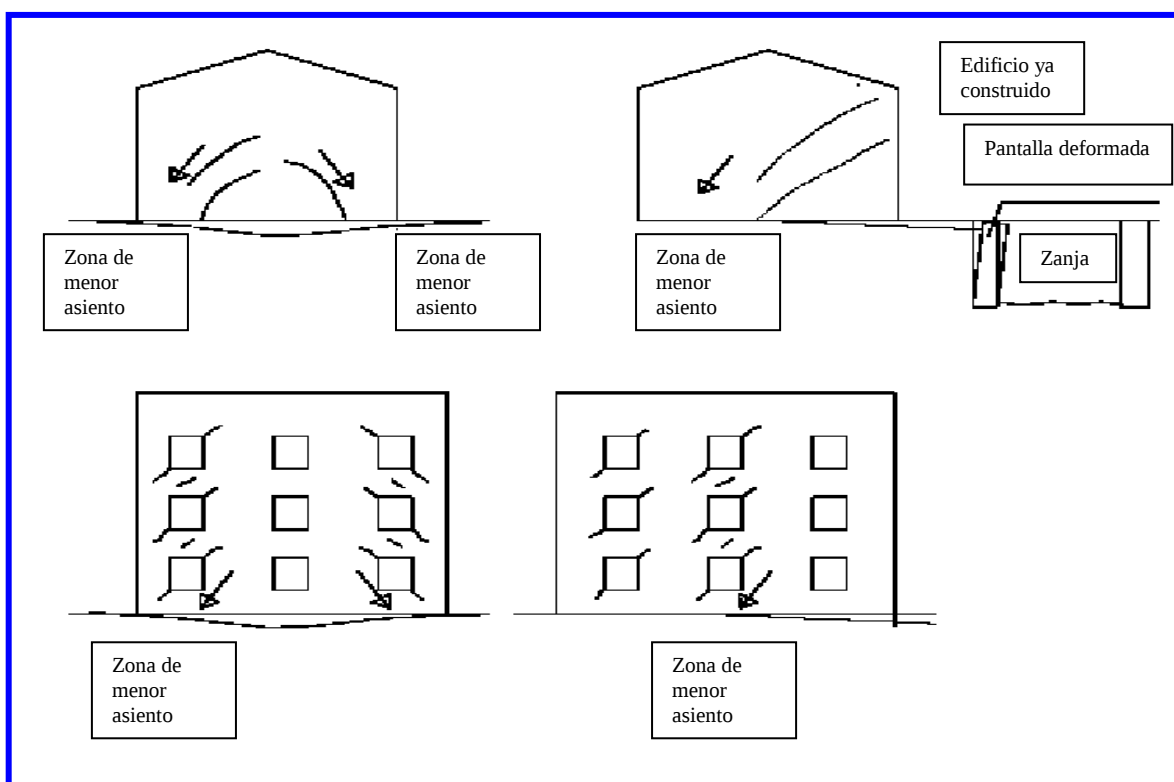


Figura 2.16: Fisuraciones por asientos excesivos

CAPITULO 3

EVALUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS SISMO RESISTENTES

En nuestro país a través de los años se han venido promulgando normas técnicas con el objetivo de establecer requisitos mínimos para el diseño y construcción de las estructuras, de esta manera, en el año 1977 se promulga la primera norma sismo resistente, la cual fue reemplazada por la Norma Técnica E-060 promulgada en el año 1989, y finalmente, se promulga la Norma E.030 “Diseño Sismo Resistente” la cual establece requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico, con el fin de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales, y posibilitar que las edificaciones esenciales puedan seguir funcionando durante y después de un sismo.

Esta norma se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las edificaciones existentes, y a la reparación de las edificaciones que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

En este contexto sé a creído necesario precisar conceptos básicos de la norma sismo resistente a fin de poder tener una visión completa al efectuar una inspección técnica de seguridad estructural, complementando de esta manera los conocimientos vertidos en los primeros dos capítulos de esta tesis. Los conceptos revisados en este capítulo corresponden a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, características principales de las estructuras para disminuir su vulnerabilidad sísmica, concepción estructural sismo resistente, categorías de las edificaciones y sistemas estructurales según la norma E-030 “Norma Sismo Resistente”.

3.1 Vulnerabilidad sísmica

Es la susceptibilidad de las edificaciones a sufrir daños por la magnitud del sismo, susceptibilidad del agente interno, es decir los componentes físicos, estructurales y no estructurales de una edificación que están sometidos a una amenaza sísmica.

Depende de dos factores:

- 1) La exposición por el tipo de suelo y la caracterización del movimiento correspondiente.
- 2) La resistencia según la capacidad de la estructura para soportar diferentes esfuerzos, de acuerdo a la forma, dimensiones y calidad de los materiales de la estructura.

3.2 Características principales de las estructuras para disminuir su vulnerabilidad sísmica

3.2.1 Resistencia

Es la capacidad de soportar esfuerzos unitarios a tracción y comprensión, que dependen de las dimensiones y calidad de materiales empleados. Para estructuras de concreto la resistencia debe mantenerse constante a través del tiempo, esto se puede mejorar con el reforzamiento de los miembros y/o adicionando otros nuevos a la estructura.

La resistencia debe distribuirse uniformemente, es decir, se debe evitar estructuraciones que concentren esfuerzos en pocos elementos, generando un desbalance entre el nivel de esfuerzo de los elementos. Se debe proveer la resistencia necesaria para asegurar que las demandas correspondientes de ductilidad no excedan la ductilidad disponible de los elementos de la estructura.

Una resistencia excesiva alta, ciertamente aceptable, puede ser económicamente alta, sin embargo, cualquier resistencia intermedia, puede ser aplicable, siempre que los aspectos de rigidez y ductilidad sean atendidos y esta alternativa puede tener un costo menor.

Debe buscarse una estructuración con más de una línea de resistencia y con capacidad de redistribuir las fuerzas de sismo en eventualidad de falla de elementos importantes.

3.2.2 Rigidez

Es la capacidad de no deformarse, depende de la geometría de los elementos estructurales e involucra a todos los elementos que participan en la transferencia de carga.

Es importante por el control de las deformaciones, por que reduce daños en elementos estructurales y no estructurales, así como la incomodidad de los ocupantes. El control de la deformación también es importante, pues evita introducir efectos de segundo orden ($P - \delta$).

Los desplazamientos laterales, de traslación y rotación, dependen de las rigideces de los elementos resistentes y de la rigidez torsional de la planta que es función de la ubicación de los elementos resistentes verticales. Dependen también de la magnitud de las fuerzas laterales.

El incremento de rigidez de una edificación se logra de manera eficiente con la incorporación de muros estructurales.

Ejemplos típicos de cambio de rigidez los vemos en los “pisos blandos”, que se producen en edificios cuando la rigidez de un nivel bajo es inferior a la de los niveles superiores; cuando en un mismo nivel existen columnas de diferente altura, tal es el caso de “columna corta”.

3.2.3 Ductilidad

Capacidad que tiene la estructura para deformarse plásticamente ante una sollicitación. Es propiedad intrínseca de los materiales de la estructura, pues se libera energía inelásticamente bajo cargas severas.

En general las estructuras de edificios urbanos están compuestas por pórticos y eventualmente por muros de corte, cuyas características estructurales son la hiperestaticidad, redundancia y economía en el diseño, lo que se logra al permitir que algunos elementos lleguen al rango inelástico. Es decir, sean capaces de disipar la energía de los sismos por medio de la fricción interna y la deformación plástica. De esta manera será posible diseñar fuerzas horizontales sustancialmente menores a las correspondientes a una respuesta elástica.

Cuanto mayor sea la ductilidad que desarrolle la estructura, mayor será la energía disipada y mayor podrá ser la reducción de las fuerzas de diseño. Debe verificarse que los elementos de la estructura desarrollen ductilidades tales, que permitan a la estructura como un todo, tener un comportamiento dúctil compatible con el factor de comportamiento o de reducción de ductilidad “ R_d ”, asumido en la determinación de las fuerzas laterales.

Generalmente, las fuerzas de inercia del sismo son menores en estructuras flexibles o de periodos de vibración natural grande y parecería lógico el tratar de reducirlas, optando por estructuras muy flexibles, sin embargo, la incomodidad para las personas y los daños que dicha flexibilidad produce, generalmente en elementos no estructurales, hacen recomendable que las estructuras tengan suficiente rigidez para limitar los desplazamientos laterales, en particular los desplazamientos relativos de piso a piso que pueden causar sobre esfuerzos peligrosos en la edificación.

3.2.4 Amortiguamiento

Propiedad intrínseca del material originado por la fricción de las partículas que se desplazan, disminuyendo el nivel de demanda sísmica. Es la habilidad del sistema estructural para disipar la energía interna de vibración de una amplificación o resonancia, la misma que se produce cuando el periodo de vibración dominante de la estructura coincide con el periodo del sismo.

Originado por cada uno de los siguientes aspectos o su combinación:

- Deformación elástica o inelástica del sistema estructural y elementos no estructurales.
- Interacción del sistema estructural con el subsuelo de cimentación, el área de contacto influye en el amortiguamiento desarrollado por el sistema estructural y no estructural
- Interacción del sistema estructural con el medio externo, en el caso del agua es importante y en caso del aire es despreciable.

Si además, de estas características se consideran los siguientes conceptos durante el diseño y construcción del edificio, el comportamiento estructural durante el sismo del mismo será mejor y servirá para un nivel mas detallado de evaluación.

3.2.5 Integridad

Capacidad de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación para soportar como un todo, un sismo.

3.2.6 Estabilidad

Característica de toda la edificación y cada una de sus partes para soportar las fuerzas laterales manteniéndose firmes en su lugar sin presentar desplazamientos excesivos que ocasionen el colapso de la estructura o de los elementos no estructurales.

3.3 Concepción estructural sismo resistente

El diseño sismo resistente debe prever a la edificación de cualidades estructurales y dinámicas de manera que tenga niveles de respuestas adecuadas frente a sismos de diversas características.

La experiencia ha demostrado que dichas cualidades tienen que ver con la trayectoria de la carga, redundancia, configuración y la condición de los materiales.

Debe considerarse que el comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad como requisito indispensable para un comportamiento satisfactorio.
- Deformación limitada ya que en caso contrario los daños en elementos no estructurales podrán ser desproporcionados.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales de suelo en el proyecto.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

3.3.1 Trayectoria de carga

Debe haber un sistema de resistencia a fuerzas laterales, que forme un curso de carga entre el cimiento y todos los niveles del diafragma, y que además, integre todas las porciones del edificio, transmitiendo las cargas de la manera más directa posible.

La trayectoria de carga debe ser completa y suficientemente fuerte. En general es como sigue: fuerzas sísmicas, las cuales se originan en todos los elementos del edificio, son liberadas a través de conexiones estructurales a diafragmas horizontales, que distribuyen estas fuerzas a los componentes de resistencia vertical como muros de corte y pórticos; y los elementos verticales transfieren las fuerzas entre los cimientos.

3.3.2 Redundancia

Características de los elementos estructurales que en condiciones normales de diseño no desempeñan una función estructural o están sub esforzados con respecto a su resistencia, pero que son capaces de resistir fuerzas laterales si es necesario. Proporcionan un medio útil para obtener un factor adicional de seguridad donde pueda haber incertidumbres analíticas de diseño. Cuando existe, tiende a mitigar altas relaciones de demanda / capacidad y mejora el comportamiento último de la estructura.

