

INFORME RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA TRASCENDENCIA ESTRUCTURAL DE LA POSIBLE EXISTENCIA DE VIGUETAS FABRICADAS CON CEMENTO ALUMINOSO EN LOS BLOQUES (EXCLUIDOS LOS NÚMEROS 15 Y 41) QUE CONFORMAN LA URBANIZACIÓN LAS CHUMBERAS SITA EN SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA (TENERIFE)

Peticionario: MUVISA

C/ Herradores nº 11. 38204. San Cristóbal de La Laguna

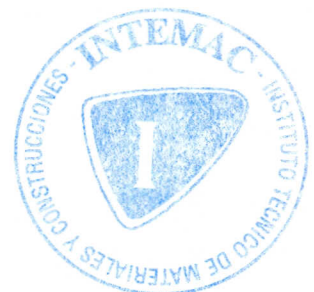


ÍNDICE

	<u>Pág. nº</u>
1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETO DEL INFORME.....	4
3. DATOS PREVIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO	4
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA URBANIZACIÓN	4
3.2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA FACILITADA.....	8
4. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	8
5. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INSPECCIÓN DE DAÑOS.....	11
6. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN DE CALAS EN ESTRUCTURA.....	16
7. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	23
8. ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS	26
9. COMENTARIOS.....	28
10. CONCLUSIONES	36
11. RECOMENDACIONES.....	38

ANEJO Nº 1: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EFECTUADOS SOBRE SEIS MUESTRAS DE HORMIGÓN ENDURECIDO PROCEDENTES DE VIGUETAS DE LOS FORJADOS DE 40 BLOQUES DE LA URBANIZACIÓN LAS CHUMBERAS, SITA EN SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA (TENERIFE)

ANEJO Nº 2: COMPROBACIONES DE CÁLCULO



1. ANTECEDENTES

La SOCIEDAD MUNICIPAL DE VIVIENDAS DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA S.A. (MUVISA), adjudicó al Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) el *Estudio para determinar las Patologías Estructurales de cuarenta Bloques de la Urbanización Las Chumberas, (están excluidos los bloques números 15 y 41 del total de 42), Término Municipal de San Cristóbal de La Laguna, (S/C de Tenerife)*. Tal y como se indica en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas, el estudio se basa concretamente en la determinación y análisis de la trascendencia estructural de la posible existencia de viguetas fabricadas con cemento aluminoso en los citados bloques.

Cabe señalar que anteriormente, por encargo de la Gerencia de Urbanismo del Excmo. Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, INTEMAC emitió, con fecha 2009-04-30 y referencia EX/OC-09024/E, el *INFORME DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS CAUSAS Y TRASCENDENCIA DE LOS DAÑOS EXISTENTES EN LOS FORJADOS DEL EDIFICIO SITO EN C/ VOLCÁN FUJIYAMA (BLOQUE Nº 15) DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA (SANTA CRUZ DE TENERIFE)*. En dicho estudio se confirmó la presencia de viguetas de forjado fabricadas con cemento aluminoso en el bloque nº 15, así como procesos de degradación avanzados de dichas viguetas asociados al empleo de dicho conglomerante.

Los trabajos de inspección de daños, supervisión de la apertura e inspección de calas realizadas en cara inferior de viguetas de forjado, y toma de muestras de hormigón de las mismas, ha sido llevado a cabo entre los meses de septiembre y noviembre de 2009 por un equipo Técnico dirigido por el Arquitecto del Área de Rehabilitación y Patología de la Construcción de INTEMAC D. Carlos Vergara Pérez. Una selección de las muestras antes referidas ha sido enviada al Laboratorio Central de INTEMAC sito en Torrejón de Ardoz (Madrid) para su posterior ensayo.

Hacemos notar que antes de la finalización del estudio emitimos diversos escritos en los que se indicaba la necesidad de proceder al apuntalamiento de los forjados de techo de algunas dependencias de los bloques de la urbanización, ante las anomalías detectadas en la apertura de calas en cara inferior de las viguetas de forjado. Así mismo, en un escrito de fecha 2009-10-07 y referencia EX/OC-09100/E indicamos un protocolo para realizar el apuntalamiento de las dependencias afectadas. En el apartado 6 del presente Informe recogemos una relación de las dependencias en las que se ha recomendado dicho apuntalamiento.

Una vez analizados los resultados de los trabajos de inspección y ensayos realizados, procedimos a la realización de los trabajos de gabinete oportunos, para concluir con la redacción del presente documento.

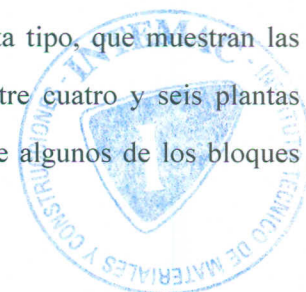
2. OBJETO DEL INFORME

El objeto del presente documento es exponer un resumen de los resultados del estudio para la determinación y análisis de la trascendencia estructural de la posible existencia de viguetas fabricadas con cemento aluminoso en cuarenta bloques de los cuarenta y dos que conforman la Urbanización Las Chumberas sita en San Cristóbal de La Laguna, Tenerife (están excluidos los bloques números 15 y 41 del total de 42).

3. DATOS PREVIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA URBANIZACIÓN

La urbanización está compuesta por cuarenta y dos bloques, distribuidos según se muestra en el croquis de planta de la figura nº 1, de diferentes configuraciones en planta (véanse en la figura nº 2 diversos croquis de planta tipo, que muestran las diferentes configuraciones detectadas) y en altura (de entre cuatro y seis plantas sobre rasante). En la figura nº 3 mostramos unas vistas de algunos de los bloques que representan las diferentes configuraciones detectadas.





Los bloques están destinados en su mayoría a viviendas, si bien muchos de ellos albergan locales en su planta inferior. Con carácter general, las cubiertas de los bloques son planas y no transitables.

La estructura de los edificios está formada, fundamentalmente, por forjados unidireccionales de viguetas de hormigón, siendo el entrevigado de bovedillas de mortero. Dichas viguetas descansan sobre muros de carga compuestos por fábrica de bloques de mortero¹, y en algunos bloques sobre pórticos de hormigón armado.

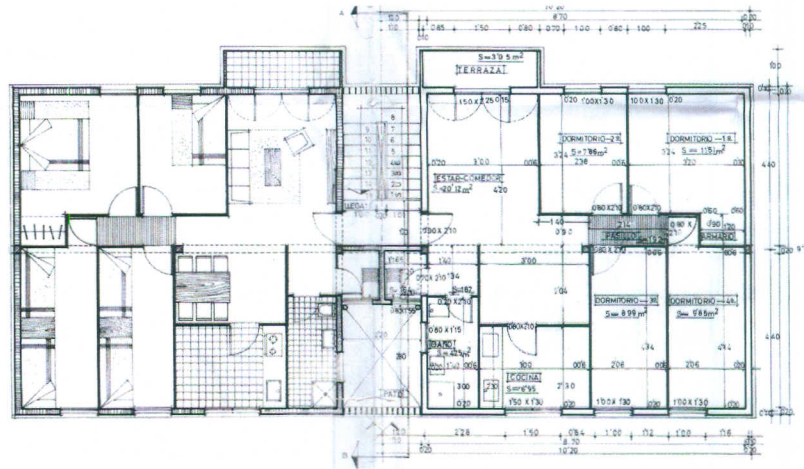
De acuerdo con la documentación técnica facilitada, la cimentación es de tipo directo, mediante zapatas de hormigón armado que apoyan sobre pozos de hormigón ciclópeo.



