

TC-5

**COLAPSO DE LOSA DE TECHO:  
IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS Y MECANISMO DE DETERIORO CON  
FINES LEGALES**

Dikdan, María / Bolognini, Humberto / Olavarrieta, María / Giménez, Alejandro  
Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Venezuela.  
mydikdan@ucla.edu.ve – hbolognini@gmail.com – mariaalice@ucla.edu.ve – agimenez@ucla.edu.ve

**1.- INTRODUCCIÓN**

El Centro Empresarial es un edificio destinado a oficinas para una empresa privada el cual tiene una data aproximada de construcción del año 1955 esta ubicado en Barquisimeto, Venezuela. En el año 2006 el desplome de una parte de la losa de techo obligó a la desocupación inmediata del inmueble y a la realización de un informe técnico que permitiera dilucidar el mecanismo de falla ocurrido a fin de complementar las evidencias necesarias para la ejecución de la póliza de seguros que existe sobre el inmueble.

**2.- METODOLOGIA****2.1. Información recopilada**

Se realiza inspección ocular al sitio y entrevista con el propietario del inmueble quien informa que la edificación ha sido modificada en su distribución interna a fin de adaptar los ambientes a las necesidades de espacio cónsonas para el uso previsto, no ha sido posible realizar revisión del proyecto original, de las modificaciones posteriores ni de las actividades de mantenimiento realizadas, por la inexistencia de los mismos o de algún archivo técnico con esta información, sin embargo se observa que los acabados (pintura, revestimiento en paredes externas, la cerámica en pared y piso de los baños, impermeabilización del techo) evidencian recientes acciones de mantenimiento realizadas a la edificación.

Por otra parte durante la inspección se observa la existencia de un equipo de aire acondicionado de 5 Ton instalado sobre la losa afectada, el cual fue desmontado inmediatamente después del desplome de la zona afectada y colocado a un lado de la losa.

## 2.2. Caracterización de la estructura

Se trata de un edificio de (2) plantas, conformado por dos módulos estructurales adosados mediante junta constructiva.

De los dos módulos que conforman el edificio, uno con un área de 73 m<sup>2</sup> tiene una edad de construcción de 5 años y se encuentra ubicado al fondo de la parcela es decir en la fachada sur y su estructura es aporticada en concreto armado con cerramientos en bloques de arcilla, al frente es decir en la fachada norte se encuentra el módulo colapsado, de 52 años de edad, cuyo sistema constructivo esta conformado por muros de ladrillo trabado con machones de confinamiento, la losa de techo de este módulo es abovedada con nervios separados a 1mt cada uno para un área techada de aproximadamente 117 M<sup>2</sup>.

## 2.3. Levantamiento de la sintomatología de fallas

**Fisuración de los nervios en la losa de techo:** Se observan fisuras longitudinales y transversales en los nervios de la losa de techo. Vale mencionar que los nervios de este modulo han sido frisados y pintados recientemente, actividad de mantenimiento realizada todos los años, dando apariencia de estar en perfectas condiciones (lo cual se constata en aquellos ubicados en la zona sin colapsar) este tipo de actividades garantiza la estética del inmueble pero oculta los síntomas de fallas que puedan alertar la existencia de un problema.

**Pérdida de Sección del Acero longitudinal de los Nervios de la Losa de Techo:** El acero longitudinal que se encuentra expuesto producto del desplome de la losa de techo evidencia avanzado estado de corrosión con pérdida de sección.

**Humedad Generalizada en Elementos Estructurales:** En la inspección se comprueba que existe humedad en diferentes elementos estructurales y de cerramiento, los cuales además se ubican en diferentes niveles de la edificación, la losa de techo presenta evidencia de humedad en diferentes lugares tanto en el área colapsada como en los ambientes adyacente, con formación de eflorescencia y delaminación de las capas del material arcilloso de la bóveda

**Deterioro del manto impermeabilizante en techo:** Se pudo constatar que a pesar de la acción de mantenimiento realizada por el propietario se encuentra para el momento de la inspección grietas y desprendimiento de alguna de sus partes en el manto impermeabilizante, además de empozamiento del agua de lluvia, lo que genera deterioro prematuro del manto y vía de acceso al agua de lluvia y humedad a la losa de techo y las paredes.