El edificio debe tener un sistema redundante, tal que la falta de un solo miembro, conexión o componente no afecte adversamente la estabilidad lateral de la estructura.

3.3.3 Configuración estructural

Se debe apuntar a diseñar y construir estructuras regulares ya que estas no tienen discontinuidades significativas horizontales y/o verticales, en su configuración resistente a cargas laterales y garantizaran un mejor comportamiento sísmico.

En caso se precise diseñar estructuras irregulares se debe tener en cuenta las siguientes limitaciones:

a) Formas irregulares

Evitar irregularidades de rigidez y piso blando, teniendo en consideración que en cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, no sea menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos.

Elegir formas simples, simétricas y compactas antes que las formas complejas, asimétricas y esbeltas.

En planta, evitar las formas abiertas e irregulares. Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma. Se debe evitar en las posibles formas L, T, U, E, Cruz y buscar, más bien, las formas cerradas y regulares como cuadrada; rectangular, circular y triangular.

En elevación debe evitarse los retiros y el crecimiento de la planta con la altura de la edificación.

Asimismo se debe evitar estructuras muy esbeltas en altura para limitar las fuerzas que en general se presentan en los elementos verticales extremos, debido a los momentos de volteo. Se debe limitar la diferencia entre las dimensiones de los lados de plantas rectangulares.

b) Estructuración

Debe estructurarse definiendo caminos continuos, uniformes y directos para la transferencia de fuerzas verticales y horizontales a la cimentación. Un sistema estructural adecuadamente seleccionado puede cubrir deficiencias en el análisis, dimensionamiento, detallado y construcción. Pero demasiada atención en el análisis y detallado probablemente no mejora significativamente la performance de un sistema pobremente concebido.

Edificios que tienen un plano simple, regular y compacto, incluyendo un sistema continuo y redundante para resistir las cargas laterales, se comportan bien, siendo por lo general deseable sistemas complejos que introducen incertidumbre en el análisis y detallado o que confían en formas no redundantes de transmisión de carga pueden dar lugar a una respuesta inesperada y potencialmente a un comportamiento inadecuado.

La transferencia de carga debe ser continua desde el punto de aplicación de esta a la cimentación. Las fuerzas de inercia deben ser transmitidas a los diafragmas de pisos, a elementos verticales, a la cimentación y al suelo. De no proveerse adecuada resistencia a

los elementos individuales del sistema o a sus conexiones la falla de alguno de éstos puede conducir al colapso total del sistema.

Se debe asegurar la regularidad, pues cambios bruscos en rigidez, resistencia o masa, sea en planos verticales u horizontales generalmente conducen a una respuesta difícil de predecir y eventualmente a un comportamiento inadecuado, como la no uniformidad de las deformaciones para eliminar la concentración de esfuerzos en algunos elementos.

Son ejemplos de discontinuidad la interrupción de muros antes de llegar a la cimentación, las aberturas grandes en muros, aberturas en elevación de muros, perforaciones de los diafragmas horizontales. Los cambios bruscos de resistencia o de rigidez en los pórticos, muros de corte o en los diafragmas horizontales.

La estructura debe contar con diafragmas horizontales rígidos, capaces de distribuir fuerzas horizontales a los elementos verticales.

La disposición y características de los elementos sismo resistentes deben tender a lograr simetría de rigidez y coincidencia de centros de rigideces con el centro de masa, para minimizar los efectos torsionales; cuando no hay simetría se producen torsiones que llevan a comportamientos difíciles de predecir y a la magnificación innecesaria de las fuerzas internas en algunos elementos.

Los sistemas que combinan varios subsistemas resistentes a cargas laterales, generalmente, se han comportado bien durante sismos. La redundancia permite la redistribución de fuerzas internas en caso de falla de algunos elementos importantes. De no contarse con esta capacidad de redistribución la falla de algún elemento aislado podría ocasionar el colapso de toda la estructura.

Las suposiciones que se hayan hecho para el diseño de los apoyos de la estructura y selección del material deben ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación. El diseño de las cimentaciones debe estar hecho de manera compatible con la distribución de fuerzas obtenidas del análisis de la estructura.

c) Masa

Las fuerzas de inercia producidas por un sismo son proporcionales a la masa de la edificación. Debe buscarse, por lo tanto, reducir al mínimo la masa.

El exceso de masa puede llevar a un aumento innecesario en la fuerza de inercia, a una reducción de la ductilidad de los elementos verticales y a incrementar la propensión a falla por efectos P – delta.

La masa debe ser distribuida uniformemente en planta y elevación, evitando concentraciones de masa, particularmente en los pisos superiores, para evitar una respuesta irregular y compleja.

d) Tipo y ubicación de elementos no estructurales

Los elementos no estructurales pueden interferir en la transmisión fluida de las fuerzas de inercia provocadas por los sismos y comportarse, como elementos resistentes a fuerzas

horizontales, produciendo alteraciones en la redistribución de la rigidez, que puede ocasionar torsiones, discontinuidades en la transmisión de fuerzas; finalmente concentraciones de esfuerzos que pueden ser origen de fallas estructurales. En consecuencia se debe estudiar la disposición de los elementos rígidos no estructurales, de manera de asegurar que no producirá modificaciones en el comportamiento asumido de la estructura. Eventualmente su fijación a la estructura debe diseñarse para permitir el libre desplazamiento de esta pero suficientemente estables como para que no se desprendan de la estructura y puedan causar consecuencias lamentables a los transeúntes.

e) Materiales y condiciones de mantenimiento

El deterioro de los materiales estructurales puede comprometer la capacidad de los sistemas a fuerzas laterales y verticales.

El tipo más común de deterioro es causado por la intrusión de agua. Asimismo se debe tener cuidado en la evaluación de un edificio que parezca estar en buenas condiciones y que se sepa que ha sido sujeto a sismos en el pasado.

En este caso se debe considerar las siguientes posibilidades: que los sismos que la edificación ha afrontado tal vez, no hayan sido significativos, o la buena apariencia puede ser solo un buen reparo cosmético que esconde daños que no fueron reparados.

f) Zonificación y consideración de las condiciones locales de suelo

Las condiciones del terreno en el sitio de una construcción deben examinarse con sumo cuidado en relación con la licuación potencial, la inestabilidad de taludes o ruptura de la superficie debida a la presencia de fallas o por sacudimiento.

Teniendo en consideración lo anteriormente descrito la norma E-030 “Norma Sismo Resistente”, considera dividido al territorio nacional en tres zonas, como se muestra en la figura 3.1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos, la atenuación de éstos con la distancia epicentral e información neotectónica.

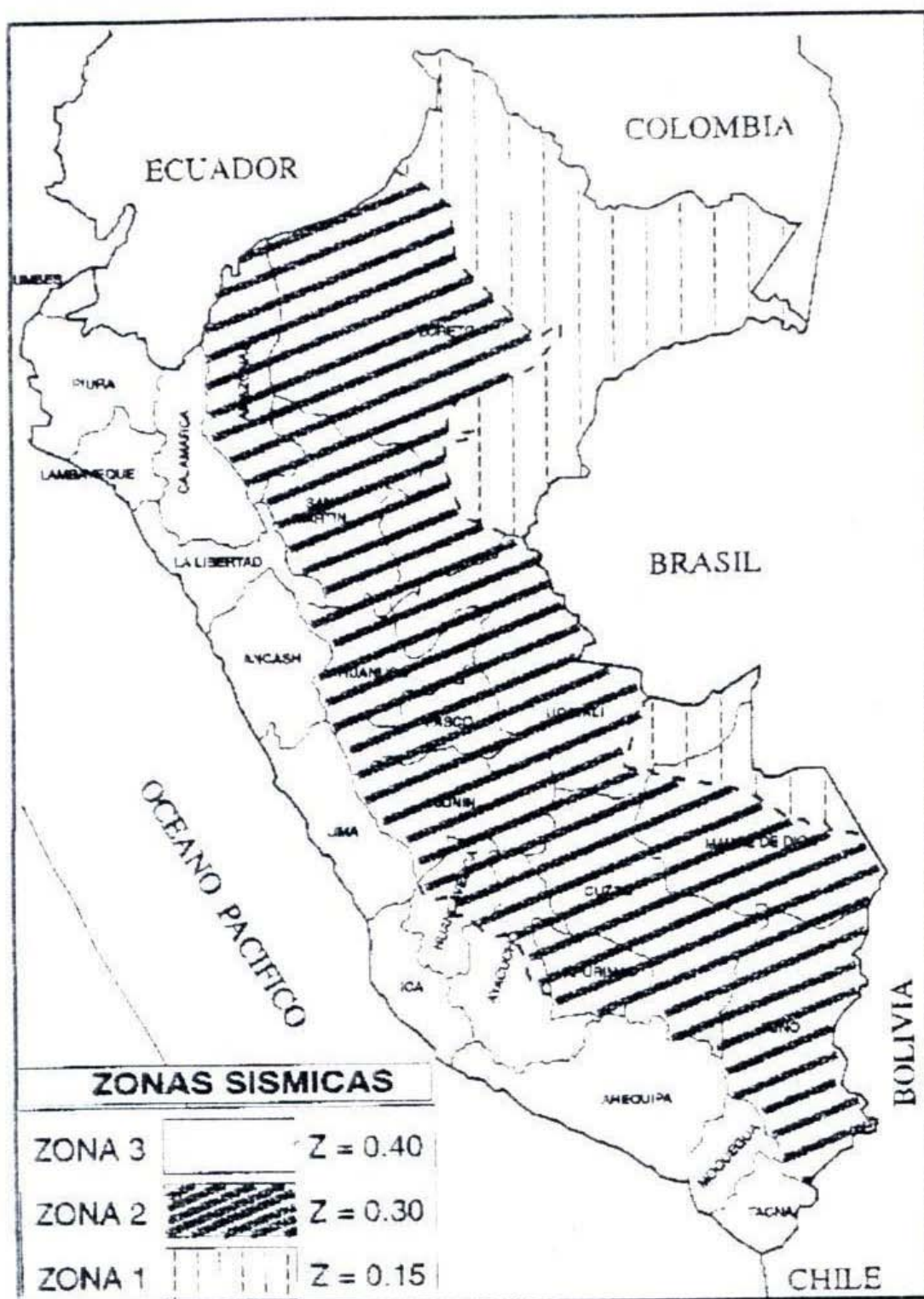


Figura 3.1: Zonificación Sísmica del Perú, Fuente: Norma Sismo Resistente E-030.

3.4 Categorías de las edificaciones y sistemas estructurales

La norma sismo resistente “E-030” establece para las edificaciones, las categorías indicadas en la Tabla 3.1 y los sistemas estructurales mostrados en el ítem 3.4.1. Estas definiciones permiten identificar claramente la importancia de la edificación y su sistema estructural resistente, elementos básicos que tendrían que tenerse en cuenta al realizar una inspección técnica estructural.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre.
	También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.
B	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales.
Edificaciones Importantes	También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1.50 m. de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.

Tabla 3.1 Categorización de las edificaciones, Fuente: Norma Sismo Resistente E-030.

3.4.1 Sistemas estructurales

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección tal como se indica:

a) Pórticos de Acero.

Con nudos rígidos y/o sistemas de arriostramiento.

b) Pórticos de Concreto Armado.

Sistema en el que las cargas verticales y horizontales son resistidas únicamente por pórticos de concreto armado.

c) Sistema Dual.