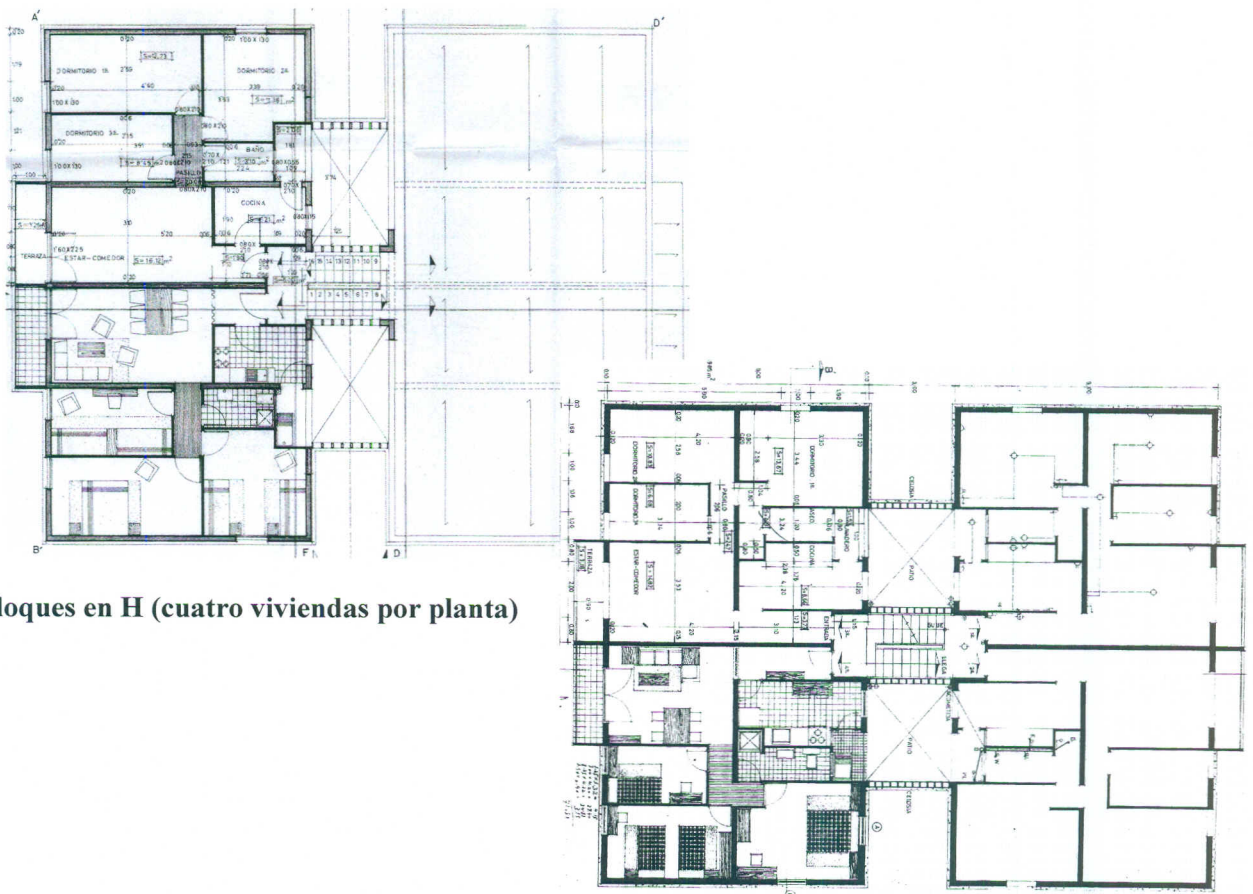
Croquis de planta de la urbanización

Figura n° 1

¹ En algunos bloques de la urbanización dichos muros son de hormigón armado en la planta inferior.



Bloques en I (dos viviendas por planta)



Bloques en H (cuatro viviendas por planta)

Bloques en H (cuatro viviendas por planta)

Diversos croquis de planta tipo, extractados de la documentación técnica facilitada, que muestran las diferentes configuraciones detectadas

Figura n° 2





Vistas de algunos de los bloques en estudio. Obsérvese las diferentes configuraciones en planta y altura

Figura n° 3



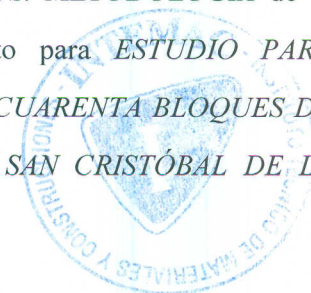
3.2. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA FACILITADA

Para la realización del presente estudio el Peticionario nos ha facilitado copia de la siguiente documentación:

- Memoria justificativa del *PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN "LAS CHUMBERAS"* en La Laguna (Tenerife), fechada en agosto de 1964 y firmada por el Arquitecto, D. Juan-Julio Fernandez Rodriguez.
- Planos de urbanización y viviendas del *PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN "LAS CHUMBERAS"* en La Laguna (Tenerife), fechados el 28 de agosto de 1964 y firmados por el Arquitecto, D. Juan-Julio Fernandez Rodriguez.
- Pliego de condiciones del *PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN "LAS CHUMBERAS"* en La Laguna (Tenerife), fechado el 25 de agosto de 1964 y firmado por el Arquitecto, D. Juan-Julio Fernandez Rodriguez.
- Presupuesto del *PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA URBANIZACIÓN "LAS CHUMBERAS"* en La Laguna, (Tenerife), fechado en agosto de 1964 y firmado por el Arquitecto, D. Juan-Julio Fernandez Rodriguez.

4. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Las actividades que consideramos necesarias para el estudio solicitado, y que se recogían en el *ANEXO I: MEMORIA TÉCNICA DE LOS TRABAJOS. METODOLOGÍA* de la oferta de servicios técnicos presentada por el Instituto para *ESTUDIO PARA DETERMINAR LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE CUARENTA BLOQUES DE LA URBANIZACIÓN LAS CHUMBERAS, TÉRMINO DE SAN CRISTÓBAL DE LA LAGUNA, (S/C DE TENERIFE)*, fueron las siguientes:





- a) *Revisión de la documentación técnica existente sobre cada uno de los bloques de consulta (Proyecto, datos sobre el Control de Materiales y Ejecución, etc.).*

Dicha revisión permitiría, en el caso de que pudiera detectar documentación al respecto, la preparación previa a los trabajos de inspección de planos de planta de cada uno de los inmuebles, de cara a replantear de forma exhaustiva los daños observados.

Además, serviría para poder analizar intervenciones anteriores que haya sufrido cada inmueble, y que pudieran tener trascendencia de cara al estudio a realizar.

Por último, en el caso de disponer de planos de definición de estructura de los bloques, dichos datos serían de gran utilidad para llevar a cabo el análisis estructural de cada uno de ellos.

- b) *Inspección, por un equipo técnico del Área de Rehabilitación y Patología de la Construcción, de una muestra representativa de las dependencias accesibles del inmueble, con objeto de identificar aquellos síntomas que pudieran ser indicativos de un anómalo comportamiento estructural del inmueble.*

Dicha inspección será realizada por técnicos suficientemente cualificados y formados en trabajos de patología como el que nos ocupa, dada la importancia que supone el hecho de que durante dichas inspecciones puedan preverse los puntos futuros de toma de muestras y de apertura de calas. Así mismo, en función de los resultados de los trabajos de inspección, dichos Técnicos podrían fijar si es necesario o no tomar medidas provisionales de emergencia (tales como apeo, desalojo, etc.) en tanto se finalice el estudio.

- c) *Redacción de un plan de apertura de calas de inspección para identificar aquellos elementos que por su tipología estructural y aspecto superficial puedan ser indicativos de haber sido fabricados con cemento aluminoso.*



Así mismo, dichas calas servirían para analizar el alcance de los eventuales daños por corrosión existentes en la estructura de hormigón. Para ello, analizaríamos el espesor del hormigón de recubrimiento, el avance del frente carbonatado en el hormigón mediante la aplicación de fenoftaleína diluida, la pérdida de sección resistente de las armaduras mediante su cepillado manual con cepillo de púas, etc.

Un Técnico Titulado supervisará la apertura de una cala de cada tipo.

