

De La Detección Y Diagnóstico De La Aluminosis

El Caso Del Edificio IDERS Del Puerto De La Cruz En Las Islas Canarias (España)

francisco javier díaz alemán, arquitecto técnico

RESUMEN

Se hace un análisis histórico del empleo de hormigones elaborados con cementos aluminosos en las Islas Canarias, emitiendo hipótesis cuantificando las viviendas que podrían estar afectadas por los fenómenos físico/químicos conocidos como "aluminosis" de los hormigones y citando las actuaciones que se han efectuado.

Se describen la patología observada y las actuaciones realizadas en el primer ejemplo significativo de "aluminosis" en la edificación privada canaria: el edificio "Iders", aportando resumen numérico y gráfico de los resultados de los ensayos. Se concluye con un análisis técnico/económico que sirvió de base para la decisión que tomaron los propietarios.

SUMMARY

The historic situation of the using of calcium aluminate cement concrete in the Canary Islands is analyzed sending hypothesis estimating the number of dwelling-houses that would be affected by a physical and chemical phenomenon called "aluminosis" and making appointment of the actions we realized.

It describes the pathology and the actions made on the first private building affected by "aluminosis", "El Iders" building in Canary Islands, making a part of numeric and graphic extract of many tests. It finishes with a technical and economical analysis which made foundation about the resolution of the proprietors.

ÍNDICE GENERAL

1. El cemento aluminosos en las Islas Canarias: La situación geográfica y climatológica. El empleo y consumo de los cementos aluminosos. Una hipótesis de las viviendas afectadas. La actuación oficial. La situación actual de la edificación de promoción privada. **2. El edificio "Iders":** La situación y características del edificio. La detección y diagnóstico de la "aluminosis". Los análisis y ensayos realizados. Conclusiones.

PALABRAS CLAVE

Clima subtropical. Cemento aluminoso. Aluminosis. Vigüeta. Patología. Detección y diagnóstico. Módulo silíceo. Difracción rayos X. Ultrasonidos.

KEY WORDS

Subtropical climate. High alumina cement. Aluminosis. Beam. Pathology. Detection and diagnosis. Silice module. X-ray diffraction. Ultrasonic pulse.

1. El Cemento Aluminoso En Las Islas Canarias.

El archipiélago de las Islas Canarias, políticamente español, se encuentra situado al noroeste del continente africano, en las cercanías del trópico de Cáncer y con una latitud aproximada de 28° norte. Por su ubicación geográfica, su clima debería ser similar al cercano desierto de Sahara, distante unos 100 Kms de la costa insular más oriental, si bien, al encontrarse dentro del itinerario frío del "Gulf Stream" y en la zona barrida por los vientos alisios y los polares marítimos, el clima insular es de tipo subtropical, pudiéndolo calificar como de "casi mediterráneo", con una temperatura media anual que no suele superar los 20°C y una humedad relativa superior al 70%.

Los principales núcleos urbanos canarios están situados en las zonas costeras, lo que conlleva un alto porcentaje de humedad ambiental marina que, unida a la temperatura media antes citada, hace que las islas

sean un lugar de "alto riesgo" para el desarrollo de las patologías de los hormigones conocidas como "aluminosis".

En Canarias, la comercialización de los cementos aluminosos comienza a mediados de los años cincuenta, generalizándose su empleo en hormigones al principio de la década de los sesenta, coincidiendo con un "boom" turístico y el auge de la construcción de viviendas producido por un incremento en el nivel de vida de la población merced al comienzo de un ciclo de "bonanza económica" fomentada, en parte, por la llegada de capitales procedentes de la emigración isleña en América y por un crecimiento del sector terciario.

Éste "boom" de la edificación produjo un rápido desarrollo del sector, que se vio necesitado de elementos y sistemas constructivos que permitiesen una aceleración del proceso edificatorio, ya que los tradicionales eran lentos y precisaban de numerosa mano de obra medianamente especializada. En ésta situación, la aparición en las islas del cemento aluminoso pareció un "regalo del cielo": los elementos elaborados con cementos aluminosos podían ponerse en servicio a las pocas horas de su elaboración y su puesta en obra, especialmente en el caso de los prefabricados, necesitaba de poca mano de obra.