Sistema en el cual las fuerzas horizontales son resistidas por una combinación de pórticos y muros de concreto armado en adición a la caja de ascensores o escaleras. Los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos el 25 % de la fuerza cortante en la base.

d) Muros de Concreto Armado

Sistema en el que la resistencia sísmica está dada fundamentalmente por muros de concreto armado.

e) Albañilería Armada o Confinada

Sistema en el cual los muros de albañilería resisten cargas verticales y horizontales. El sistema puede incluir algunos elementos de concreto armado para resistir estas cargas.

Se recomienda para complementar todos estos conceptos vertidos, revisar a mayor detalle la norma sismo resistente (Norma E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones).

CAPITULO 4

EJECUCIÓN DE UNA INSPECCIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

En esta tesis se plantea la aplicación del Método RSP, “Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards”, propuesto por la “Nacional Earthquake Hazards Reducción Program (NEHRP¹)” y avalado por “Federal Emergency Management Agency (FEMA¹)”, consiste en la inspección visual rápida de una edificación para determinar si existe o no riesgo sísmico.

4.1 Instrucciones de implementación general

Hay varios pasos involucrados en la recolección de información, planeación y realización de un sumario de edificaciones peligrosas desde el punto de vista del potencial sísmico.

Como primer paso la comunidad, a través de su gobierno local y de los funcionarios locales, deberán aprobar el procedimiento local. En nuestro país este paso se podría simplificar dado que ya existe un procedimiento establecido mediante Decreto Supremo 013- 2000-PCM, que reglamenta las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil, mediante las cuales se podría efectuar un sumario de edificaciones peligrosas a nivel nacional.

Segundo, los miembros de la comunidad deberán ser informados acerca del propósito de la evaluación y de como llevarla a cabo. Hay muchas decisiones que se deberán hacer o tomar tales como el uso de los resultados de la evaluación, las responsabilidades de los propietarios del edificio y de la comunidad. Estas decisiones son específicas para cada comunidad.

Al respecto en nuestro país, el propósito de la evaluación esta tipificado en el decreto supremo anteriormente citado y en la Ley Orgánica de Municipalidades que persiguen garantizar la seguridad de la vida humana, se llevaran a cabo a través de las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil (ITSDC), son las autoridades locales y los propietarios de las edificaciones los directamente involucrados en la subsanación de las deficiencias encontradas en las edificaciones evaluadas.

En términos generales la metodología a seguir seria la siguiente:

4.1.1 Desarrollo presupuestal y estimativo de costos

Es obvio que muchas de las decisiones o procedimientos tomados al respecto para una rápida apreciación visual dependerán de la disponibilidad presupuestal. El tiempo de recolección de información en el sitio implica consumo de tiempo (de 15 a 30 minutos por edificación), sin embargo es extremadamente útil para aumentar la confiabilidad de la información obtenida en el sitio, obtener previamente la mayor cantidad de información técnica relacionada con la edificación, datos tales como la edad, fecha de diseño y construcción etc.

¹ NEHRP National Earthquake Hazards Reduction Program, FEMA Federal Emergency Management Agency

Otros de los factores que se deben considerar en el estimativo de costos consisten en el entrenamiento del personal y en el desarrollo y administración del sistema de conservación de datos para los procesos de evaluación general.

Al respecto se debe precisar que en nuestro país a través del Instituto Nacional de Defensa Civil y el marco legal del D. S. 013-2000-PCM, existe ya un procedimiento definido de capacitación de Inspectores Técnicos de Seguridad en Defensa Civil que puede ser aprovechado para la capacitación mas detallada de estos profesionales, y procedimientos establecidos en cuanto a costos y responsabilidades para la ejecución de las ITSDC.

4.1.2 Planeación del pre-sitio

La comunidad deberá decidir acerca de las disponibilidades presupuestales, tiempo y otros tipos de aspectos, considerando, en especial, las prioridades y las áreas que la comunidad considera que se deben evaluar inmediatamente, y las que se pueden evaluar posteriormente, ya que no implican peligros inmediatos de vida.

Un área se podrá seleccionar por que tenga una densidad mayor de edificios potencialmente peligrosos, desde el punto de vista sísmico, con respecto a otras áreas.

Un sistema de mapas, planos y especificaciones técnicas para el levantamiento del área es extremadamente importante en la fase del plan inicial así como la programación de los inspectores a cargo del estudio.

Otra importante fase de la planeación del pre-sitio es la coordinación con los funcionarios locales encargados de la planeación. Los temas a tratar deberán incluir la verificación de ciertos aspectos sísmicos que se adoptaron y se pusieron en vigencia.

El sistema de registro variara de comunidad a comunidad según las necesidades, presupuestos, objetivos, etc. Se deberá también implantar un procesamiento de datos computarizado, de esta forma se puede enumerar los edificios en peligro así como sus propietarios.

4.1.3 Entrenamiento de personal

Es importante desde luego, un programa de entrenamiento para asegurar la calidad de la información y la uniformidad de decisiones entre el personal de inspección.

El entrenamiento deberá incluir cambio de información sobre los sistemas de resistencia de la fuerza lateral básica y de cómo actúan cuando están sujetas a las cargas sísmicas, de cómo utilizar la forma de recolección de información, de que observar en el sitio y de cómo contabilizar aspectos no muy definidos.

4.1.4 Selección y revisión de las formas de recolección de información.

Antes de comenzar la evaluación, es importante seleccionar la forma de recolección de la información correcta. En la presente tesis aplicaremos el sistema de puntaje estructural que esta basado en el movimiento del suelo tal como se define en las normas "NEHR", las áreas consideradas en este estudio se agrupan así:

- Alta (H)
- Moderadas (M)
- Bajas (L)

Según la Norma Sismo Resistente E-030, nuestro país también está distribuido sísmicamente de la misma manera por tanto podría aprovecharse el sistema de puntaje estructural que se define en las normas “NEHR”

4.1.5 Herramientas para la utilización en el sitio.

Se pretende que el estudio sea rápido, simple y standard con respecto a los datos, la siguiente es una lista de ítems que se puede necesitar para realizar un estimativo rápido visual.

- Tablero de sujeción para los planos
- Bolígrafo o lápiz
- Cámara fotográfica, preferible instantánea.
- Cinta o gancho para fijación de las fotos
- Regla (opcional para esquemas de dibujo)
- Hoja de referencia rápida, incluyendo información de cotas, etc.

4.1.6 Información de suelos.

Puesto que las condiciones de los suelos no se pueden identificar visualmente en el sitio, se hace necesario disponer de información y mapas geotécnicos del campo, así como de mapas geológicos y otra información mineralógica y ubicar dicha información en un formato de uso confiable.

4.2 Aplicación del Método Inspección Visual Rápida “RSP”

El método “RSP” consiste en la inspección de una edificación desde el exterior para determinar rápidamente si el edificio es adecuado para soportar las fuerzas sísmicas que pueden presentarse eventualmente y evaluar si hay dudas razonables en cuanto al comportamiento sísmico del edificio. En conclusión determinaría si el edificio deberá someterse a una investigación más detallada en cuanto a su “potencia” de resistencia sísmica.

Este método evalúa las edificaciones a través de un formato standard que se muestra en el anexo B “Ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones”, que a sido desarrollado para tres de niveles de sismicidad, según los mapas NEHRP² (alto, moderado y bajo) el cual debe ser llenado de manera progresiva con una mínima escritura, ya que los ítems que se presentan dentro de este formato simplemente se deben encerrar con un círculo. La calificación del puntaje de riesgo estructural y modificadores del comportamiento sísmico “RSP” es presentado en el anexo B.

A continuación describiremos más a detalle la aplicación del método RSP y la secuencia de llenado del formato standard, pero cabe precisar, que para la presente tesis se restringe el rango de evaluación de edificaciones, solo a edificaciones de concreto armado con sus

² NEHRP National Earthquake Hazards Reduction Program

diferentes configuraciones estructurales especificadas en la norma sismo resistente “E-030”, descritas en el capítulo 3 y que son aplicables en la descripción del tipo estructural de la tabla 4.1.

4.2.1 Identificación de la categoría estructural básica y su uso

Consiste en identificar la categoría estructural básica más apropiada de la edificación y su uso a través de la tabla 4.1, la cual especifica los diferentes tipos estructurales y sus posibilidades de uso definidos por este método.

<i>Determinación del sistema estructural</i>		
<i>Tipo estructural</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Año de construcción</i>
Estructura de madera de cualquier tipo	W	
Estructura de acero resistente a momento	S1	
Estructura de acero arriostrada	S2	
Estructura de metal ligero	S3	
Estructura de acero con muros de corte	S4	
Estructura de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada	S5	
Pórticos de concreto resistente a momento	C1	
Estructura con muros de corte	C2	
Estructura de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada	C3	
Estructuras inclinadas y elevadas	PC1	
Estructuras de concreto pre-moldeado	PC2	
Mampostería no reforzada	URM	
Mampostería reforzada y confinada	RM	
<i>Determinación del tipo de edificación según su uso</i>		
<i>Tipo de la edificación según uso</i>	<i>Carga de ocupación m2/persona</i>	
Residencial	100-300	
Comercial	50-200	
Oficinas	100-200	
Industrial	200-500	
Sala pública	>10	
Centro educativo	50-100	
Gubernamental	100-200	
Servicio de emergencia	100	

Tabla 4.1: Categorías estructurales y cargas de ocupación según uso

Para cada categoría estructural existen puntajes básicos de riesgo estructural los cuales dependen de su comportamiento sísmico y están ligados directamente a la susceptibilidad de ser dañadas.

En este método se plantean puntajes básicos de riesgo estructural las cuales han sido estimadas por expertos y basadas en pasadas experiencias sísmicas, Estos puntajes básicos de riesgo estructural se muestran en la tabla 4.2. y también dentro del anexo B.

Tipo Estructural	Descripción del Edificio	Riesgo		
		Bajo	Moderado	Alto
		Área Sísmica Mapa de Áreas de NEHRP		
		(1,2)	(3,4)	(5,6,7)
W	Estructura de madera de cualquier tipo	8.5	6.0	4.5
S1	Estructura de acero resistente a momento	3.5	4.0	4.5
S2	Estructura de acero arriostrada	2.5	3.0	3.0
S3	Estructura de metal ligero	6.5	6.0	5.5
S4	Estructura de acero con muros de corte	4.5	4.0	3.5
S5	Estructura de acero con muros de relleno de mampostería	3.0	2.0	1.5
C1	Pórticos de concreto resistente a momento	4.0	3.0	2.0
C2	Muro de corte	4.0	3.5	3.0
C3	Estructura de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada	3.0	2.0	1.5
PC1	Estructuras inclinadas y elevadas	3.5	3.5	2.0
PC2	Estructuras de concreto pre-moldeado	2.5	2.0	1.5
URM	Mampostería no reforzada	2.5	2.0	1.0
RM	Mampostería reforzada	4.0	3.5	3.0

Tabla 4.2: Puntajes básicos de riesgo estructural según niveles de sismicidad

Los puntajes de peligro estructural básico tienen un rango que va desde 1 a 8.5 según sea el tipo estructural en el área del “Mapa de NEHRP”, los valores han sido determinados de tal manera que un edificio de buen comportamiento tiene un valor alto y un edificio de débil comportamiento tiene un valor inferior.