#### **2.4. Hipótesis de fallas y acciones emprendidas**

Se presume que la falla en la losa de techo es consecuencia de un mecanismo recurrente generado por la conjunción de varios factores donde la pérdida de capacidad portante del concreto armado es producto de un proceso corrosivo del acero de refuerzo que va agrietando al concreto haciendo que tenga cada vez menos resistencia, el factor desencadenante en el tiempo es el agua proveniente de las filtraciones por techo y la carbonatación del concreto por la acción del CO<sub>2</sub> del ambiente.

Este proceso que se inicia desde la parte superior de la losa de techo continua su curso a pesar de las acciones de mantenimiento realizadas al manto impermeabilizante ya que se mantienen en la parte interna las condiciones precisas para que continúe el mismo, tales como la humedad interna en el concreto de la losa, el oxígeno que penetra por los poros y las fisuras del mismo.

#### **2.5. Elaboración del plan de muestreo.**

Se seleccionan los elementos según la ubicación y daños visibles. En el caso de la losa de techo se clasifican los elementos componentes de la estructura por número y letra, donde "A" indica ubicación al lado Este del elemento y "B" al lado oeste y se establece como criterios para la realización de los ensayos el siguiente: Evaluación de elementos ubicados en la losa colapsada donde existe la influencia del equipo de aire acondicionado y evaluación de elementos de otras losas no colapsadas y sin influencia del equipo de aire acondicionado a fin de determinar capacidad de la losa con o sin influencia del equipo de aire acondicionado.

#### **Selección de las técnicas de ensayo, puntos de evaluación medición y análisis:**

Dadas las características de la obra y la tipología de la sintomatología de fallas, se seleccionan ensayos no destructivos (Velocidad de corrosión, ultrasonido), semidestructivo

(potencial eléctrico de corrosión) y destructivo (Profundidad de carbonatación, Ensayo de porosidad)

### **3.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y CALCULOS**

#### **3.1. Elementos estructurales**

La características estructurales de la losa de techo colapsada indica que se trata de una losa nervada abovedada armada en una dirección, donde la carga se transmite hacia los muros a través de nervios de concreto con refuerzo metálico, estos están separados entre si a una distancia de 1,00 mts, esta sección abovedada entre los nervios trabaja por forma, resistiendo únicamente esfuerzos de compresión y no posee refuerzo metálico.

#### **Ensayos de potencial eléctrico de corrosión.**

Este ensayo mide la probabilidad del grado de deterioro que puede presentar el acero, consiste en medir el potencial del acero de refuerzo en los elementos. Empleando el Corrosímetro Digital Gecor 8, se escarifica el recubrimiento hasta llegar al acero para así poder medir su potencial. Los resultados arrojan valores que van desde -352.85 mV hasta -798.28 mV en todos los nervios de la losa de techo, éstos valores son superiores a -350 mV.

Los nervios estudiados en la zona de desplome (Nervios 2, 3, 4 y 5) presentan mayor actividad electroquímica que los ubicados en las zonas externas al área del desplome (nervios 6, 7, 8 y 9), aunque todos tienen un nivel de actividad que indica un 90% de probabilidad de corrosión

#### **Velocidad de Corrosión**

La velocidad de corrosión o intensidad de corrosión ( $i_{corr}$ ) permite establecer el nivel de corrosión de las armaduras. El método utilizado para su determinación se basa en la técnica de resistencia a la polarización a través del Corrosímetro Gecor 8. Los resultados obtenidos en la estructura del techo en estudio, indican en general valores de corrosión muy elevados los cuales van desde  $1.153 (\mu A/cm^2)$  hasta  $1.911(\mu A/cm^2)$ , según manual de la Red Durar (2).

## **Ensayo de Profundidad de Carbonatación**

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar el grado de alcalinidad del concreto ya que una de las principales causas del deterioro del concreto armado es la acidificación de éste debido a un proceso de carbonatación originado por la permeabilidad del material o la presencia de fisuras que permite el acceso del CO<sub>2</sub> proveniente de la atmósfera. La profundidad de carbonatación medida va desde 2.45 cm hasta de 3.33 cm, lo que significa, tomando en cuenta el espesor de recubrimiento de estos elementos (entre 1 y 1,5 cm), que el concreto carbonatado ya está en la zona donde se ubica el acero de refuerzo, lo cual genera un medio propicio para la corrosión del mismo.