- d) Inspección, por un equipo técnico de INTEMAC, de las calas practicadas.*
- e) Análisis de la posible presencia de viguetas fabricadas con cemento aluminoso como conglomerante para cada uno de los bloques en estudio.*

En el caso de que a la vista de los trabajos realizados, pudieran existir incertidumbres sobre dicho aspecto, el Instituto procedería a la toma de muestras para su posterior ensayo en laboratorio.

- f) Análisis, para los bloques que presenten viguetas fabricadas con cemento aluminoso como conglomerante, del estado de degradación de dichas viguetas.*

En el caso de que a la vista de los trabajos realizados, pudieran existir incertidumbres sobre dicho aspecto, el Instituto procedería a la toma de muestras para su posterior ensayo en laboratorio, consistente en la realización de ensayos de difracción de rayos X. Dichos ensayos tienen por objeto verificar si se ha producido o no la conversión cristalina del conglomerante, y por lo tanto poder analizar el estado de degradación del mismo.

Así mismo, podría ser necesario, complementariamente, la toma de muestras del hormigón de las viguetas, con objeto de realizar ensayos de rotura a compresión simple.

- g) Análisis de las tipologías de las actuaciones de reparación y/o refuerzo que sean necesarias.*



h) Emisión de un Informe de resultados de las actividades realizadas para cada uno de los bloques en estudio.

Dicho Informe incluirá una descripción de todos los trabajos realizados y los resultados obtenidos, incluyendo como anejos el detalle de cada una de las actividades desarrolladas (croquis y fotografías de los trabajos de inspección de daños y de inspección de calas, metodología y resultados obtenidos en los eventuales ensayos de materiales realizados, etc.)

5. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE INSPECCIÓN DE DAÑOS

Los trabajos de inspección de daños han sido llevados a cabo entre los meses de septiembre y noviembre de 2009 por un equipo Técnico de INTEMAC dirigido por el ya citado D. Carlos Vergara Pérez. Dicha inspección de daños se centró fundamentalmente en la detección de anomalías en cara inferior de forjados (fisuras, humedades, desconchones, etc.).

Hacemos notar que previamente a la inspección del Instituto, MUVISA había remitido a los propietarios una carta de aviso de las fechas previstas para la inspección del inmueble. En algunos casos no se pudo inspeccionar el 100% de las viviendas y/o locales, bien por no poder localizar a los propietarios, bien porque el propietario no se presentó el día de la inspección aún siendo avisado, o bien porque éste no permitió el acceso.

Finalmente, el porcentaje de viviendas inspeccionadas en cada uno de los bloques ha sido suficiente para poder acometer el estudio solicitado.

Los resultados de las inspecciones de daños se recogen, mediante tablas y fotografías, en los Informes emitidos para cada uno de los bloques. A modo de resumen, en las figuras n°s 4 a 8 mostramos algunos de los daños que se presentan de forma más general en los bloques objeto de estudio.





Figuras en acabados de techo marcando la posición de las viguetas

Figura n° 4

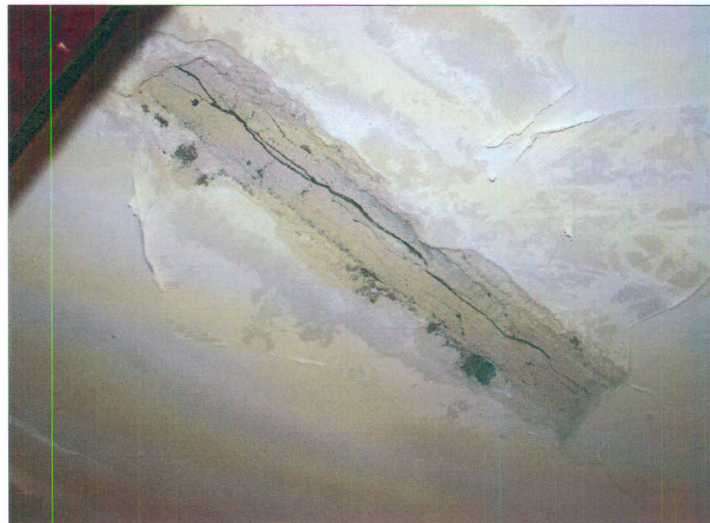




Humedades en techos. Fundamentalmente se localizan en terrazas, baños y cocinas

Figura n° 5





Fisuras en cara inferior de viguetas, marcando la posición de las armaduras. Se presentan con carácter puntual en algunos de los bloques

Figura nº 6





Desconchones en cara inferior de las viguetas dejando a la vista su armadura. Se presentan con carácter puntual en algunos de los bloques

Figura n° 7





Deterioro de acabados exteriores de fachada en bordes de forjados

Figura nº 8

6. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN DE CALAS EN ESTRUCTURA

Una vez realizada la inspección de daños referida en el apartado anterior en cada uno de los bloques, los Técnicos del Instituto procedieron a marcar *in situ* los puntos en los que era necesaria la apertura de calas en cara inferior de forjado, así como la toma de muestras del hormigón de las viguetas. Los objetivos de dichas calas eran identificar el tipo de vigueta de forjado empleado y sus esquemas de armado; la coloración del hormigón de la misma; el estado de conservación de las armaduras; y la referida toma de muestras del hormigón.

Los trabajos de supervisión de la apertura² e inspección de calas realizadas en cara inferior de viguetas de forjado, y toma de muestras de hormigón de las mismas, ha sido llevado a cabo entre los meses de septiembre y noviembre de 2009 por el ya referido D. Carlos Vergara Pérez.

² La apertura y cierre de las calas fue realizada por la empresa ESTUDIO Y CONSTRUCCIONES CANARIAS por encargo de MUVISA.



La localización definitiva de las calas que finalmente fueron realizadas, así como los croquis, tablas de resumen de los datos obtenidos y fotografías de las mismas, se recoge en los Informes emitidos para cada uno de los bloques. A continuación exponemos a modo de resumen los aspectos más significativos observados en las calas practicadas:

- Hemos detectado diferentes tipologías de viguetas que conforman los forjados. La más abundante se corresponde con viguetas prefabricadas *autorresistentes* de hormigón pretensado, con sección en doble T (véase la figura n° 9).



Vista de una cala realizada en cara inferior de una viga prefabricada pretensada con sección en doble T

Figura n° 9

La siguiente tipología más común en los bloques en estudio es viguetas prefabricadas de hormigón armado, con armaduras de acero corrugado de *dureza natural* y/o *estirado en frío* (véase la figura n° 10), y aparentemente sección en doble T.



Vista de una cala realizada en cara inferior de una vigueta prefabricada de hormigón armado, aparentemente con sección en doble T

Figura n° 10

Por último, puntualmente hemos detectado viguetas prefabricadas de hormigón armado con pletinas (*fleje*) y barras de acero corrugado de *dureza natural* y/o *estirado en frío* adicionales (véase la figura n° 11).



Vista de una cala realizada en cara inferior de una vigueta prefabricada de hormigón armado, con pletinas (*fleje*) en cara inferior

Figura n° 11





- En cuanto a la coloración del hormigón, en general en las viguetas prefabricadas pretensadas (salvo casos muy excepcionales) es marrón oscura, indicativa del empleo de cemento aluminoso como conglomerante³ (véase por ejemplo la figura n° 12). Sin embargo, las otras dos tipologías de viguetas descritas anteriormente (ambas armadas y no pretensadas) presentan siempre una coloración gris clara, indicativa del empleo de cemento portland como conglomerante (véase la figura n° 13).