Para la aplicación de la presente tesis son considerados los siguientes tipos estructurales:

- C1: Pórticos de concreto resistente a momento
- C2: Muro de corte
- C3: Estructura de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada
- URM: Mampostería no reforzada
- RM: Mampostería reforzada

4.2.2 Identificación de los modificadores del comportamiento sísmico “PMF³”

Identificar sobre la base de una inspección visual, los factores significativos que modificarían el comportamiento sísmico de la edificación “Valores PMF³”, como irregularidades en el sistema estructural, deterioro de los materiales constitutivos,

NEHRP National Earthquake Hazards Reduction Program, ³ PMF Performance Modification Factors

condiciones adversas de suelos etc., que afectaría negativamente el comportamiento sísmico. El método RSP presenta estos factores “PMF” ordenados y determinados, los cuales se muestran en la tabla 4.3, anexo B y se detallan a continuación:

1) Edificación de gran altura

Las edificaciones evaluadas deberán ser ubicadas dentro de un sistema estructural, el cual se clasifica según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección, de acuerdo a ello esta edificación tendría una limitación de altura que no se debería exceder para asegurar un comportamiento estructural satisfactorio. Según la norma E-030, la albañilería armada o confinada debería limitarse a una altura máxima de 15 m.

2) Fallas observables.

Generalmente los efectos de las fallas observables cara al impacto que tendrían en el comportamiento sísmico de las edificaciones, son los mas difíciles de cuantificar, las patologías y sintomatologías de cada grieta o fisura son diversas y algunas de ellas pueden ser muy peligrosas para la estabilidad estructural. Es por ello que para la presente tesis se plantean en los primeros dos capítulos el desarrollo de las principales patologías y sintomatologías a tener en cuenta en la inspección de una edificación de concreto armado como son, fisuraciones inherentes al mismo concreto en sus diferentes estados y con respecto a su interacción con el acero de refuerzo.

La identificación de estas fallas observables frecuentemente requiere de mayor detalle en la inspección, pero en general el nivel de mantenimiento de la edificación es el más rápido indicador visual.

Este modificador debería ser tomado en cuenta cuando haya claridad sobre el impacto estructural en la edificación.

3) Irregularidad vertical

Este modificador es aplicable a todos los tipos de estructuras. Si la edificación es irregular en su configuración vertical según pautas establecidas por la norma E-030, si las paredes no son perpendiculares al suelo de cimentación, si existe desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

4) Piso blando o dúctil

Esta referido a las discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez de un piso con respecto a otro, dentro de una misma edificación. El efecto de piso blando es difícil de verificar sin conocimiento de cómo los edificios fueron diseñados y como las fuerzas laterales son transferidas de piso a piso hacia la fundación.

Se recomienda tener especial cuidado en la verificación de grandes áreas de piso o diafragma, por efecto de discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte dentro de cada piso, analizando cada dirección, ya que puede tener el efecto de piso blando en una

dirección y en la perpendicular ser sólido. Si existe evidencia de estas deficiencias se debe considerar este modificador. Revisar mayores detalles en la norma E-030.

5) Torsión

Este modificador se aplica en la situación donde la torsión significativa podría ocurrir debido a mayores excentricidades en el sistema de fuerzas resistentes laterales, por ejemplo rigidez excéntrica en planta y falta de simetría de la edificación.

6) Planta irregular

Este modificador se aplica todo tipo estructural y es un problema típico de las formas irregulares de planta tales como “L”, “E”, “U” o “T” o cuando una de sus longitudes es demasiado grande respecto a la otra y mas aun cuando la densidad de muros es mucho menor en la dirección mas corta. Revisar mayores detalles en la norma E-030.

7) Posibilidad de golpeo

Este modificador se aplica cuando hay una pequeña, o no existe distancia de separación entre edificaciones adyacentes, creando la posibilidad de impacto entre ellos debido a sus deflexiones durante el sismo. Si los pisos de los edificios son de diferente elevación, es particularmente peligroso que uno de los pisos golpee la columna del otro y haga colapsar parcial o totalmente la edificación. La posibilidad de golpeo es un problema solo cuando la junta de dilatación o separación entre ambos edificios es insuficiente, es solo aplicable para la presente tesis para el tipo estructural C1 y PC1. Revisar mayores detalles en la norma E-030.

8) Estructuras de gran peso

Las estructuras de gran peso que no están conectados al sistema estructural, pueden caer de las edificaciones durante la acción sísmica generando peligro para la vida, por lo que este modificador se aplicará cuando exista estructura como paneles, tabiques, avisos publicitarios, etc., que no este debidamente conectados o cimentados sobre la estructura resistente. Revisar mayores detalles en la norma E-030.

9) Columnas cortas

El efecto de columnas cortas es un efecto relacionado con las edificaciones de concreto armado, y básicamente se produce cuando las columnas estas diseñadas para soportar ciertas cargas laterales y constructivamente se le adicionan cargas laterales muy superiores, debido a que físicamente en el rango medio de altura de columna se conectan muros o placas que no estaban consideradas en el diseño, esto genera que durante la acción sísmica las columnas colapsen y puedan generar el colapso de la estructura dependiendo de la ubicación e importancia dentro de la edificación. Este modificador es exclusivamente aplicado a edificaciones tipo C1, C2, C3, URM y RM.

10) Año pos reglamentación

Se aplica este modificador a las edificaciones diseñadas antes del año de promulgación del código sismorresistente (año:1977). Este criterio se aplica debido a que las edificaciones

mas antiguas son las que presentan las mayores deficiencias en el sistema estructural sismo resistente por falta de especificaciones mínimas de diseño y construcción.

11) Perfil del suelo

Este modificador es muy importante y es aplicable a todo tipo estructura. El tipo de suelo tiene mucha influencia en la amplitud y duración de los esfuerzos de corte y por consiguiente de los daños estructurales que pueda causar en una edificación

Para el propósito del método RSP, es suficiente categorizar el suelo en tres tipos que se describen en la tabla 4.3, naturalmente no es posible identificar el tipo de suelo en una inspección de campo, por lo que se recomienda agenciarse previamente de información que permita tener mayores elementos de juicio en la identificación del tipo de suelo. Este método establece tres tipos de suelo que han sido establecidos por la NEHRP Provisions (BSSC; 1985) y son explicados brevemente en la tabla 4.3.

<i>Determinación de los modificadores del comportamiento sísmico</i>	
<i>Modificador</i>	<i>Descripción</i>
Edificación de gran altura	Con mas de 8 pisos y azoteas
	Mampostería no reforzada (URM) con mas de 4 pisos, menos de 15 m
Fallas observables	Deterioro y envejecimiento de los materiales constitutivos
	Asentamientos diferenciales y totales
	Agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos estructurales
	Agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos no estructurales
Irregularidad vertical	Pasos en elevación
	Paredes inclinadas
	Discontinuidad en la trayectoria de carga
	La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.
Piso blando o dúctil	Formas abiertas e irregulares. Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.
	Gran área de piso o diafragma por efecto de discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte
Torsión	Rigidez excéntrica en planta, falta de simetría de la edificación
Planta irregular	Forma de L
	Forma de U
	Forma de T
	Forma de E
	Otra forma irregular

<i>Determinación de los modificadores del comportamiento sísmico</i>	
<i>Modificador</i>	<i>Descripción</i>
Posibilidad de golpeo	Junta de Separación sísmica "s" mayor que: $(s = 3 + 0.004 (h - 500))$ donde: h = altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s en cm., y s en centímetros
	Pisos de niveles de edificio adyacentes no alineados y con separación menor de 10 cm.
Estructuras de gran peso	Revestimientos grandes y pesados adheridos a la estructura
	Paneles de concreto adheridos a la estructura
	Vidrios y ventanas grandes adheridos a la estructura
	Enchapados adheridos a la estructura
	Muros de mampostería sin adecuada conexión adheridos a la estructura
Columnas cortas	Columnas restringidas parcialmente por paredes medianeras
	Columnas restringidas parcialmente por vigas transversales
Año pos reglamentación	Edificaciones diseñadas antes del año de promulgación del código sismorresistente (año:1977)
Perfil del suelo	SL1: Roca o arcilla dura con profundidades menor que 60 m.
	SL2: Suelo cohesivo o arcilla dura con profundidad mayor que 60 m.
	SL3 & 1-7 pisos: Arcilla medianamente dura a blanda con profundidad igual a 9 m. ó más. Se usa cuando no se conoce el tipo de suelo
	SL3 & 8-20 pisos: Edificación de 8 a 20 pisos con perfil de suelo SL3

Tabla 4.3: Modificadores del comportamiento sísmico

El método propuesto, determina que luego de haber llenado el formato stadard del anexo B en sus dos primeras fases, se debe determinar por ultimo, el Calificador Estructural “S”.

4.2.3 Determinación del valor del Calificador Estructural “S”

Después de haber identificado la categoría estructural básica, su uso y los modificadores del comportamiento sísmico, se procederá a substraer estos valores “PMF” del puntaje de peligro estructural básico dentro del anexo B, para obtener el calificador estructural “S”.

El calificador estructural es una medida del grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación, si es alto, la edificación tiene un buen comportamiento sísmico, si es bajo, el comportamiento sísmico de la edificación no es bueno y debería efectuarse un análisis mas detallado por un profesional experimentado en ingeniería estructural. Generalmente si el calificador estructural es menor a “ $S < 2$ ”, esta edificación no tiene un adecuado comportamiento sísmico y debería ser evaluado rigurosamente.

Finalmente puntualizamos algunos datos correspondientes a la “Ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones”, anexo B.

- (*): Al llenar el formato si hay cierta información que no es confiable o es subjetiva, el inspector debería indicarla al costado del asterisco (*).
- Al efectuar la inspección hay que verificar según la Norma Sismo Resistente “E-030”, en que zona sísmica del país nos encontramos y de acuerdo a esta información se debe elegir el formato standard que corresponda según el nivel de sismicidad (Anexo B1: Sismicidad Alta, Anexo B2: Sismicidad Moderada, Anexo B3: Sismicidad Baja)
- Cuando la categoría estructural básica, no esta claramente definida o tiene mixtura de dos o más categorías vertidas en la tabla 4.2, se debe evaluar cada una de ellas y se tendría un proceso de eliminación, esta aproximación podría permitirle al inspector asignar él más desfavorable puntaje estructural asociado con el más desfavorable sistema estructural.
- El área del anexo B que corresponde a “Mapa de Áreas” esta diseñado con el objeto de que el inspector tenga un espacio donde pueda dibujar un esquema a cierta escala que permita tener una concepción más clara de la edificación evaluada.
- El área del anexo B que corresponde a “Foto Instantánea” esta diseñado con el objeto de que el inspector coloque aquí una foto que permita identificar la edificación evaluada. Asimismo se recomienda tomar todas las fotos adicionales que se crean convenientes a fin de mostrar todas las deficiencias plasmadas en el formato standard.

4.3 Trabajo de campo

Para efectuar un buen trabajo de campo que evalúe eficientemente el sistema estructural, el tipo de edificación según el uso y cada uno de los modificadores del comportamiento sísmico, se propone, que en el levantamiento de información de campo, se utilice la ficha de campo ATC – 21 (anexo A.), que complementará a la ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones (anexo B) a fin de efectuar una mejor inspección, estas guías no son limitativas si no referenciales. Por tanto se recomienda detallar la mayor cantidad de información posible que se pueda recogerse del campo con la finalidad de tener un diagnostico mas objetivo.

4.4 Análisis de la información y diagnóstico

Después de haber evaluado la edificación a través de la ficha de campo ATC - 21 (anexo A) y ficha de inspección visual rápida del riesgo sísmico de edificaciones (anexo B), finalmente se podrá obtener el calificador estructural “S”.