## **Ensayo de Porosidad.**

La porosidad de un concreto se define como los espacios vacíos que quedan en su interior a consecuencia de la evaporación del agua excedente de amasado y del aire atrapado durante su manipulación. El valor de porosidad puede aportar indicaciones sobre la calidad del concreto y puede ser un índice directo de su permeabilidad. Los resultados obtenidos arrojan en general valores de Porosidad superiores al 20 %, lo que indica según los criterios de valoración establecidos en Manual de la Red Durar (3), que para porcentajes de porosidad mayores de 15 % el concreto tiene una Durabilidad Inadecuada, lo que genera un ambiente propicio que desencadene el fenómeno de corrosión.

## **Ultrasonido:**

Los resultados de este ensayo, permiten conocer cualitativamente la calidad del concreto dentro de una escala de valoración que va desde excelente a muy mala Calidad del Hormigón en función de la Velocidad de Propagación Lineal (m/seg.) de la onda ultrasónica (3), dadas las múltiples variables que intervienen en la resistencia del concreto y que afectan la velocidad de propagación. Los resultados obtenidos en los elementos evaluados arrojan valores inferiores a 1800 m/seg. Lo cual indica que el concreto es de calidad deficiente

## CONCLUSIONES

La síntesis de los resultados de los ensayos realizados permiten concluir en relación al colapso de la losa de techo del edificio en estudio lo siguiente: existe 90% de probabilidad de corrosión en el acero de refuerzo de todos los elementos evaluados, como se pudo evidenciar en algunos puntos de corrosión visibles donde se observa pérdida de sección del acero, esto se confirma debido a las condiciones de los nervios del techo en cuanto a potencial eléctrico y espesor de recubrimiento en los puntos evaluados, generando un ambiente desencadenante del fenómeno, acidificación del concreto debido al proceso de carbonatación existente, porcentajes de porosidad mayor de 15 % indica un concreto de durabilidad inadecuada, lo que genera un ambiente propicio que desencadene el fenómeno de corrosión, velocidades cuyos rangos indican que para el momento del estudio el concreto es de muy mala calidad.

Lo anteriormente descrito evidencia un deterioro del concreto armado de la losa de techo, con pérdida progresiva de la capacidad portante de la misma producto de un proceso corrosivo, desencadenado por humedad en el concreto debido a filtración proveniente del techo, que induce esfuerzos en el concreto agrietándolo, por las grietas penetra el CO<sub>2</sub> carbonatándolo (es decir baja el PH del concreto haciéndolo ácido) lo cual va agravando la situación de vulnerabilidad del acero que se corroe a mayor velocidad en un concreto poroso y agrietado, perdiendo sección (disminución del diámetro de la cabilla). Ante tal condición la vida útil de la losa disminuye.

La colocación de un aparato de aire acondicionado sobre un elemento estructural es el factor acelerante del desplome de la zona afectada, aunque el resto de la losa de techo en las áreas donde no tiene influencia el equipo de aire acondicionado esta en condición de vulnerabilidad pudiendo sufrir daños con cualquier esfuerzo capaz de accionarlo o cuando el avance de la corrosión del acero debilite al elemento a un punto que no sea capaz de soportar la carga de servicio.

Dadas las condiciones de la losa de techo y la ubicación de este edificio en zona sísmica, se recomienda el control de acceso al edificio, la demolición y sustitución de la losa de techo en su totalidad cumpliendo con la actual Norma sismorresistente

Las cláusulas que contemplan daños generados por la presencia de agua en el inmueble establecidas en la póliza de seguros contra todo riesgo con que cuenta el inmueble desde hace muchos años, justifica la indemnización de los daños ocurridos en el mismo.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- (1) Norma ASTM C-876-87: "Standars test method for half - cell potential of uncoated reinforcing steel in concrete.
- (2) Red Durar. "Manual de Inspección y Diagnostico de Estructuras Dañadas Por Corrosión"
- (3) Manuel Fernández Canovas. "Patología y Terapéutica del Hormigón Armado". 1994.