La presencia de los aluminosos se generalizó en la mayoría de las islas, si bien su presencia tuvo solamente verdadera entidad en las principales: Tenerife, La Palma y Gran Canaria. El mayor volumen de cemento aluminoso usado en arquitectura se destinó a la fabricación de viguetas y semi-viguetas de hormigón armado, sólo conocemos un caso en el que se empleó el cemento aluminoso en toda la estructura portante, lo consideramos como anecdótico que estimamos que el cemento tuvo una procedencia que podemos calificar como de "atípica". No se conocen situaciones generalizadas de hormigones aluminosos en estructuras de primer orden, (vigas y/o pilares), posiblemente por el alto precio que tenía, y tiene, el cemento aluminoso en comparación con los cementos de tipo portland.

Los elementos prefabricados elaborados con cemento aluminoso repetidamente localizados e identificados por nuestro equipo técnico, son semi-viguetas y viguetas de hormigón, armadas con alambres pretensados éstas últimas y con armadura pasiva las primeras.

Las viguetas pretensadas suelen ser piezas industrializadas con sección en doble "T", armadas con 8 ó 10 alambres de diámetro no superior a los 5 mm. Su ejecución dejaba bastante que desear, a la vista de que nos hemos encontrado con recubrimientos de las armaduras inferiores a los 6 mm, sospechamos que producidos por la catenaria de los alambres en el momento de la fabricación. En numerosas ocasiones nos hemos encontrado con viguetas de éste tipo con las armaduras colapsadas.

En lo que se refiere a las semi-viguetas con armadura pasiva, suelen ser del tipo "semi-prefabricado", una armadura electrosoldada en el fleje de compresión y una armadura a tracción de \varnothing 8/12 mm en la base de hormigón. El comportamiento de ésta semi-vigüeta ha sido mejor hasta la fecha, es nuestra opinión que debido a recubrimientos más "normales" y a que los mayores diámetros de las armaduras están atrasando los procesos de oxidación de las mismas.

Los primeros casos de viguetas pretensadas en situación de colapso o semi-colapso se detectan, en viviendas, al final de los años 80, viviendas de protección oficial pertenecientes al parque público de la Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Aguas del Gobierno Autónomo de Canarias, en las cuales, posiblemente por su baja calidad y nulo mantenimiento, la "aluminosis" se había desarrollado con mayor rapidez.

A la vista del alto coste de la rehabilitación de la 1.847 viviendas censadas como "afectadas por aluminosis", la Consejería decidió proceder al derribo y reposición de las mismas, para lo que, en noviembre de 1.990, suscribió con el Gobierno Central un convenio de financiación titulado "Plan de Reposición de Viviendas de VPO Afectadas por Aluminosis", estando el mismo en período final de ejecución.

La situación de la edificación privada afectada por aluminosis empieza a ser preocupante, en la actualidad comienzan a aflorar casos la mayoría de los cuales habían sido ocultados por la ignorancia que los propietarios afectados tenían de las causas de ésta patología, atribuyendo las fisuras longitudinales que inicialmente aparecen en los enlucidos que recubren las bases de las viguetas a causas circunstanciales y nunca a una caída en la resistencia del elemento portante, por lo que la generalidad procedía a reparar las fisuras del enlucido del techo y al repintado del mismo.

Llegado a éste punto, nos parece oportuno señalar que, según documentación de los fabricantes de viguetas aluminosas que obra en nuestro poder, era relativamente frecuente que en un mismo edificio se empleasen

viguetas aluminosas y portland, como es el caso de un edificio céntrico y singular de Santa Cruz de Tenerife en cuyas plantas inferiores se encuentra ubicada la oficina principal de una entidad bancaria. Para casos como éste no valdría una intervención técnica mediante muestreo aleatoria de las viguetas, ya que, al no poder diferenciar visualmente los hormigones aluminosos/portland debido al cromatismo de los áridos canarios, podríamos tener la desgracia de no incluir aluminosas en la muestra, lo que nos llevaría a dictaminar erróneamente la no presencia de hormigones aluminosos en el edificio.

También estimamos como peligrosa la creencia generalizada entre los técnicos canarios de que los aluminosos sólo se emplearon en viguetas pretensadas, lo que no es cierto según nuestra experiencia, y que en cualquier caso las viguetas con armadura pasivas "no son peligrosas". No sería malo recordar que las viguetas colapsadas en 1.990 en el Turó de la Peira, (Barcelona), siniestro en el que falleció una persona, eran viguetas con armadura pasiva.

Para evaluar al alcance del problema que podríamos tener en Canarias en mor del empleo de aluminosos en la edificación, estimamos que se debe partir de las cifras que facilita el fabricante español, Cementos Molins, quien da unas cifras de venta, (1.950/70), de 13.098 tons, desechamos las importaciones directas desde el fabricante francés y propietario de la patente, Lafarge Fondu, las cuales no hemos podido evaluar, pero, según nos informó el importador, fueron pocas y en pequeñas cantidades.