4.4.1 Interpretación del calificador estructural “S” del “Método ATC-21”

Habiendo determinado el calificador estructural S para cada edificación, hay que precisar que este, fundamentalmente nos describe la probabilidad de una edificación a mantenerse levantada y sin daños significativos ante la ocurrencia de un sismo severo. Por tanto los valores altos de “S” implican mayores seguridades, y los valores bajos de “S” implican riesgo sísmico.

De manera complementaria después de conocer el riesgo sísmico de la edificación se recomienda evaluar la información de cada una de las fallas estructurales visibles y a fin de recomendar las probables soluciones técnicas que disminuyan este riesgo.

4.4.2 Diagnóstico

El diagnóstico de las condiciones de seguridad estructurales y no estructurales de la edificación se basará en el análisis desarrollado en el paso anterior y se debe tener como referencia de comparación los requisitos exigidos por el reglamento nacional de construcciones y demás reglamentos vigentes, para ello habrá que sustentar en cada elemento evaluado la norma que infringe.

De esta manera se podrá tener un diagnóstico objetivo y acertado de la edificación, respaldado por un sustento técnico.

4.5 Redacción del informe técnico

Se propone que el desarrollo del informe de inspección técnica de seguridad estructural de edificaciones de concreto armado se redacte siguiendo los lineamientos propuestos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) los cuales se presentan en el anexo C, pero con algunas propuestas complementarias sobre el desarrollo de la evaluación estructural de las edificaciones en el ítem: “**De la construcción**” del anexo C.

Al respecto, en negrillas, se describen las propuestas complementarias:

4.1. DESCRIPCIÓN

4.1.6. De la construcción

Desarrollar: Indicando el tipo de construcción, las características constructivas y señalando el año de construcción.

Propuesta complementaria.

Con la finalidad de complementar la descripción considerada en el anexo C, y mantener un formato standard que implica mantener un orden, se propone adjuntar la Ficha de Campo ATC – 21 (Anexo A), y seguir el orden de descripción según los modificadores del comportamiento sísmico propuestos.

4.2. VERIFICACIÓN

4.2.1. VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS

A. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Corresponde al análisis en base a la verificación, sobre el cumplimiento de la normatividad vigente desde el punto de vista de seguridad en Defensa Civil (vida) del objeto de inspección, debe incidir en los aspectos de vulnerabilidad que generen riesgo (ambientes sin seguridad o con deficiencias por incumplimiento de la Normatividad en Defensa Civil).

Importante:

Debe verificarse el cumplimiento de las normas para contrarrestar los riesgos que se presentan en esta materia.

Es obligatorio que el Inspector cite los artículos pertinentes de las Normas de Seguridad en Defensa Civil (emitidos por los organismos competentes del Estado), como sustento.

Tener presente que el Informe es un documento de carácter público y se asumen responsabilidades por lo que en él se indique u omita.

Nota.- Los estudios y pruebas:

Son aplicables para el caso de las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil del tipo de Detalle y Multidisciplinaria.

El propietario y/o conductor deberá entregar copia de los estudios, pruebas y/o mediciones que existan sobre las instalaciones.

A.2. Verificación de Estructuras y Acabados:

El análisis debe determinar si las instalaciones generan riesgo o no a la vida humana.

Cimientos, columnas, muros o paredes, estructura y cobertura de techo, cielorraso, tabiquería de madera, pisos, giro de puertas y ventanas, ancho de pasadizos, puertas, dimensión de escalera, determinar el aforo, entre otros.

Propuesta complementaria.

Con la finalidad de complementar la verificación considerada en el anexo C, y mantener un formato standard que implica mantener un orden, se propone adjuntar la Ficha de Inspección Visual Rápida del Riesgo Sísmico de Edificaciones (ATC-21), Anexos B1, B2 y B3, y verificar siguiendo el orden de los modificadores del comportamiento sísmico propuestos.

4.3. CONCLUSIONES:

Estas deben ser determinantes y concretas, basadas en el análisis de las situaciones observadas durante la verificación del objeto de inspección: a nivel estructural, no estructural, de seguridad y protección contra incendios y de las condiciones espaciales.

Numerar las conclusiones en forma correlativa a partir de uno.

Se deberá indicar en cada conclusión según el nivel verificado (condiciones físicas: estructural, no estructural y de seguridad y protección contra incendios, y condiciones espaciales (entorno)) si cumple o no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

4.3.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS:

A. A NIVEL ESTRUCTURAL

A.2. A nivel de Estructuras y Acabados

Sobre la situación que presenta el objeto de inspección en base a la verificación estructural.

4.4 CONCLUSION GENERAL

Debe indicarse finalmente si sobre la situación general que posee el objeto de inspección **cumple o no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensas civiles vigentes tanto físicas como espaciales**. El inspector debe ser contundente, para no dar lugar a ambigüedades o dudas, recordando que está de por medio la vida humana tener en cuenta que el informe es un documento de carácter público-oficial y se asumen responsabilidades por lo que en el se indique u omita.

Nota:

El Inspector o Grupo Inspector no deberá bajo responsabilidad indicar que el local objeto de inspección cumple con las condiciones de seguridad en Defensa Civil, sí en algunas de las conclusiones: a nivel arquitectónico, estructural, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y electrónicas, no estructural, de seguridad y protección contra incendios o del entorno, se indica que NO cumple.

Propuesta complementaria.

Con la finalidad de complementar las conclusiones consideradas en el anexo C, se propone seguir el orden de los modificadores del comportamiento sísmico propuestos y tener en consideración el resultado del calificador estructural “S” del “Método ATC-21” como conclusión final.

4.5. RECOMENDACIONES

Éstas se derivan de las conclusiones y se formulan para cumplir con las condiciones de seguridad en Defensa Civil.

Deben ser claras, concretas y viables de ejecución.

Los inspectores recomendarán únicamente sobre las situaciones y deficiencias encontradas en el objeto de inspección o su entorno, que representen peligro a la vida de las personas, que habitan, trabajan o concurren al objeto de inspección, a su salud, a su patrimonio, o al entorno.

Numerar las recomendaciones en forma correlativa a partir de uno. Las recomendaciones son disposiciones correctivas de cumplimiento obligatorio, que pueden ser de carácter inmediato cuando el peligro es inminente o de carácter mediato cuando su obligación de ejecución para conseguir un estado de seguridad pueda permitir un plazo determinado.

Las recomendaciones deben indicar el plazo otorgado para el cumplimiento de éstas, así como de ser pertinente, se indicará adicionalmente los documentos de gestión que sean necesarios dirigir a las autoridades competentes a fin de que éstas (Ministerio Público; Direcciones Regionales Sectoriales de Salud, Educación, etc.; Prefectura; Sub Prefectura; Presidente del Gobierno Regional; Defensoría del Pueblo; etc., según corresponda) tomen las acciones prioritarias del caso, en salvaguarda de la vida humana. En ningún caso se deberán precisar o indicar sanciones de tipo legal para los propietarios y/o conductores del bien objeto de inspección.

Es conveniente que el inspector cite en las recomendaciones los artículos pertinentes de las Normas de Seguridad en Defensa Civil (emitidos por organismos competentes del Estado), como sustento de las mismas.

Tener en cuenta que el informe es un documento de carácter público-oficial y se asumen responsabilidades por lo que ahí se indique u omita.

4.5.1. CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS

A. A NIVEL ESTRUCTURAL

A.2. A nivel de Estructuras y Acabados

Sobre la situación que posee el objeto de inspección – establecer plazos de subsanación.

Propuesta complementaria.

Con la finalidad de complementar las recomendaciones consideradas en el anexo C, se propone seguir el orden de los modificadores del comportamiento sísmico propuestos, y tener en consideración el resultado del calificador estructural “S” del “Método ATC-21” en la recomendación final, cara a la sugerencia de una evaluación sísmica mas detallada y profunda de la edificación evaluada.

CAPITULO 5

INSPECCIONES TECNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN DEFENSA CIVIL EJECUTADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL Y APLICACIÓN DEL METODO ATC-21

En este capítulo presentamos el desarrollo de dos informes de inspecciones técnicas de seguridad en defensa civil, realizadas por el Instituto Nacional de Defensa Civil a través de sus inspectores técnicos:

El primer caso se refiere a la inspección técnica de seguridad en defensa civil (ITSDC), realizada al Estadio Nacional, ejecutada por Dirección Regional de Defensa Civil de Lima – Callao, a solicitud del Instituto Peruano del Deporte y desarrollada durante los días 14 a 16 de enero del año 2004. Dicha inspección fue hecha con la finalidad de evaluar las condiciones de seguridad de estas instalaciones cara a la Copa América 2004.

El segundo caso se refiere a la inspección técnica realizada a la Clínica Peruano Americana, ejecutada por Dirección Regional de Defensa Civil de La Libertad, a solicitud del Director de la clínica y desarrollada el día 02 de septiembre del año 2004. Dicha inspección fue hecha con la finalidad de evaluar las condiciones de seguridad de esta edificación esencial como requisito exigido por el gobierno local.

Finalmente presentaremos la aplicación del método propuesto en la presente tesis a la evaluación de las condiciones de seguridad estructurales de la Clínica Peruano Americana, discutiendo las ventajas y desventajas en comparación con las inspecciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Defensa Civil “INDECI”.

5.1 Resumen de la ITSDC del Estadio Nacional

A continuación se presenta el resumen de la evaluación estructural del informe de inspección técnica de seguridad en defensa civil ejecutado por la Dirección Regional de Defensa Civil de Lima – Callao “INDECI”.

TIPO DE INSPECCIÓN:	BÁSICA ☐	DE DETALLE ☒	MULTIDISCIPLINARIA ☐
CLASE DE INSPECCIÓN:	A SOLICITUD DE PARTE ☐	DE OFICIO ☒	

I. DATOS DEL OBJETO DE INSPECCION

Nombre del objeto de inspección:	Estadio nacional
Dirección / ubicación:	Jr. José Díaz S/n esquina con Paseo de la República y Jr. Madre de Dios.
Distrito:	Lima.
Provincia:	Lima.
Departamento:	Lima.
Tipo de edificación:	Edificación deportiva.
Nombres y apellidos:	Fernando Pineda Arias.
Documento de Identidad / RUC:	RUC N° 20135897044.
Teléfono / fax:	433-5383

II. REFERENCIAS

N° solicitud de inspección:	De oficio
Órgano ejecutante:	Dirección Regional de Defensa Civil de Lima - Callao
Fecha y hora de la inspección:	14 de enero de 2004 10:00 a.m. – 6:00 p.m. 15 de enero de 2004 8:30 a.m. – 5:00 p.m. 16 de enero de 2004 9:00 a.m. – 4:30 p.m.

III. DESARROLLO

3.1 DESCRIPCIÓN

3.1.6 De la Construcción.

El local fue inaugurado el 27 de octubre de 1952, no hay datos sobre su licencia de construcción. No cuenta con licencia de funcionamiento al amparo de la Ley N° 328. No se han alcanzado planos correspondientes a las estructuras. Durante los últimos 15 años aproximadamente se han venido haciendo remodelaciones (oficinas y SSHH de oficinas y tribunas), y restauraciones (tribunas de norte y sur).

La edificación en general ha sido diseñada y construida teniendo en cuenta los aspectos estructurales y constructivos de las normas técnicas de construcción, y que actualmente forman parte integral del Reglamento Nacional de Construcciones, así como de las normas E.030, Norma de diseño sismo resistente, E.060 y ACI 318-95.