Véase la coloración marrón oscura del hormigón de la vigueta

Figura n° 12



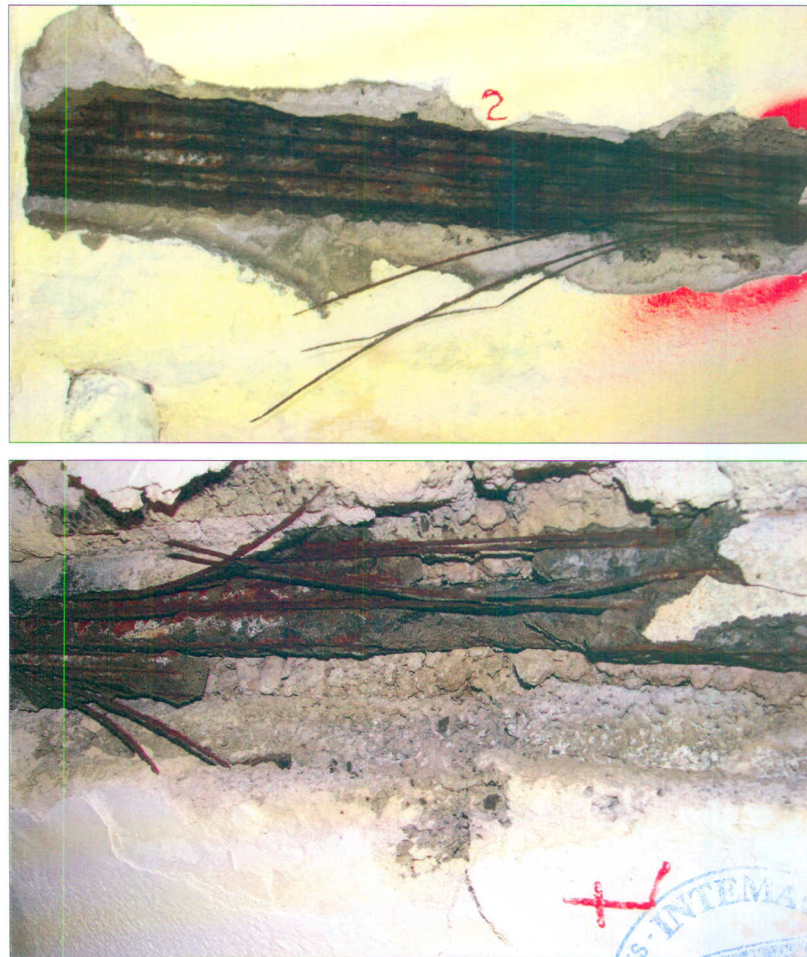
Véase la coloración gris clara del hormigón de la vigueta

Figura n° 13

³ Aspecto que se ha verificado mediante la realización de los ensayos de materiales descritos en el apartado 7 del presente documento.



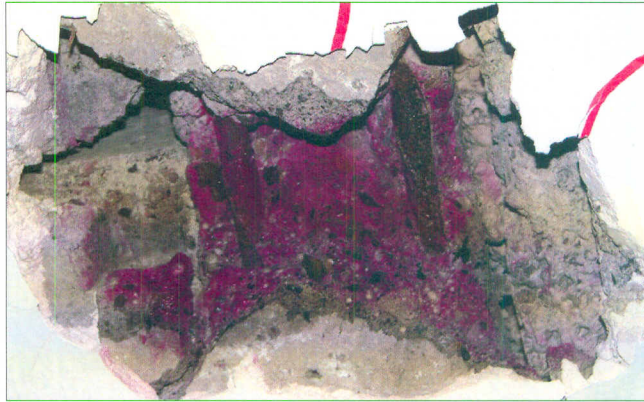
- En relación con los recubrimientos de las armaduras detectados, en las viguetas pretensadas los alambres presentan valores en general de entre 5 e 10 mm (con valores puntuales incluso nulos), si bien en las otras dos tipologías de viguetas éstos son de entre 15 e 35 mm.
- En general, en zonas húmedas se aprecia oxidación de las armaduras. Dicha oxidación es normalmente superficial en las viguetas de hormigón armado, sin llegar a producir pérdidas de sección significativas, si bien en las viguetas pretensadas hemos detectado múltiples casos en los que la corrosión es avanzada. De hecho, como se aprecia en la figura nº 14, en muchos casos hemos detectado alambres en estado de oxidación avanzada, y en muchos casos rotos ante la pérdida total de sección por corrosión.



Vista de unas viguetas con alambres rotos por corrosión

Figura nº 14

- De la aplicación de fenolftaleína diluida en las calas realizadas se deduce que en todas las viguetas que presentan coloración marrón oscura (tanto zonas húmedas como en el resto) el frente de carbonatación ha rebasado la posición de las armaduras. No obstante, en las viguetas con coloración gris clara, no siempre dicho frente supera las armaduras (véase la figura n° 15).



Vista de una vigueta de hormigón armado en la que el frente de carbonatación no ha alcanzado la posición de las armaduras (coloración rosa indicativa de zona no carbonatada)

Figura n° 15

Cabe señalar que como resultado de la inspección de calas, en algunos bloques, ante los graves daños por corrosión que habían sufrido algunas viguetas de forjado, comunicamos al Peticionario la necesidad de proceder al apuntalamiento de los forjados de techo de las dependencias afectadas. Así mismo, en un escrito de fecha 2009-10-07 y referencia EX/OC-09100/E indicamos un protocolo para realizar el apuntalamiento de las dependencias afectadas. A continuación indicamos una relación de las dependencias en las que se ha recomendado dicho apuntalamiento:

- Bloque n° 1: 1°D (baño), forjado de cubierta en caja de escaleras.
- Bloque n° 2: 5°A (totalidad de la vivienda).
- Bloque n° 3: 5°B (totalidad de la vivienda), 6°D (baño).
- Bloque n° 4: forjado de cubierta en caja de escaleras.
- Bloque n° 7: 5°A (totalidad de la vivienda).
- Bloque n° 9: Local 1–local que linda con el bloque n° 10– (totalidad del local), 6°D (totalidad de la vivienda).



- Bloque n° 10: Local 4 –local más próximo al bloque n° 11– (totalidad del local).
- Bloque n° 12: Local 4 –local más próximo al bloque n° 13– (totalidad del local), 1°B (totalidad de la vivienda).
- Bloque n° 13: Local 1 –parroquia– (totalidad del local), zona de acceso de los portales (apuntalada antes de la intervención del Instituto).
- Bloque n° 14: Local 2 (baño), 3°Izq. (baño), locales (apuntalados antes de la intervención del Instituto).
- Bloque n° 30: 6°B (totalidad de la vivienda), 5°D (cocina), Local 1 –local de la derecha según se accede– (totalidad del local). Cabe señalar que en el caso de la dependencia Local 1, tras la inspección de una cala realizada en el baño, dados los desfavorables resultados obtenidos (corrosión avanzada de alambres de la vigueta con rotura de muchos de ellos), el Instituto solicitó al propietario el permiso necesario para la realización de alguna cala adicional en el local, con objeto de descartar que no hubiese daños análogos a los antes referidos en el resto de dicho local. Finalmente el propietario no permitió la realización de dichas pruebas complementarias, por lo que en nuestra opinión es necesario proceder al apuntalamiento de la totalidad del local ante los daños tan severos observados en el baño.
- Bloque n° 31: 2°B (baño).
- Bloque n° 32: 6°C (totalidad de la vivienda), 5°B (baño), 4°B (baño), 3°B (baño), 3°C (baño), 3°D (baño), 3° B (cocina).
- Bloque n° 33: Local izquierdo –según se accede al edificio– (crujía posterior al completo), 3°Izq. (baño).
- Bloque n° 34: 1°Izq. (baño).
- Bloque n° 35: 1°D (lavadero), 1°B (baño), 4°D (terrazza).
- Bloque n° 36: 1°Dcha. (baño), 5°Izq. (totalidad de la vivienda). De acuerdo con la información facilitada por el Peticionario, en este bloque no se ha permitido el acceso para poder acometer el apuntalamiento.
- Bloque n° 38: 5°Izq. (totalidad de la vivienda).
- Bloque n° 42: 4°D (baño y cocina).



7. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

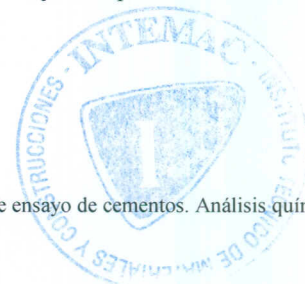
Con objeto de analizar el hormigón de las viguetas de forjado de cada uno de los edificios en estudio, durante los trabajos de apertura de calas comentados en el apartado anterior procedimos a la toma de muestras de hormigón endurecido en todas las viguetas de forjado en las que se practicaron calas. Dichas muestras fueron analizadas visualmente con detalle por Técnicos del Instituto, clasificándolas por su coloración como fabricadas con cemento aluminoso o cemento portland según el caso. Realizada dicha clasificación se procedió a la selección de 2 muestras por bloque para verificar el diagnóstico apuntado mediante la realización de los siguientes ensayos en el Laboratorio Central de INTEMAC, sito en Torrejón de Ardoz (Madrid):

- Preparación, molturación, homogeneización y tamizado de las muestras recibidas.
- Determinación del tipo de conglomerante, mediante análisis químico, según procedimiento interno M.2.01.06.Ed.7⁴ y UNE-EN 196-2:2006.

Como anejo a cada uno de los Informes emitidos para cada bloque se recoge la metodología empleada y los resultados obtenidos en los ensayos realizados. Así mismo, en el apartado 9 se comentan, entre otros aspectos, los resultados obtenidos. A modo de resumen, cabe indicar que los ensayos realizados confirman siempre la clasificación ocular realizada por los Técnicos del Instituto en función de la coloración del hormigón. Es decir, la coloración marrón oscura es siempre indicativa del empleo de cemento aluminoso como conglomerante del hormigón de las viguetas, mientras que la coloración gris clara es indicativa del empleo de cemento portland.

En la figura nº 16 mostramos un croquis de planta de la urbanización, en el que se clasifican por colores los bloques en función de que se haya empleado o no cemento aluminoso como conglomerante de las viguetas.

⁴ Manual de Instrucciones Técnicas de INTEMAC: M.2.01.06.Ed.7: Métodos de ensayo de cementos. Análisis químico.





METIRE UT SCIAS

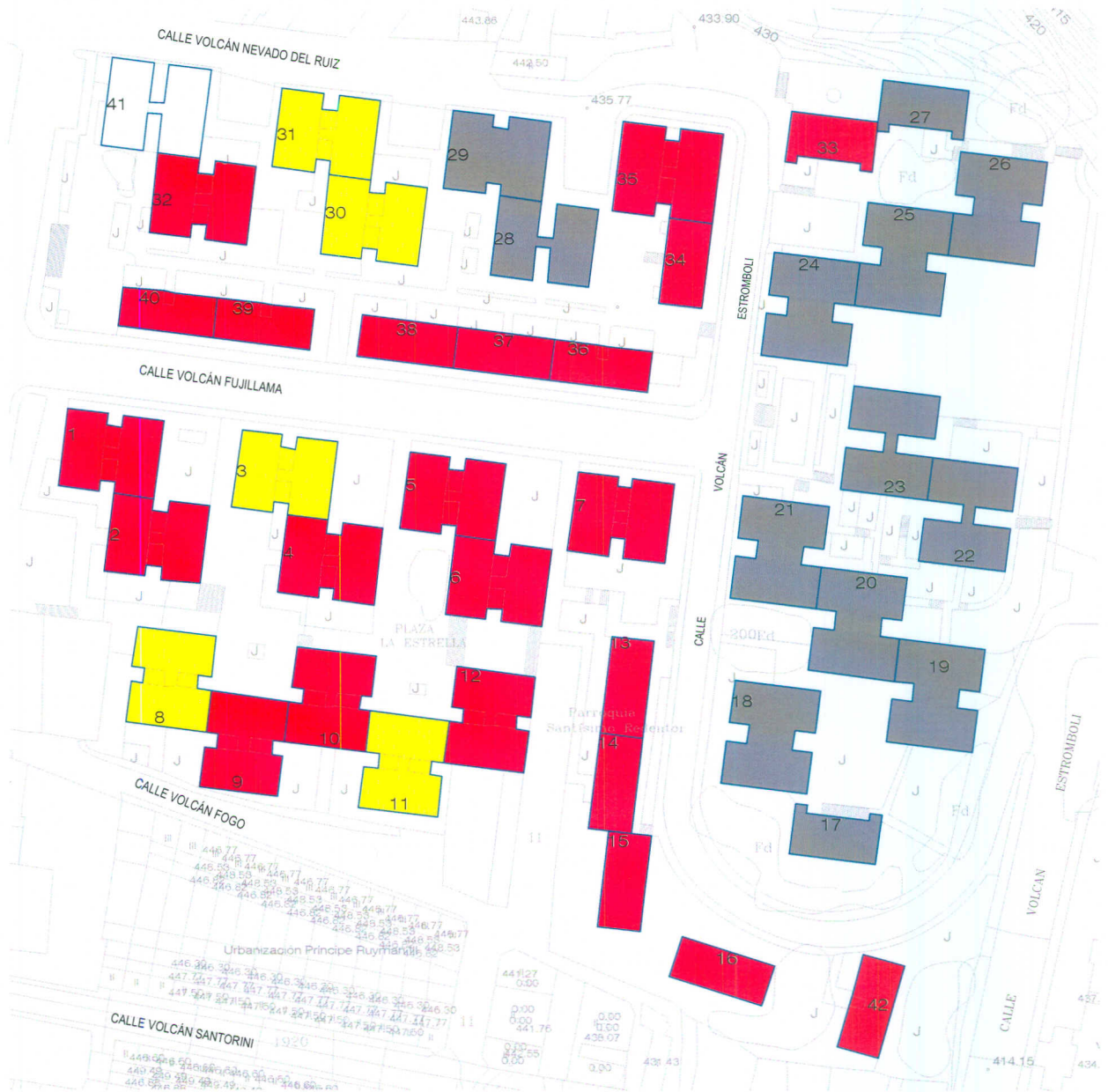
INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

REFERENCIA DEL DOCUMENTO: EX/OC-09100/E

FECHA: 2009-12-17

HOJA N° 24 DE 44



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento aluminoso.



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento portland.



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento aluminoso aunque se han detectado puntualmente viguetas con cemento portland.

Croquis de planta de la urbanización. Clasificación por colores en función de que se haya empleado o no cemento aluminoso como conglomerante de las viguetas

Figura n° 16





Además, complementariamente y con objeto de analizar el grado de conversión cristalina en el caso de que se confirma la presencia de cemento aluminoso como conglomerante, hemos realizado ensayos adicionales sobre varias muestras seleccionadas de una muestra suficientemente representativa del conjunto de los bloques de la urbanización (bloques nºs 4, 9, 31, 33, 35, 36) en los que se ha confirmado la presencia de dicho conglomerante. Dichos ensayos han consistido en el análisis cualitativo de fases cristalinas mediante difracción de Rayos X⁵ sobre una de las muestras. Los resultados obtenidos en dichos ensayos se recogen como anejo nº 1 al presente Informe resumen.

De dichos ensayos complementarios se deduce que en todos los casos analizados se ha producido la conversión cristalina del conglomerante, tal y como se explica con mayor detalle en el apartado 9.

Cabe señalar que antes de la emisión del presente Informe, a tenor de los resultados obtenidos en el estudio, hemos planteado al Peticionario la realización de algunos ensayos complementarios sobre las viguetas de una muestra suficientemente representativa de los bloques que conforman la referida urbanización. El motivo principal de los ensayos⁶ es poder ajustar lo máximo posible el dimensionamiento del refuerzo previsto (véase el apartado 11 del presente documento) para la mayor parte de los forjados de la urbanización en los que se ha confirmado el empleo de cemento aluminoso como conglomerante.