Como hipótesis más favorable partimos de que todo el cemento aluminoso se empleó en la fabricación de viguetas en doble "T", la que más cemento consumiría; los hormigones tendrían una dosificación de cemento de 350 Kg/m³ y la distancia inter-ejes de viguetas sería de 70 cmts. Operando con éstos parámetros nos resultarían 2.095.680 m² de forjados que podrían estar constituidos con viguetas aluminosas.

En nuestro caso, queremos pensar que parte del cemento aluminoso se destinó a otro tipo de obras, principalmente a ingeniería portuaria, con lo que no sería descabellado estimar que sólo lo mitad de aquellas 13.098 tons fueron a parar a viviendas, lo que, si bien reduce drásticamente la superficie de forjados arriba calculada, nos deja con unas 15.000 viviendas de tipología media, (70 m²), en diferentes estadios de "aluminosis".

2. El Edificio "Iders".

El edificio "Iders" está situado en la ciudad turística del Puerto de la Cruz, Norte de isla de Tenerife, localidad costera con alto grado de humedad ambiental marina, (HR>70%), y con una temperatura anual media que podemos calificar de "calurosa", superior a los 20°C, lo que nos hace considerar su ubicación como de "alto riesgo" para el desarrollo de los fenómenos físico-químicos que conocemos como "aluminosis", por lo que sabemos los fenómenos de conversión o recristalización se producen inexorablemente a partir de los 20°C, superada ésta temperatura los aluminatos monocíclicos resultan termodinámicamente inestables.

El edificio, ubicado en la Avenida del Generalísimo, una de las principales de la localidad, es de una tipología edificatoria "abierta", con diez planta sobre rasante y una de sótano, lo que suma una superficie total construída de 8.087,84 m². Situado sobre una parcela rectangular de 1.836,50 m² de los que ocupa una superficie de 1.025 m² en Planta Baja, la cual se ve reducida a 732,50 m² en las Plantas superiores, destinadas a viviendas.

La estructura está constituída a base de pórticos de hormigón armado con disposición de vigas de canto, ejecutados con cemento tipo portland. Estando los elementos horizontales integrados por forjados unidireccionales de viguetas en doble "T" de hormigón armado pretensado y bovedillas aligeradas de hormigón vibrado, fabricadas aquellas con cemento aluminoso.

La fecha de construcción no se ha podido determinar con exactitud, si bien, a la vista de la documentación aportada por la propiedad y de las investigaciones efectuadas en el Ayuntamiento y en los Colegios Profesionales de los técnicos que intervinieron en la ejecución de la obra, podemos situarla alrededor del año 1.964, al menos para la estructura soporte.

PATOLOGÍA Y ACTUACIONES EN FORJADOS.

La totalidad de las viguetas observadas son similares a las que nos hemos encontrado en viviendas de V.P.O. afectadas por "aluminosis", teniendo incluso la doble muesca cóncava que pudimos apreciar en las viguetas de los forjados del Grupo V.P.O. "José Solís Ruiz", situado en la misma localidad. Estas marcas, la forma y dimensiones de la vigueta y su época de puesta en obra nos dio la casi certeza de que nos encontrábamos ante la vigueta de hormigón armado pretensado en doble "T" del tipo "Castilla".

El conjunto de viguetas presentaba lo que podemos considerar como un "catálogo" de los diferentes estadios de la "aluminosis", partiendo de viguetas aparentemente sanas y sin defectos hasta las que se presentaban con pérdida total de la base por degradación del hormigón, incluso con armaduras colapsadas, pasando por las que tenían manchas de óxido en sus bases y/o fisuras longitudinales, descritas por Jiménez Montoya como "atensio-nales" originadas por una oxidación de las armaduras.

Con el fin de determinar la naturaleza "aluminosa" del hormigón de las viguetas y conocer la situación real del posible proceso de conversión y recristalización, se procedió, en laboratorio homologado, al análisis químico de dos muestras de las mismas.

Del análisis de las fracciones de finos, según ASTM C-85/66, se deduce que posiblemente nos encontramos ante un hormigón elaborado con cemento aluminosos, a la vista de que su Módulo Silíceo, M_s : 0,47, si bien no se encuentra en el rango de los señalados para hormigones aluminosos (0,2/0,05), se distancia notablemente de los obtenidos en hormigones "portland", $M_{s_{portland}}$: 1,7/4.