Con forma geométrica circunscrita dentro de un círculo-elíptico característico en el diseño arquitectónico de todo campo deportivo, éste, cuenta con estructura de concreto armado del tipo aporticado. Las columnas que radialmente circundan el local soportan las vigas y estas a su vez la losa inclinada sobre la cual se asientan las graderías para los espectadores. Existe además dos estructuras importantes que son dos grandes losas en voladizo que saliendo de los cabezales de las columnas y vigas perimétricas cubren una la tribuna de occidente y la otra la de oriente. Los muros y tabiquería de cierre son de ladrillo.

Debajo de la estructura principal que conforma las graderías se encuentra una estructura secundaria en varios niveles de edificación, también de concreto armado y muros de ladrillo, que alberga los servicios complementarios de este local deportivo.

3.2 VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

3.2.2 Estructuras:

Se ha encontrado parcialmente daños o afectación en la estructura secundaria a nivel de las losas en las tribunas y graderías, por lo que podemos afirmar lo siguiente:

- Destrucción parcial del recubrimiento de la armadura y corrosión de la misma en forma notoria en diversos lugares de la estructura de losas que soportan las graderías de los espectadores y en la base de los grandes voladizos de las tribunas de oriente y occidente. Estas fallas hacen prever que existe mayor daño interior en el refuerzo del concreto, pues para que esto sea notorio a la vista ha pasado todo un proceso, primero

de agrietamiento del concreto y luego corrosión interior de la armadura hasta lograr desprender la capa de recubrimiento, sin embargo, es posible la reparación ya que la mayor parte de la estructura tiene la suficiente calidad y conservación, permitiendo hacerse las reparaciones necesarias, de acuerdo a lo indicado en las especificaciones de la ASTM (C-150), ASTM (A-15) y ASTM (C-33).

- El agrietamiento de los bordes de las estructuras aledañas, pone al descubierto en algunos casos, la armadura de refuerzo, debido al traumatismo estructural que se produce cada vez que una sollicitación sísmica actúa y la estructura no se mueve libremente, sino que choca entre ella.
- Humedecimiento constante de diversos elementos estructurales, especialmente en losas, que afectará la estructura en grados imprevisibles. La mayoría de estos casos es por defectos de algunas instalaciones sanitarias que filtran agua, por inadecuado sistema de limpieza mediante riego de las tribunas y por la falta de protección pluvial.
- No se han observado agrietamientos en las estructuras principales, columnas y vigas.

3.5 CONCLUSIONES

3.5.1 A NIVEL ESTRUCTURAL

Estructuras

Existe evidencia de daño moderado por los siguientes aspectos:

- Disminución de la capacidad portante de losas por corrosión de la armadura. **No cumplen** con las condiciones de seguridad en defensa civil.
- Traumatización de la estructura por inadecuado tratamiento de juntas sísmicas. **No cumplen** con las condiciones de seguridad en defensa civil.
- Deterioro de los elementos estructurales a nivel de losas donde se localizan las graderías por efecto del humedecimiento constante por fugas en las instalaciones sanitarias y precipitación pluvial, originando el desprendimiento del recubrimiento parcial del concreto a nivel de losas. **No cumplen** con las condiciones de seguridad en defensa civil.
- Se verificó, el reemplazo completo de la losa de concreto que forma parte de las graderías en la zona de la tribuna norte, encontrándose en buen estado de conservación y sin daños en dicho elemento. **Cumplen** con las condiciones de seguridad en defensa civil.

3.5.4 CONCLUSIONES GENERALES

El Estadio Nacional, **no cumple** con las condiciones de seguridad en defensa civil.

3.6 RECOMENDACIONES

3.6.1 A NIVEL ESTRUCTURAL

Estructuras

- Efectuar las obras de rehabilitación de la estructura afectada o dañada a nivel de losas, sometiendo previamente estos elementos estructurales a una revisión técnica de resistencia y capacidad portante, para proceder a la reparación especializada de todos los elementos estructurales expuestos a corrosión. RNC E-060. Plazo 20 días.

- Restituir todas las juntas sísmicas a sus dimensiones de diseño y protegerlas con adecuadas tapa juntas RNC E-060. Plazo 20 días.
- Eliminar las posibilidades de humedecimiento de la estructura mediante una adecuada impermeabilización. RNC E-V-01. Plazo 10 días.
- Remover y retirar todos los elementos de concreto que están por desprenderse a nivel de cielo raso de las losas sobre la cual se proyectan las tribunas y graderías del estadio. RNC E-060. Plazo 10 días.
- Suspender el riego que se efectúa en las tribunas durante la limpieza hasta que se logre controlar las filtraciones y sellar las grietas y juntas constructivas RNC E-060. Plazo Inmediato.

JOSE ANTONIO SEGURA ARRIVABENE
PEREZ

ARQUITECTO
CAP N° 2689

FERNANDO GAYOSO

ING. CIVIL
CIP N° 41113

MIGUEL ANGEL DIAZ TATAJE
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
CIP N° 47191

5.2 Resumen de la ITSDC de la Clínica Peruano Americana

A continuación se presenta el resumen de la evaluación estructural del informe de inspección técnica de seguridad en defensa civil ejecutado por la Dirección Regional de Defensa Civil de La Libertad “INDECI”.

TIPO DE INSPECCIÓN: BÁSICA ☐ DE DETALLE ☒ MULTIDISCIPLINARIA ☐
 CLASE DE INSPECCIÓN: A SOLICITUD DE PARTE ☒ DE OFICIO ☐

IV. DATOS DEL OBJETO DE INSPECCIÓN

Nombre de la instalación: Clínica Peruano Americana
 Dirección / ubicación : Av. Mansiche N° 810, Urb. Santa Inés
 Distrito: Trujillo
 Provincia: Trujillo
 Departamento: La libertad
 Tipo de edificación: Clínica
 Solicitante: Gerardo Salazar Bejarano (Director)
 DNI: 17839706
 Teléfono: 250277

V. REFERENCIAS

N° de solicitud de inspección: PR – N° 01316
 Órgano ejecutante: Dirección Regional de Defensa Civil La Libertad
 Fecha y hora de la inspección: 02 de septiembre del 2004 – 16:00 horas

VI. DESARROLLO

3.1. DESCRIPCIÓN

3.1.6. De La Construcción.

Materiales y acabados predominantes

La edificación ha sido constantemente remodelada adecuándose a las necesidades de servicio al público, pudiéndose notar el crecimiento en 4 Bloques constituyéndose en una edificación de uso para la Salud.

Tipo de construcción:

Construcción de 3 a 4 pisos de altura, con muros de albañilería de cabeza

Características constructivas:

Visualmente se aprecia un buen estado de conservación de las estructuras y acabados.

Año de construcción:

No se precisa exactamente, pero la fecha de trámite en la Municipalidad Provincial de Trujillo es 1,971

De acuerdo a los planos alcanzados por el personal de la Clínica se pudo constatar y verificar que la edificación cuenta con cimientos y sobre cimientos corridos de concreto ciclópeo.

La estructura de la Clínica Peruano- Americana está compuesta de muros de albañilería confinada y elementos estructurales de concreto armado como cimentaciones, vigas,

columnas, losas aligeradas, y coberturas livianas en la Zona de depósito en el Cuarto nivel del Bloque N° 3.

Los techos de los pabellones están contruidos de la siguiente manera:

Bloque No. 01

Primer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Segundo piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Tercer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Cuarto piso de coberturas livianas (Eternit).

Bloque No. 02

Primer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Segundo piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Tercer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Cuarto piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.

Bloque No. 03

Primer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Segundo piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Tercer piso de aligerado de $e = 0.20\text{m}$. Con columnas y vigas peraltadas.
 Cuarto piso de coberturas livianas (Eternit) y tabiquería de madera...

Bloque No. 04

En proceso de construcción

El estado de consideración de las edificaciones y sus elementos estructurales en general están en buenas condiciones.

3.2. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

3.2.1. Estructuras en general y acabados:

Bloque N° 1

Dado que no se registra información recibida sobre el particular y teniendo en consideración el tipo de estructura, la cual es similar al Bloque N°, se puede inferir que esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente E0.30, pudiendo además estar **en desacuerdo** con el RNC (Diseño en Albañilería y E0.60 Concreto Armado)

Bloque N° 2

- a) De los planos obtenidos del bloque 2 se verifica que la estructura no presenta una densidad de muros apropiada para resistir carga sísmica en ambos sentidos. Esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente, siendo una estructura esencial (categoría A) en la cual su función no deberá interrumpirse después de un sismo. **en desacuerdo** con NTE E.030 y RNC (Diseño en Albañilería).
- b) La estructura no presenta en los dos primeros pisos una viga continua en un eje de resistencia. **en desacuerdo** con NTE E.030

- c) El refuerzo por corte de las columnas resulta a la práctica insuficiente para que el elemento cumpla con los requerimientos de diseño actuales y resista de manera adecuada las cargas a que va a ser sometida la estructura. RNC (Diseño en Albañilería)
- d) Los planos de cimentaciones de este Bloque no presentan la resistencia admisible del terreno de fundación por lo que resulta incierta la resistencia de la cimentación. **en desacuerdo** con NTE E.050

Bloque N° 3

Dado que no se registra información recibida sobre el particular y teniendo en consideración el tipo de estructura, la cual es similar al Bloque N° 2, se puede inferir que esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente E0.30, pudiendo además estar **en desacuerdo** con el RNC (Diseño en Albañilería y E0.60 Concreto Armado)

3.3 CONCLUSIONES

3.3.1. A Nivel Estructural:

Estructuras en General y Acabados:

Bloque N° 1

Dado a que no se registra información recibida sobre el particular y teniendo en consideración el tipo de estructura, la cual es similar al Bloque N° 2, se puede inferir que esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente y/o el RNC. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.

Bloque N° 2

- a) De los planos obtenidos del bloque 2 se verifica que la estructura no presenta una densidad de muros apropiada para resistir carga sísmica en ambos sentidos. Esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente, siendo una estructura esencial (categoría A) en la cual su función no deberá interrumpirse después de un sismo. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.
- b) La estructura no presenta en los dos primeros pisos una viga continua en un eje de resistencia. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.
- c) El refuerzo por corte de las columnas resulta a la práctica insuficiente para que el elemento cumpla con los requerimientos de diseño actuales y resista de manera adecuada las cargas a que va a ser sometida la estructura. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.
- d) Los planos de cimentaciones de este Bloque no presentan la resistencia admisible del terreno de fundación por lo que resulta incierta la resistencia de la cimentación. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.

Bloque N° 3

Dado a que no se registra información recibida sobre el particular y teniendo en consideración el tipo de estructura, la cual es similar al Bloque N° 2, se puede inferir que esta estructura no cumple con las exigencias actuales de diseño sismo resistente y/o el RNC. La estructura no cumple con las Condiciones de Seguridad en Defensa Civil.

3.4 RECOMENDACIONES

3.4.1 A Nivel Estructural

Estructuras en General y Acabados

Plazo Mediato: 30 días calendario

Bloque I:

Se recomienda la verificación estructural por parte de un Ingeniero Civil con Especialidad en Estructuras, de preferencia un perito del Colegio de Ingenieros del Perú, a fin de determinar el estado actual de dicha estructura de manera técnica.

Bloque II:

- a) La estructura deberá ser reforzada de manera adecuada a fin de incorporar ejes de resistencia y cumplir así con requerimientos de las Normas Técnicas de Edificación Sismorresistente (E 0.30) y de manera general el Reglamento Nacional de Construcciones.
- b) Debe realizarse un Estudio de Mecánica de Suelos a fin de determinar la capacidad portante del terreno de fundación y verificar la cimentación actual respecto a la Norma Técnica de Edificación de Suelos y Cimentaciones (E 0.50) a fin de que se proceda al reforzamiento de su cimentación de ser el caso.