Dichos ensayos consisten en la extracción de una vigueta por cada uno de los seis bloques seleccionados por el Instituto, para su posterior ensayo de rotura a corte (dos ensayos por cada vigueta) en el Laboratorio Central de INTEMAC sito en Torrejón de Ardoz. Próximamente, una vez se proceda a la extracción y posterior ensayo en el laboratorio, emitiremos una adenda al presente Informe que incluirá los resultados

⁵ Ensayo efectuado por el Servicio de Rayos X del INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA JAUME ALMERA (ICTJA) del CSIC (Informes nº EX204319 a EX204324 de fecha 17/11/2009).

⁶ Cabe señalar que dichos ensayos inicialmente no estaban previstos, dado el carácter destructivo de los mismos, puesto que ellos obligan al apeo de los forjados y a la reposición de las viguetas extraídas.



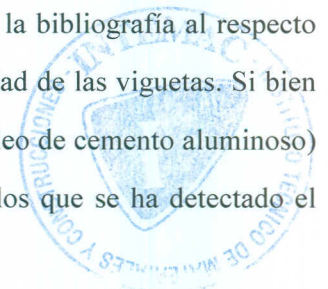
obtenidos en dichos ensayos, así como las posibles variaciones que puedan realizarse sobre el refuerzo propuesto.

8. ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS

En los bloques en los que se ha confirmado el empleo de cemento aluminoso como conglomerante del hormigón de las viguetas, el hecho de que en la actualidad se haya producido la degradación del mismo (conversión cristalina, según se explica en detalle en el apartado siguiente), hace necesario tener en consideración la drástica reducción de la resistencia inicial del hormigón producida por la referida degradación. En líneas generales, la bajada de resistencia del hormigón tras la conversión produce fundamentalmente las siguientes afecciones sobre las condiciones de seguridad de las viguetas:

- Reducción de la adherencia de los alambres de pretensado, lo que puede llegar a aumentar considerablemente la longitud de transmisión del pretensado en los apoyos, provocando pérdidas significativas de la fuerza de pretensado, y consecuentemente afectando a las condiciones de seguridad frente a esfuerzos de flexión y corte.
- Reducción de las condiciones de seguridad frente a esfuerzos de flexión y corte por la propia bajada de resistencia del hormigón, con independencia de la reducción de la adherencia de los alambres antes referida. Dentro de estos dos esfuerzos, la repercusión es mucho mayor frente a esfuerzos de corte, tal y como se expone a continuación.

Hemos realizado un estudio de sensibilidad de la repercusión de las bajas de resistencia esperables en el hormigón tras la conversión, de acuerdo con la bibliografía al respecto (véase el siguiente apartado), sobre las condiciones de seguridad de las viguetas. Si bien la tipología de las viguetas detectadas con esta patología (empleo de cemento aluminoso) es idéntica en el conjunto de bloques de la urbanización en los que se ha detectado el



mismo problema, la diversidad de esquemas de armado detectados obligan a realizar un estudio de sensibilidad general que abarque los casos posibles, y sea lo suficientemente representativo para todos los bloques analizados.

Dicho estudio se recoge con detalle como anejo n° 2 al presente Informe. En la tabla n° 1 mostramos la repercusión que se produce, para distintos tipos de armado (los más habituales entre los detectados), en las condiciones de seguridad frente a esfuerzos de corte ante diferentes bajas de resistencia en el hormigón (o lo que es lo mismo, distintos grados de conversión del cemento aluminoso).

Tabla n° 1

Variación resistente a corte producida por diferentes bajas de resistencia para distintas cuantías

Armadura traccionada	Cuantía traccionada ρ_L	Variación resistente a corte ($1 - V_{u,R} / V_{u,o}$) (%)		
		60% $f_{ck,o}$	50% $f_{ck,o}$	30% $f_{ck,o}$
4 ϕ 3	0.019	20%	25%	39%
		10%	13%	32%
6 ϕ 3	0.029	19%	25%	38%
		9%	15%	38%
2 ϕ 3 + 5 ϕ 3,5	0.042	18%	24%	37%
		19%	28%	47%
10 ϕ 3	0.048	18%	23%	37%
		23%	31%	50%

$V_{u,o}$ Resistencia a corte en la situación nominal (100% $f_{ck,o}$)

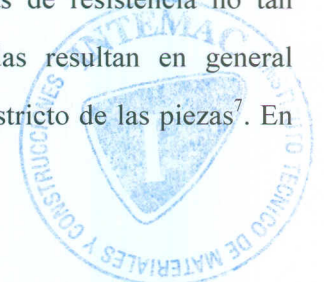
$V_{u,R}$ Resistencia a corte considerada una baja de resistencia en el hormigón (Baja% $f_{ck,o}$)

En las comprobaciones realizadas se ha adoptado una resistencia característica inicial del hormigón de las viguetas de 50 MPa.

En cada uno de los casos se expone la variación resistente a corte para secciones no fisuradas (valor superior) y fisuradas (valor inferior) a flexión.

Como se observa en la tabla anterior, en general, las condiciones de seguridad de las viguetas frente a esfuerzos de corte se ven significativamente mermadas tras producirse la conversión cristalina del conglomerante, incluso para bajas de resistencia no tan desfavorables. De hecho, las variaciones resistentes obtenidas resultan en general técnicamente no admisibles suponiendo un dimensionamiento estricto de las piezas⁷. En

⁷ Admitiendo *per se* una variación resistente máxima del 10%.



efecto, de las comprobaciones de cálculo realizadas (véase con detalle el anejo n° 2) se deduce que el dimensionamiento de las viguetas frente a esfuerzos de corte, para las hipótesis planteadas, fue en general estricto. A grandes rasgos, las bajas de resistencia esperables tras la degradación provocan que la seguridad actual de las viguetas sea la mitad o dos terceras partes de la inicial (antes de la degradación del cemento).

9. COMENTARIOS

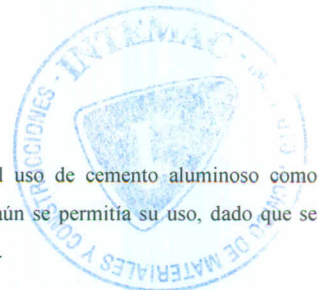
Con base en los aspectos referidos en los apartados anteriores, formulamos los siguientes comentarios:

- Tras confirmar en el bloque n° 15 de la urbanización en estudio el empleo de viguetas con cemento aluminoso⁸, se planteó una amplia campaña de investigación con objeto de verificar qué otros bloques podían presentar dicho conglomerante, teniendo en cuenta la trascendencia estructural de su empleo.

En este sentido cabe señalar que, a modo de resumen, la trascendencia del empleo de dicho conglomerante reside en que, si bien presenta unas adecuadas características resistentes y durables iniciales, a lo largo del tiempo se da en menor o mayor medida una evolución desfavorable de dichas propiedades, conllevando a que se produzcan, fundamentalmente, los siguientes fenómenos:

- Pérdida significativa de la resistencia a compresión del hormigón, con valores residuales de resistencia que pueden llegar a ser de entre el 30% y el 60% de los valores iniciales (incluso inferiores para determinadas condiciones). Además, dicha pérdida de resistencia se traduce en una afección sobre las condiciones de adherencia de los alambres.

⁸ Hacemos hincapié en que, si bien en la actualidad está totalmente prohibido el uso de cemento aluminoso como conglomerante de hormigón pretensado, en la época de construcción del inmueble aún se permitía su uso, dado que se desconocían los efectos desfavorables de su empleo pese a sus otras buenas cualidades.



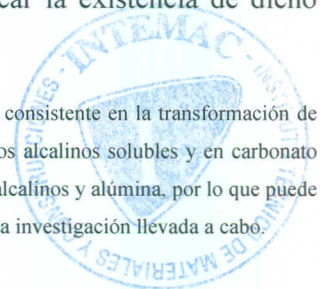
- Drástica reducción en la protección que confiere el hormigón a las armaduras frente a la corrosión, como consecuencia del incremento de la porosidad y permeabilidad en el hormigón y el aumento de la velocidad de carbonatación en el mismo.