En lo que se refiere al pH de ambas muestras, el mismo se encuentra, en los dos casos, por debajo del valor 11,8, (8,5 y 10,3), lo que significa que la reserva alcalina del hormigón es insuficiente para asegurar una protección de las armaduras contra la oxidación.

Como ensayo informativo y pretendiendo poder establecer una posible correlación entre el aspecto que se observa en las viguetas descubiertas y la calidad del material que las constituye, hemos realizado una tanda de ensayos no destructivos mediante la determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos, (EH-91, Art.70º, Apdo. c), siguiendo lo indicado en la norma UNE 83.308/86 para un procedimiento operatorio de "transmisiones superficiales".

Se ha empleado un aparato generador de impulsos eléctricos con una sensibilidad de $\pm 0,1$ microsegundos, palpadores cerámicos de circonio/titanio, emisión de señales ultrasónicas de 54 kHz y trabajando en dos niveles de voltaje, 0,5 y 1,2 Kv, para diferenciar, al menos, dos capas de material. Cada vigueta se ensayó en un tramo de 10, 20, 30 y 40 cmts. en dos series de 0,5 y 1,2 Kv, obteniéndose, por lo general, velocidades inferiores en las series de 0,5 Kv, que corresponden a "capas delgadas".

Como consideraciones de partida, y ante la carencia de experiencias anteriores conocidas, hemos establecido que un hormigón de alta resistencia con armaduras longitudinales al sentido de transmisión del impulso ultrasónico, debería darnos una lectura de velocidad de propagación superior a 4.500 mts/seg, asimilable a un hormigón en masa de excelente calidad, elaborado con cemento del tipo "portland". La máxima velocidad que hemos obtenido en los ensayos efectuados ha sido de 4.525 mts/seg, en una sola vigueta, de aspecto totalmente sano, y en el tramo de 20 cmts, obteniendo en el resto de las mediciones, (10, 30 y 40 cmts), velocidades inferiores a los 3.570 mts/seg.

De los resultados obtenidos, hemos podido concluir la existencia de una relación directa entre el aspecto exterior de la base de las viguetas y la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos, que resumimos en la correspondiente Tabla, que relaciona el aspecto exterior con las dos velocidades obtenidas, (para 0,5 y 1,2 Kv) y el porcentaje de regresión de la resistencia, comparándola con una velocidad ideal de 4.500 mts/seg.

Dando por buena la velocidad ideal propuesta para el hormigón aluminoso armado al salir la vigueta de fábrica, nos encontramos con unas pérdidas de resistencia que rondan el 50% en los casos de aspecto exterior mas favorable, sanas y sin señales de fisuras y/o manchas de oxidación, resistencia que desciende peligrosamente, alrededor del 70/75%, cuando tienen manchas de óxido y/o fisuras.

Si bien entendemos y aceptamos que los ensayos basados en la velocidad de propagación son siempre complementarios e informativos, pensamos que en el caso de la "aluminosis" pueden servir como un elemento

indicador de la situación en que se encuentra el proceso de regresión de resistencia de un hormigón elaborado con cemento aluminoso.

Con el fin de confirmar definitivamente la presencia de cemento aluminoso, pudiera existir una duda razonable a la vista de los Módulos Silíceos obtenidos en los análisis químicos, se decidió ensayar por el método de la "Difracción de Rayos X" tres muestras enriquecida en fase de ligante, ensayo realizado en el Laboratorio del Departamento de Ordenación Territorial, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón.

Los resultados obtenidos en la DRX son del todo concluyentes, en todos los casos se ha detectado la presencia de las fases hexagonal (CaAlH_{10}) y cúbica (Ca_3AlH_6) del cemento aluminoso hidratado, identificándose incluso la presencia de hidróxidos de aluminio, $\text{Al}(\text{OH})_3$, en forma de gibbsita y bayerita.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE PRIMER ORDEN.

En la estructura de primer orden, pórticos de hormigón armado con disposición de vigas de canto, se ha empleado hormigón elaborado con cemento tipo "portland", tal como se deduce de los resultados de los ensayos químicos realizado sobre muestras de éstas piezas.

Para conocer el estado actual de ésta estructura y en previsión de que ésta se pueda resentir en el transcurso de los posibles trabajos de reparación o demolición de los elementos portantes horizontales, se procedió a realizar los correspondientes ensayos de información descritos en los apartados b) y c) del artículo 70º de la Instrucción EH-91.