Bloque III:

No habiendo ingresado la documentación requerida, se recomienda la verificación estructural por parte de un Ingeniero Civil con Especialidad en Estructuras, de preferencia un perito del Colegio de Ingenieros del Perú.

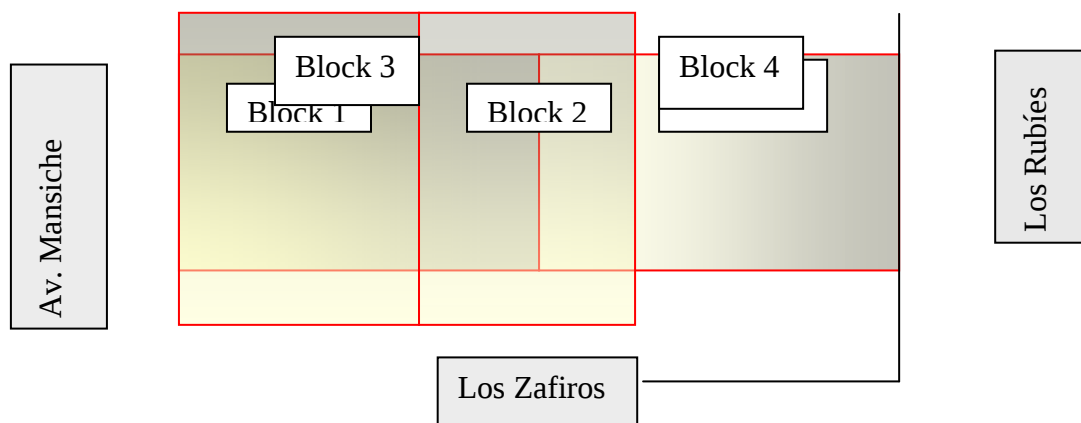


Figura 5.1: Definición de Block en la Clínica Peruano Americana

MARCOS ANGULO CISNEROS
ARQUITECTO
CAP – 3657

FERNANDO LA ROSA
ING. CIVIL
CIP - 51765

CARLOS BENITEZ GUTIERREZ
ING. MECANICO ELECTRICO
CIP – 28799

5.3 Aplicación del Método ATC-21

A continuación se presenta la aplicación del Método ATC-21 en la inspección técnica de seguridad estructural de la Clínica Peruano Americana dentro del formato de redacción del informe técnico establecido por el INDECI (Anexo C), planteando así la propuesta de la presente tesis la cual se detalla.

TIPO DE INSPECCIÓN: BÁSICA ☐ DE DETALLE ☒ MULTIDISCIPLINARIA ☐
 CLASE DE INSPECCIÓN: A SOLICITUD DE PARTE ☒ DE OFICIO ☐

I. DATOS DEL OBJETO DE INSPECCIÓN

Razón Social: Clínica Peruana Americana
 Nombre Comercial del Establecimiento: Clínica Peruana Americana
 Dirección / ubicación: Av. Mansiche N° 810, Urb. Santa Inés
 Distrito: Trujillo Provincia: Trujillo Departamento: La Libertad
 Tipo de edificación: Salud
(VIV. UNIFAMILIAR, VIV. MULTIFAMILIAR, EDIF. COMERCIAL, EDIF. INDUSTRIAL, EDIF. EDUCATIVA, EDIF. ADMINISTRATIVO, CENTRO DE SALUD, EDIF. DEPORTIVO, EDIF. PARA ESPECTÁCULOS PÚBLICOS, OTROS).

II. DATOS PERSONALES

Propietario: ☐ Representante Legal: ☒ Conductor: ☐
 Nombres y apellidos: Gerardo Salazar Bejarano
 Doc. Ident./RUC: 17839706 TELF./FAX: 250277

III. REFERENCIAS

N° solicitud de inspección: PR – N° 01316
 Órgano ejecutante: Dirección Regional de Defensa Civil La Libertad
(ORGANISMO DEL SINADECI ENCARGADO DE LA EJECUCIÓN)
 Fecha y hora de la inspección: Trujillo 02 de septiembre del 2004 – 16:00 horas

IV. DESARROLLO

4.1 DESCRIPCIÓN

4.1.6. De La Construcción.

A continuación se presenta la Ficha de Campo ATC 21:

FICHA DE CAMPO ATC – 21

Datos generales:			
Fecha: 13 de diciembre del 2004			
Nombre del objeto de inspección: CLINICA PERUANO AMERICANA			
Dirección: Av. Mansiche N° 810 Urb. Santa Inés			
Solicitante: GERARDO SALAZAR BEJARANO			
DNI: 17839706			
Domicilio:			
Actividad o giro del local: Clinica			
Características de la edificación			
Año de construcción: 1969			
Area de terreno en (m2): 1420.96			
Area libre (m2): 50			
Area construida (m2): 3265.75			
Nº de pisos de la edificación: 4			
Zona de importancia sísmica (Z): 3 (Alta Sismicidad)			
Nº de pisos objeto de inspección: 4			
Area total del objeto de inspección (m2): 1420.96			
Nº de personas ocupantes de la edificación: 90			
Determinación del sistema estructural			
Tipo estructural	Símbolo	SI	Comentarios
Estructura de madera de cualquier tipo	W		
Estructura de acero resistente a momento	S1		
Estructura de acero arriostrada	S2		
Estructura de metal ligero	S3		
Estructura de acero con muros de corte	S4		
Estructura de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada	S5		
Porticos de concreto resistente a momento	C1		
Estructura con muros de corte	C2		
Estructura de concreto con muros de relleno de mampostería no reforzada	C3	X	Estructuración mixta
Estructuras inclinadas y elevadas	PC1		
Estructuras de concreto pre-moldeado	PC2		
Mampostería no reforzada	URM		
Mampostería reforzada y confinada	RM	X	Estructuración mixta
Determinación del tipo de edificación según su uso			
Tipo de la edificación según uso	Carga de ocupación m2/persona	SI	Comentario
Residencial	100-300		
Comercial	50-200		
Oficinas	100-200		
Industrial	200-500		
Sala pública	>10		
Centro educativo	50-100		
Gubernamental	100-200		
Servicio de emergencia	100	X	Clínica

Determinación de los modificadores del comportamiento sísmico			
Modificador	Descripción	SI	Presisar ¿Dónde?, ¿Cuándo?
Edificación de gran altura	Con mas de 8 pisos y azoteas		
	Mampostería no reforzada (URM) con mas de 4 pisos		
Fallas observables	Deterioro y envejecimiento de los materiales constitutivos		
	Asentamientos diferenciales y totales		
	Agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos estructurales		
	Agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos no estructurales		
Irregularidad vertical	Pasos en elevación		
	Paredes inclinadas		
	Discontinuidad en la trayectoria de carga	X	No presenta una viga continua en un eje de resistencia
	La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.		
Piso blando o dúctil	Formas abiertas e irregulares. Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.		
	Gran area de piso o diafragma por efecto de discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte		
Torsión	Rigidez excéntrica en planta, falta de simetría de la edificación		
Planta irregular	Forma de L		
	Forma de U		
	Forma de T		
	Forma de E		
	Otra forma irregular	X	Rectangular, largo hasta tres veces el ancho
Posibilidad de golpeo	Junta de Separación sísmica "s" mayor que: $(s = 3 + 0.004 (h - 500))$ donde: h = altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s en cm., y s en centímetros		
	Pisos de niveles de edificio adyacentes no alineados y con separación menor de 10 cm.		
Estructuras de gran peso	Revestimientos grandes y pesados adheridos a la estructura		
	Paneles de concreto adheridos a la estructura		
	Vidrios y ventanas grandes adheridos a la estructura	X	Presenta grandes ventanas de vidrios crudos en altura
	Enchapados adheridos a la estructura		
	Muros de mampostería sin adecuada conexión adheridos a la estructura		

Columnas cortas	Columnas restringidas parcialmente por paredes medianeras	X	Todas las columnas perimetrales
	Columnas restringidas parcialmente por vigas transversales		
Año pos reglamentación	Edificaciones diseñadas antes del año de promulgación del código sismorresistente (año:1977)	X	Diseñada el año 1969
Perfil del suelo	SL1: Roca o arcilla dura con profundidades menor que 60 m.		
	SL2: Suelo cohesivo o arcilla dura con profundidad mayor que 60 m.		
	SL3 & 1-7 pisos: Arcilla medianamente dura a blanda con profundidad igual a 9 m. ó mas. Se usa cuando no se conoce el tipo de suelo	X	No se conoce el tipo de suelo de fundación
	SL3 & 8-20 pisos: Edificación de 8 a 20 pisos con perfil de suelo SL3		

Tabla 4.1: Ficha de Campo ATC - 21

4.2. VERIFICACIÓN

4.2.1. VERIFICACIÓN CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS

A. VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

A.2. Verificación de Estructuras y Acabados:

Se procederá a analizar cada uno de los modificadores del comportamiento sísmico para luego consolidarla en la Ficha de Inspección Visual Rápida del Riesgo Sísmico de Edificaciones “ATC-21”, hasta obtener el valor del calificador estructural “S” y conocer si la edificación tiene o no riesgo sísmico.

1. Edificación de gran altura

La estructura de la Clínica Peruano Americana no tiene una estructuración definida, tiene combinación de albañilería confinada y pórticos de concreto armado cuya altura esta en acuerdo con la Norma E -030 “Norma Sismorresistente”.

2. Fallas observables.

No se observo ningún deterioro o envejecimiento de los materiales constitutivos, asentamientos diferenciales o totales, agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos estructurales y no estructurales; lo cual no representa un riesgo sísmico. En acuerdo con Título VII Requisitos para Materiales y Procedimientos de Construcción.

3. Irregularidad vertical

La estructura tiene discontinuidad en la trayectoria de carga, falta una viga continua en un eje de resistencia. En desacuerdo con el Título VIII Estructuras -Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

4. Piso blando o dúctil

La estructura no tiene ningún piso bajo discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte, por tanto no representa un riesgo sísmico. En acuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

5. Torsión

La estructura no tiene rigidez excéntrica en planta o falta de simetría, por tanto no representa un riesgo sísmico. En acuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

6. Planta irregular

La estructura presenta una planta rectangular muy desproporcionada en su longitud mayor (largo hasta tres veces el ancho), lo cual si representa un riesgo sísmico. En desacuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

7. Posibilidad de golpeo

La estructura tiene juntas sísmicas de 12.5 cm., entre bloque y bloque, no tiene entrepisos de niveles de edificio adyacentes no alineados y con separación menor de 10 cm., por tanto no representa riesgo sísmico. En acuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

8. Estructuras de gran peso

La edificación presenta ventanas grandes de vidrios crudos y a gran altura, los cuales al romperse por la acción sísmica caerían sobre las personas que estén evacuando pudiendo generar la muerte. En desacuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

9. Columnas cortas

La edificación presenta todas las columnas que forman parte del perímetro que están restringidas por paredes medianeras, generando un riesgo sísmico. En desacuerdo con el Título VIII Estructuras -Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

10. Año pos reglamentación

La edificación fue diseñada el año 1969 y construida entre este año y 1978, lo cual demuestra que fue concebida antes del año de publicación del código sismorresistente (año:1977). Se infiere la posibilidad de no haberse tomado en cuenta criterios sismo resistentes.