En la zona carbonatada del hormigón se pierden las condiciones de basicidad originales del hormigón, en las cuales las armaduras quedan protegidas frente a los procesos de oxidación. En efecto, con el pH original del hormigón se forma en las armaduras una película de óxido microscópica (la capa pasiva) que protege a las armaduras frente a la corrosión. La carbonatación da lugar a una reducción importante del pH del hormigón. En estas condiciones se produce la destrucción de la capa pasiva, perdiéndose así la protección que el hormigón confiere al acero, y desencadenándose entonces los procesos de corrosión cuando se presentan condiciones de humedad.

Esta degradación del conglomerante, y por lo tanto las propiedades durables y resistentes de las viguetas, se produce fundamentalmente por la conversión cristalina⁹, consistente en la transformación de aluminatos monocálcicos, que cristalizan en el sistema hexagonal, en aluminatos tricálcicos (más estables), que cristalizan en el sistema cúbico, con liberación de alúmina. Cabe señalar que dicha conversión acaba produciéndose siempre en cualquier condición de humedad y temperatura, si bien unas desfavorables condiciones de exposición (humedad y/o temperatura alta) aceleran dicho proceso, así como otros factores relacionados con la propia fabricación del hormigón (relación *agua/cemento*, condiciones de curado, calidad final del hormigón, etc.).

- Por todo lo anteriormente expuesto, planteamos una campaña de investigación de la estructura de cada uno de los bloques tendente a identificar la existencia de dicho

⁹ Aunque es menos común, también puede darse el fenómeno de *hidrólisis alcalina*, consistente en la transformación de aluminatos monocálcicos hidratados por acción de carbonatos alcalinos en aluminatos alcalinos solubles y en carbonato cálcico, que a su vez evolucionan y, con el CO₂ del aire, forman de nuevo carbonatos alcalinos y alúmina, por lo que puede continuar el proceso de deterioro. No se han observado síntomas de este fenómeno en la investigación llevada a cabo.



conglomerante en el hormigón de las viguetas, así como la presencia de indicios del grado de conversión del mismo.

Para ello, se ha realizado la inspección detallada de todas las dependencias accesibles de cada uno de los bloques en estudio, con objeto de buscar daños que pudieran ser indicativos de procesos de degradación de las viguetas de forjado, asociados al empleo de cemento aluminoso como conglomerante. En esta fase de actuación, en algunos de los bloques hemos detectado fisuras en cara inferior de las viguetas¹⁰ indicativas del avanzado estado de oxidación de los alambres, que en algunos casos han provocado la expulsión del hormigón de recubrimiento (como consecuencia del incremento de volumen que experimentó el acero de los alambres al corroerse), e incluso, en casos puntuales, la rotura de los alambres.

Una vez realizada la inspección detallada de cada bloque se planteó una campaña de calas suficientemente amplia en zonas tanto con condiciones de exposición favorables como desfavorables (fundamentalmente por presentar mayor humedad y/o temperatura). Además, en los puntos donde se procedió a la apertura de calas se llevó a cabo la toma de muestras para la realización de ensayos sobre el hormigón de las viguetas, con objeto de confirmar la presencia o no de cemento aluminoso.

En una primera instancia procedimos a la clasificación visual de todas las muestras tomadas en función de su coloración, determinando en cuáles había sido empleado cemento aluminoso como conglomerante. Posteriormente, se corroboró dicho diagnóstico preliminar mediante la realización de análisis químicos sobre dos muestras seleccionadas por cada bloque, efectuados para determinar el tipo de conglomerante empleado en la fabricación del hormigón de las muestras objeto de estudio.

¹⁰ Conviene recalcar que no se está haciendo referencia a las fisuras que se presentan de forma generalizada en acabados de techos, marcando la posición de las viguetas, y en ocasiones del entrevigado.



En la figura nº 16 anteriormente expuesta (ver página 24) mostramos un croquis de planta de la urbanización, en el que se clasifican por colores los bloques en función de que se haya empleado o no cemento aluminoso como conglomerante de las viguetas. Como se puede observar en dicha figura, de los cuarenta bloques analizados (en el bloque nº 15 ya se había confirmado anteriormente el empleo de cemento aluminoso) en veintisiete se ha confirmado el empleo generalizado¹¹ de cemento aluminoso como conglomerante de las viguetas, mientras que en los trece restantes se detectaron siempre viguetas fabricadas con cemento portland.

Además, como puede observarse en la figura nº 16 antes referida, se aprecia una clara zonificación en función del empleo o no de cemento aluminoso, con la excepción de algunos bloques (bloques nºs 28 y 29), de la que se deduce que muy probablemente la urbanización se construyó por fases, variando en ellas el suministro de viguetas de forjado empleadas.

- En los casos en los que se ha confirmado la presencia de cemento aluminoso como conglomerante mediante los ensayos realizados, hemos buscado indicios de la degradación del mismo. En este sentido, queremos señalar que en todas las muestras tomadas correspondientes a cemento aluminoso (no sólo las finalmente ensayadas) se ha apreciado una coloración marrón oscura indicativa de que se ha producido la conversión cristalina del conglomerante. En efecto, de acuerdo con la bibliografía existente al respecto (entre otros véase por ejemplo¹²), así como la numerosa experiencia de INTEMAC en patologías relacionadas con el empleo de dicho conglomerante, éste presenta de origen una coloración en general gris oscura que tras producirse la citada conversión pasa a ser ligeramente marrón oscura, como la observada de forma inequívoca en las muestras tomadas.

¹¹ Si bien en cinco de éstos se han detectado puntualmente viguetas fabricadas con cemento portland.

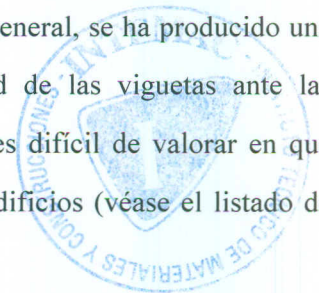
¹² Neville, A.M.; "High alumina cement concrete". The Construction Press. Lancaster. 1975.
Calavera, J.; "Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado". 2ª Edición. INTEMAC. Madrid. 2005.
INTEMAC; "Curso sobre estructuras con cemento aluminoso". Madrid. Octubre 1993.



En cuanto a la posibilidad de realizar ensayos físico-químicos que constaten lo anterior, es posible realizar el análisis cualitativo de fases cristalinas mediante difracción de Rayos X sobre una de las muestras, si bien estos ensayos son complejos y costosos, y normalmente en nuestra opinión basta con realizarlos puntualmente sobre alguna muestra seleccionada para confirmar el diagnóstico apuntado mediante el análisis de la coloración del conglomerante. Hemos realizado los ensayos citados de difracción en una muestra suficientemente representativa de los bloques que conforman la urbanización objeto del encargo, confirmando el diagnóstico apuntado en cada caso.

Aunque tanto la conversión cristalina de los aluminatos cálcicos como la posterior carbonatación de la pasta de cemento se habrían producido en un grado similar en todas las viguetas dada la edad del inmueble, la corrosión de las armaduras se habrá visto acrecentada en aquellas localizaciones en las que las condiciones de humedad sean las más favorables para el desarrollo del proceso de oxidación, de modo que la extensión y magnitud de los daños por corrosión (superficie de las áreas afectadas, cuantificación de las pérdidas de sección del acero, desprendimientos del hormigón de recubrimiento de las armaduras, etc.) en unas u otras zonas serán principalmente función de su nivel de exposición, tal y como se comenta más adelante. Téngase en cuenta que, una vez iniciados los procesos de corrosión en los alambres, evolucionan rápidamente al encontrarse la armadura con un nivel tensional elevado al tratarse de acero pretensado (fenómeno conocido como *corrosión bajo tensión*).