De acuerdo con la vigente Instrucción se procedió a la rotura de probetas testigo extraídas de pilares situados en las Plantas Primera y Tercera del edificio, obteniendo unos resultados francamente bajos en la Primera Planta, 72 y 106 Kp/cm², siendo aceptables los correspondientes a la Planta Tercera, 209 y 225 Kp/cm².

Vista la disparidad de los resultados en las diferentes plantas ensayadas, se creyó conveniente reiterar los mismos, por otro método, con el fin de averiguar si las resistencias obtenidas estaban generalizadas en las piezas situadas en las plantas ensayadas, para lo que se procedió a ensayar una muestra mas amplia mediante en empleo de ultrasonidos.

Usando los mismos medios que los empleados para las viguetas, con procedimiento operatorio de "transmisión directa", se ensayaron inicialmente 20 pilares de la Planta Primera, la más desfavorable, tomando como referencia los resultados obtenidos en los testigos de ésta planta hemos establecido un coeficiente de conversión Resistencia Testigo/Velocidad de Propagación que ciframos en 0,0328.

Las velocidades de propagación obtenidas en la planta han fluctuado entre los 2.294 mts/seg y los 2.959 mts/seg, cuyas resistencias equivalentes, aplicando el coeficiente de conversión de los testigos de la planta, son del orden de los 75/97 Kp/cm².

Estos resultados se han confirmado mediante la relación empírica existente entre el Módulo de Elasticidad Dinámico, la Velocidad de Propagación y la Resistencia del Hormigón, cuyos resultados, situados en la franja de los 75/101 Kp/cm², reafirman los inicialmente obtenidos, ésta relación se ha basado en el Art. 26º de la Instrucción EH-91 complementado con las curvas que relacionan la velocidad de propagación de ultrasonidos y los Módulos de Elasticidad propuestos por diferentes autores.

Ejecutados ensayos en las plantas restantes, se observa la homogeneidad de los resultados correspondientes a piezas ubicadas en el mismo nivel, si bien las velocidades obtenidas en las diferentes plantas nunca superan la equivalente a una resistencia de 175 Kp/cm², \approx 3.600 mts/seg, siendo los resultados mas desfavorables los obtenidos en la Planta Baja, con una velocidad de propagación media en la muestra de 2.701 mts/seg, equivalente a una resistencia de 89 Kp/cm², según el coeficiente de conversión respecto a los testigos de la Planta Primera y la relación empírica con el Módulo de Elasticidad.

A la vista de los resultados obtenidos en los ensayos efectuados sobre la retícula-soporte que constituye la estructura de primer orden, entendemos que ésta de encuentra en una situación precaria, sobre todo teniendo en cuenta que los niveles bajos del edificio son los que presentan unas resistencia menores, las cuales, entendemos, dudosamente podrán soportar algún colapso parcial de la estructura portante horizontal, que como sabemos se encuentra afectada por fenómenos irreversibles de naturaleza "aluminosa".

ESTUDIO CLIMATOLÓGICO.

En la actualidad el edificio se encuentra fuera de servicio, habiendo transcurrido un año desde el desalojo del mismo, por lo que creímos oportuno proceder a una revisión del mismo, de su estado de "humedad", tanto ambiental como de los elementos que, al estar fuera de servicio el suministro de agua, deberían estar "secos".

Con la ayuda de humidímetro digital procedimos a realizar lecturas del porcentaje de humedad equivalente en madera, (wood moisture equivalent), en los revestidos de las paredes interiores del edificio, (yeso), en lugares con aspecto "seco" y en situación que no pudieran haber recibido humedades procedentes de la lluvia, (bajo cubierta y terrazas o en las cercanías de huecos abiertos al exterior).

Los resultados obtenidos han sido totalmente sorprendentes: un pequeño número de los ensayos resultaban "elementos secos", casi la mitad de los resultados se sitúan en la franja de "humedad latente" y el resto de los elementos ensayados estaban "peligrosamente húmedos". Insistimos que los ensayos se realizaron en zonas que, visualmente, podemos calificar como de "secas".

Como complemento a éstos ensayos, hicimos un estudio climatológico de la totalidad del edificio, determinando la temperatura ambiental, punto de rocío, humedad relativa y humedad absoluta con la ayuda de un termohigrómetro digital con microprocesador.

Todas las temperaturas ambientales se encontraban por encima de los 21°C y las humedades relativas superaban ampliamente el 77%, con valores máximos del 82% en el nivel de sótanos.