11. Perfil del suelo

Esta edificación no tiene planos que precisen la resistencia admisible del terreno de fundación por lo que resulta incierta la resistencia de la cimentación en desacuerdo con NTE E.050 del RNC.

A continuación se presenta la Ficha de Evaluación ATC - 21 "Inspección Visual Rápida" y el resultado del calificador estructural "S".

ATC - 21: (NEHRP MAPA DE ALTA SISMICIDAD)																								
FICHA DE INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA DEL RIESGO SÍSMICO DE EDIFICACIONES																								
MAPA DE AREAS										Dirección: Av. Mansiche N° 810 Urb. Santa Inés														
										Nombre de la Edificación: Clínica Peruano Americana														
										N° de pisos: 4					Año de construcción: 1969									
										Área total piso en (m2): 3265.75					Fecha: 13 de diciembre del 2004									
										Uso: Servicio de emergencia					ZIP: 3 (Alta sismicidad)									
										Nombre de Inspector: Ing. Civil FERNANDO LA ROSA														
																								
															ESCALA:									
CLASIFICACIÓN										PUNTAJE ESTRUCTURAL Y MODIFICADORES														
Residencial Comercial		Número de personas		TIPO DE CONSTRUCCIÓN		W	S1	S2	S3	S4	C1	C2	C3/S5	PC1	PC2	RM	URM							
						MRF	BR	LM	RC/SW	MRF	SW	URM/NF	TU											
Oficina		0-10		Puntaje básico		4.5	4.5	3.0	5.5	3.5	2.0	3.0	1.5	2.0	1.5	3.0	1.0							
Industrial		11-100	x	Edif. Gran altura		N/A	-2.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	N/A	-0.5	-1.0	-0.5							
Sala pública		>100		Fallas observables		-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5							
Centro educat.				Irregularidad Vert.		-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5							
Ed. Gubernam.				Piso blando/Duct.		-1.0	-2.5	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0							
Ser. Emergen.	x			Torsión		-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0							
Ed. Histórica				Planta irregular		-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0							
Otros				Posibilidad golpeo		N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A							
Riesgo de falla en elementos no estructurales				Estruc. gran peso		N/A	-2.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A							
				Columna corta		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	N/A	N/A							
				Año post. Reglam		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	N/A	2.0	2.0	2.0	N/A							
Dato confidencial			** =	SL2		-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3							
Estimación subjetiva de datos				SL3 & 1-7 Piso		-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6							
DNK = No se sabe				SL3 & 8-20 Piso		N/A	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8							
				Puntaje final S									-1.1			0.9								
Valor alto : *				Rango máximo		6.5	6.5	5.0	7.5	5.5	4.0	5.0	1.5	4.0	3.5	5.0	1.0							
Valor bajo : **				Rango mínimo		-0.1	-6.6	-3.6	1.4	-3.1	-7.1	-4.1	-4.1	-3.1	-7.6	-3.6	-4.1							
COMENAJA RIOS: ES UNA ESTRUCTURA MIXTA, TIENE COMBINACIÓN DE ALBANILERIA CONFINADA Y PORTICOS DE CONCRETO													Requiere evaluación detallada											
													SI	X	NO									
*: Buen comportamiento sísmico																								
**: Débil comportamiento sísmico																								

Tabla 4.2: Ficha de Evaluación ATC - 21 "Inspección Visual Rápida"

4.3. CONCLUSIONES:

4.3.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS:

A. A NIVEL ESTRUCTURAL

A.2. A nivel de Estructuras y Acabados

1. Edificación de gran altura

La estructura de la Clínica Peruano Americana tiene una altura que no representa riesgo sísmico. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

2. Fallas observables.

No se observó ningún deterioro o envejecimiento de los materiales constitutivos, asentamientos diferenciales o totales, agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos estructurales y no estructurales; lo cual no representa un riesgo sísmico. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

3. Irregularidad vertical

La estructura tiene discontinuidad en la trayectoria de carga, falta una viga continua en un eje de resistencia. En desacuerdo con el Título VIII Estructuras -Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

4. Piso blando o dúctil

La estructura no tiene ningún piso bajo discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

5. Torsión

La estructura no tiene rigidez excéntrica en planta o falta de simetría. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

6. Planta irregular

La estructura presenta una planta rectangular muy desproporcionada en su longitud mayor (largo hasta tres veces el ancho), lo cual sí representa un riesgo sísmico. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

7. Posibilidad de golpeo

La estructura tiene juntas sísmicas de 12.5 cm., entre bloque y bloque, no tiene entrepisos de niveles de edificio adyacentes no alineados y con separación menor de 10 cm., Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

4.3. CONCLUSIONES:

4.3.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS:

A. A NIVEL ESTRUCTURAL

A.2. A nivel de Estructuras y Acabados

1. Edificación de gran altura

La estructura de la Clínica Peruano Americana tiene una altura que no representa riesgo sísmico. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

2. Fallas observables.

No se observó ningún deterioro o envejecimiento de los materiales constitutivos, asentamientos diferenciales o totales, agrietamientos, fracturas y dislocaciones de elementos estructurales y no estructurales; lo cual no representa un riesgo sísmico. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

3. Irregularidad vertical

La estructura tiene discontinuidad en la trayectoria de carga, falta una viga continua en un eje de resistencia. En desacuerdo con el Título VIII Estructuras -Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

4. Piso blando o dúctil

La estructura no tiene ningún piso bajo discontinuidades de muros de rellenos o muros de corte. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

5. Torsión

La estructura no tiene rigidez excéntrica en planta o falta de simetría. Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

6. Planta irregular

La estructura presenta una planta rectangular muy desproporcionada en su longitud mayor (largo hasta tres veces el ancho), lo cual sí representa un riesgo sísmico. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

7. Posibilidad de golpeo

La estructura tiene juntas sísmicas de 12.5 cm., entre bloque y bloque, no tiene entrepisos de niveles de edificio adyacentes no alineados y con separación menor de 10 cm., Por tanto cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

8. Estructuras de gran peso

La edificación presenta ventanas grandes de vidrios crudos y a gran altura, los cuales al romperse por la acción sísmica caerían sobre las personas que estén evacuando pudiendo generar la muerte. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

9. Columnas cortas

La edificación presenta todas las columnas que forman parte del perímetro restringidas por paredes medianeras, generando un riesgo sísmico. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

10. Año pos reglamentación

La edificación fue diseñada el año 1969 y construida entre este año y 1978, lo cual demuestra que fue concebida antes del año de publicación del código sismorresistente (año:1977). Se infiere la posibilidad de no haberse tomado en cuenta criterios sismo resistentes. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

11. Perfil del suelo

Esta edificación no tiene planos que precisen la resistencia admisible del terreno de fundación por lo que resulta incierta la resistencia de la cimentación. Por tanto no cumple con las condiciones de seguridad establecidas en la normatividad de seguridad en defensa civil vigente.

4.4 CONCLUSION GENERAL

La Clínica Peruana Americana ***NO CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD ESTABLECIDAS EN LA NORMATIVIDAD DE SEGURIDAD EN DEFENSA CIVIL VIGENTE.***

4.6. RECOMENDACIONES

4.6.1. CONDICIONES DE SEGURIDAD FÍSICAS

A. A NIVEL ESTRUCTURAL

De acuerdo al calificador estructural “S” la Clínica Peruano Americana requiere una evaluación estructural más detallada. En desacuerdo con Norma Sismo Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones.

Plazo otorgado: 30 días

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LAS INSPECCIONES TECNICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO

6.6.1 Conclusiones:

- a) En los informes emitidos por el INDECI, en la parte “**De la construcción**” del anexo C, no existe un orden estandarizado de redacción, solo se precisan pautas en forma general, generando que cada profesional, redacte el informe desde su punto de vista sin hacer una revisión completa de la edificación según lo requerimientos de la norma sismorresistente y normas complementarias del reglamento nacional de construcciones.
- b) En los informes emitidos por el INDECI, se hacen descripciones, verificaciones, conclusiones y recomendaciones pobremente detalladas del sistema estructural y no estructural de las edificaciones, no precisando los puntos más relevantes cara a la norma sismo resistente, que permitan tener elementos de juicio para determinar si la edificación es vulnerable sísmicamente y amerita una evaluación estructural más detallada.
- c) Al aplicar el Método ATC-21 complementando la parte “**De la construcción**” del anexo C, se hace una descripción bastante detallada del sistema estructural y no estructural de la edificación, manteniendo un orden estandarizado dentro de la redacción del informe en función a los requerimientos de la norma sismorresistente y demás normas complementarias del reglamento nacional de construcciones, que permite realizar una verificación, conclusión y recomendación final mas acertada sobre la necesidad o no de una evaluación estructural mas detallada de la edificación.
- d) El aplicar el Método ATC-21 en la inspección estructural de las inspecciones técnicas de seguridad en defensa civil realizadas por los inspectores técnicos del INDECI, genera la necesidad de capacitar a sus profesionales en el campo estructural.

6.6.2 Recomendaciones

- a) Es fundamental recalcar la importancia de un estudio masivo de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones públicas en especial de las esenciales e importantes, a fin de tomar las medidas preventivas y realizar planes de desarrollo para lograr un adecuado balance entre las condiciones de seguridad buscadas y las implicaciones económicas para la reducción del riesgo existente.
- b) Se recomienda al Instituto Nacional de Defensa Civil en base a la experiencia del presente trabajo, implementar a través de las Inspecciones Técnicas de Seguridad en Defensa Civil, la aplicación del Método ATC-21 que permitiría evaluar en forma masiva las edificaciones públicas según su importancia, pudiendo así desarrollar una labor de prevención efectiva que exija el funcionamiento de estas, siempre y cuando no representen riesgo para la vida humana.

- c) Se recomienda al Instituto Nacional de Defensa Civil capacitar a los inspectores técnicos en la especialidad de estructuras a fin de tener profesionales con conocimientos básicos que garanticen una inspección técnica objetiva con el debido sustento técnico.
- d) Se recomienda a los gobiernos locales e instituciones publicas, implementar medidas efectivas que den cumplimiento a la normatividad vigente en seguridad, con la finalidad de disminuir el riesgo estructural en las edificaciones publicas, que por lo general funcionan sin haber cumplido las exigencias establecidas a través del Reglamento Nacional de Construcciones, Norma Sismo Resistente E – 030 y demás normas complementarias.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

1. APLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC -21): Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards: A Hanbook / FEMA / 1998
2. BARIOLA, JUAN Y ZEGARRA, LUIS / estructuras de Concreto en Áreas Sísmicas / INSTITUTO DE INGENIERIA SISMICA – PERU / 1993
3. BLANCO BLASCO, ANTONIO / Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado /COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ / 1994-1995
4. CASTELL, EDUARDO Y ROBLEDO, ALEJANDRO / Seminario de Vulnerabilidad. Trabajo Final / UNIVERSIDAD DE LOS ANDES / 1990
5. Diseño Sismo Resistente: Norma Técnica de Edificación E-030 / SENCICO/1997
6. MEJIA LUNA, BLANCA CAROLINA / Metodología para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones principales. Aplicada a Piura / Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil UDEP/ 1999.
7. PEREZ VALCARCEL, JUAN / Patología de Estructuras / Información de Internet
8. RESOLUCIÓN JEFATURAL 419-2004-INDECI / Guía que debe tomarse en cuenta por los inspectores técnicos de seguridad en defensa civil para la elaboración de los informes técnicos / INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL
9. WAKABAYASHI, MINORU Y MARTINEZ, ENRIQUE / Diseño de Estructuras Sismo Resistentes / MC GRAW HILL / 1988