PLANTEAMIENTO ECONÓMICO.

Se realizó estudio técnico/económico que sirviera de base para que la propiedad pudiera decidir entre la rehabilitación o la reposición del edificio.

Para determinar el valor "a nuevo" del edificio tomamos el más favorable de los resultantes de aplicar los actuales precios de referencia del Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias y el del módulo de V.P.O. del Gobierno de Canarias:

Valor Actual a Nuevo: V_{nuevo} : **331.660.683 Ptas.**

Ignorando el estado de deterioro del edificio y la situación de su estructura de primer orden, valoramos solamente lo que sería la sustitución funcional de las viguetas con estructura metálica, aplicando los precios de referencia del "Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya", (ITEC/92), para viguetas de 5 mts de longitud y 70 cmts interejos.

Valor Obras Reparación: P_{obras} : **227.919.262 Ptas.**

Efectuamos la corrección del valor "a nuevo" por depreciación física en función de la edad del edificio mediante la media armónica de los coeficientes resultantes de aplicar las fórmulas potencial-exponencial de base logarítmica y líneo-parabólica o de Ross, considerando una edad de 28 años (t) y una vida útil de 131 años (v):

$$D_{\text{pot/expon}} = 1 - \left[\log \left(\frac{t + 30}{20} \right) \right]^{\frac{t+10}{t}} = 0,6489; \quad D_{\text{parab/Ross}} = 1 - 0,50 \left[\frac{t}{v} + \left(\frac{t}{v} \right)^2 \right] = 0,8703$$

Coefficiente depreciación física media armónica: D_{edad} : **0,7435**

Aplicando éste coeficiente sobre el precio "a nuevo", obtenemos el valor del edificio actualizado según su antigüedad:

Valor actualizado por la edad: $V_{\text{actedad}} = V_{\text{nuevo}} \times D_{\text{edad}}$: **246.589.717,81 Ptas.**

Para reflejar el estado de conservación del edificio calculamos la media aritmética entre los criterios Heidecke para un edificio que necesita reparaciones entre sencillas e importantes, (estado 3,5), y la fórmula para determinar el estado de conservación incluida en las Ordenanzas Municipales de Madrid:

$$C_{\text{Heidecke}} = 0,332; \quad C_{\text{Madrid}} = 1 - 0,75 \left(\frac{P_{\text{obras}}}{V_{\text{nuevo}}} \right) = 0,484$$

Coefficiente de conservación (media aritmética): $C_{\text{conserv}} = 0,408$

Efectuamos la corrección del valor según la edad, aplicándole éste coeficiente de conservación:

Valor real actual: $V_{\text{real}} = V_{\text{actedad}} * (1 - C_{\text{conserv}}) = 145.981.112,94 \text{ Ptas.}$

CONCLUSIONES.

Basándonos en lo anteriormente expuesto, estimamos que la estructura portante horizontal del edificio en cuestión está integrada por viguetas de hormigón armado pretensadas fabricadas con cemento aluminoso, encontrándose las mismas en diferentes estadios de degradación, desde simples manchas de óxido en sus bases hasta situaciones de armaduras pretensadas colapsadas.

En lo que se refiere a la estructura porticada de primer orden, si bien sus hormigones fueron elaborados con cementos del tipo portland, las resistencias obtenidas en diferentes ensayos son, en algunos casos, peligrosamente bajas, estimándose que, caso de demolición de los elementos horizontales de segundo orden, se debería efectuar comprobación de éstas resistencias una vez efectuada la demolición de cada uno de los niveles, pues es posible que los impactos y vibraciones de la demolición puedan ocasionar una pérdida de resistencia en la estructura porticada.

El ambiente en que se encuentra el edificio y la situación de humedad detectada en sus elementos, nos indican que los procesos físico-químicos conocidos como "aluminosis" deben de continuar produciéndose, en algunas situaciones de forma acelerada, por lo que el riesgo de colapso de elementos portantes lo podemos calificar como de alto.

Vistos los valores actualizados obtenidos y comparándolos con los costos de intervención sólo en viguetas, estimamos que el edificio se encuentra en estado de "ruina económica" ya que el costo de las reparaciones supera con creces el 50% del valor real actual. Así mismo, entendemos que se puede declarar en "ruina técnica" ya que hay que "sustituir elementos estructurales vitales del edificio, en alto porcentaje, utilizando medios extraordinarios".

Buenos Aires de la República Argentina, en Junio de 1.994