- En cuanto a la trascendencia estructural de los daños, de la inspección realizada y de los resultados obtenidos en las calas realizadas, se deduce que los daños por corrosión detectados se dan siempre en los puntos sometidos a unas condiciones de humedad más desfavorables (forjado de cubierta, cuartos de baño, cocinas, y puntos próximos a éstos). En el análisis de estas zonas observamos que, en general, se ha producido una afeción sobre las condiciones nominales de seguridad de las viguetas ante las pérdidas de sección resistente de los alambres, si bien es difícil de valorar en qué grado. No obstante, en algunas zonas concretas de los edificios (véase el listado de

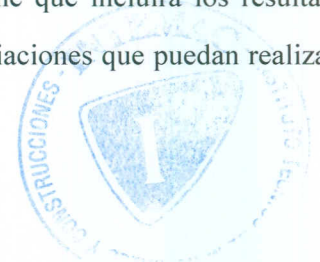


dependencias expuesto en el apartado 6 del presente Informe) los daños ya son suficientemente severos como para, tal y cómo se ha hecho a lo largo del estudio, se hayan tomado medidas de emergencia como el apeo.

En el resto de zonas, donde las condiciones de humedad no son tan desfavorables, no se han detectado daños por corrosión de los alambres de las viguetas, si bien, sí se ha producido la degradación del conglomerante y por lo tanto una reducción de la resistencia del hormigón que puede comprometer las condiciones de seguridad de los forjados. En efecto, como se ha indicado anteriormente, dicha pérdida de resistencia se traduce en una reducción de las condiciones de seguridad de las viguetas, fundamentalmente por la afección sobre las condiciones de adherencia entre las armaduras y el hormigón, y por la mayor influencia que ésta tiene en la resistencia a cortante de las piezas. Dado que ambos fenómenos tienen una capacidad muy reducida de aviso (son de tipo *frágil*), no puede obviarse el refuerzo en zonas en la actualidad aparentemente no dañadas ante el riesgo que esto supone.

En este sentido cabe señalar que de los análisis realizados por el Instituto sobre la afección de la reducción de resistencia del hormigón en las condiciones de seguridad de las viguetas se deduce que la merma en dichas condiciones de seguridad, para los valores usuales de bajada de resistencia del hormigón asociados (véase la bibliografía indicada al respecto en el presente apartado), resulta en general técnicamente no admisibles, lo que justifica el refuerzo generalizado de la estructura horizontal.

Únicamente, podría acotarse la extensión del refuerzo, así como su magnitud, mediante la realización en el laboratorio de una muestra suficientemente representativa de ensayos hasta rotura de viguetas extraídas de la estructura. Próximamente, una vez se proceda a la extracción y posterior ensayo en el laboratorio, emitiremos una adenda al presente Informe que incluirá los resultados obtenidos en dichos ensayos, así como las posibles variaciones que puedan realizarse sobre el refuerzo propuesto en el apartado 11.



- Por todo lo anteriormente expuesto, es necesario proceder con urgencia al refuerzo generalizado de las viguetas de forjado de los bloques en los que se ha conformado el empleo de cemento aluminoso (véase la figura n° 16), si bien, en tanto se lleve a cabo dicho refuerzo, no es necesario por el momento adoptar medidas de emergencia adicionales a las ya tomadas. Únicamente, deberá evitarse la acumulación de cargas excepcionales, especialmente en las zonas de cuartos húmedos y cocinas (fundamentalmente, acopio de objetos), si bien insistimos en que en opinión de INTEMAC el refuerzo no puede demorarse.

- Por último, en relación con los bloques en los que se ha confirmado el empleo de cemento aluminoso, queremos destacar que la patología detectada sólo atañe a las viguetas que conforman los forjados (es decir, estructura de suelos y techos), no afectando el empleo de cemento aluminoso a otros elementos de la estructura del edificio (muros de carga, losas de hormigón armado y eventuales pórticos del mismo material).

- En los bloques en los que se ha verificado que las viguetas se han fabricado con cemento portland como conglomerante, cabe señalar en cuanto a la trascendencia estructural de los daños detectados en la cara inferior de forjados (fundamentalmente, fisuras marcando la posición de las viguetas), que, en nuestra opinión, éstos no guardan relación alguna con el tipo de conglomerante empleado, teniendo su origen más probable en la insuficiente capacidad de reparto transversal del forjado, y/o en una disposición de los acabados no satisfactoria. Así mismo, la leve intensidad de los daños, su tipología y localización no es indicativa en general, en ninguno de los bloques analizados, de un anómalo comportamiento de la estructura horizontal.

Por lo tanto, no habiéndose empleado cemento aluminoso como conglomerante, no cabe atribuir ninguna de las patologías detectadas al propio conglomerante en estos bloques.



- No obstante lo anterior, en estos bloques (viguetas con cemento portland) cabe mencionar que, de los trabajos de campo realizados, se deduce que en muchos casos el frente de carbonatación ha propasado la posición de las armaduras de la cara inferior de las viguetas. Ello conlleva a que, en los casos en los que pueda haber una mayor presencia de humedad (fundamentalmente en cocinas, baños y terrazas) se está produciendo o se puede llegar a producir la corrosión de las armaduras. Si no se adoptan medidas correctoras, según avance la corrosión del acero el hormigón de recubrimiento terminará por fisurarse e incluso desprenderse. Insistimos, en que de producirse no tendría relación alguna con el empleo de cemento aluminoso¹³, puesto que en estos bloques se ha confirmado la presencia de cemento portland como conglomerante.

En cuanto a las medidas de reparación de estos bloques, recomendamos disponer una protección impermeable en cara inferior de las viguetas para impedir el acceso de humedad y evitar que sigan avanzando los procesos de corrosión en las armaduras. En los casos en los que ya existan daños por corrosión, deberán ser reparados retirando el hormigón superficial y saneando las armaduras, disponiendo finalmente un mortero de reparación, previo tratamiento de las superficies, pasivado de armadura y extensión de un puente de unión.

- Por último, en relación con otras patologías observadas en los bloques en estudio, con independencia del uso o no de cemento aluminoso, cabe mencionar que hemos observado otros daños (puntualmente daños por corrosión en losas y daños en bordes de forjado en fachada, fugas en las instalaciones,...) que, si bien no tienen en la actualidad trascendencia estructural (no guardando relación alguna con el problema asociado a la presencia de cemento aluminoso), deben ser en nuestra opinión reparados para garantizar unas adecuadas condiciones de durabilidad de la estructura de los bloques.

¹³ Salvo que de forma muy localizada se haya dispuesto puntualmente una vigueta proveniente de otra partida de fabricación, y que ésta se corresponda con cemento aluminoso, aspecto poco probable dado el amplio muestreo de inspección de calas realizado por INTEMAC.



10. CONCLUSIONES

Con base en los aspectos referidos en los apartados anteriores, formulamos las siguientes conclusiones:

- a) Los trabajos de investigación realizados por INTEMAC (inspección detallada de daños, inspección de calas en viguetas de forjado y ensayos realizados sobre muestras extraídas del hormigón de las mismas) confirman el empleo de cemento aluminoso como conglomerante en la fabricación de dichas viguetas en veintisiete de los cuarenta bloques en estudio (véase la figura n° 17). Además, éstas se presentan con carácter general en todos los bloques señalados, con la excepción de algunos bloques (véase la misma figura n° 17), en los que muy puntualmente se han detectado también viguetas fabricadas con cemento portland.
- b) En todos los bloques en los que se ha empleado cemento aluminoso, existen claros indicios de que se ha producido la degradación de dicho conglomerante (*conversión cristalina*), afectando por lo tanto a las propiedades resistentes de las viguetas, así como a sus condiciones de durabilidad.
- c) La trascendencia estructural de esta circunstancia es grave por la pérdida de resistencia del hormigón, con una reducción significativa sobre las condiciones de seguridad nominales de la estructura, así como por la afección producida sobre las condiciones de durabilidad de las piezas. Además, este último aspecto se pone de manifiesto en las zonas con presencia de humedad, donde los daños por corrosión en las armaduras son elevados, reduciéndose aún más las condiciones de seguridad de las viguetas.





METIRE UT SCIAS

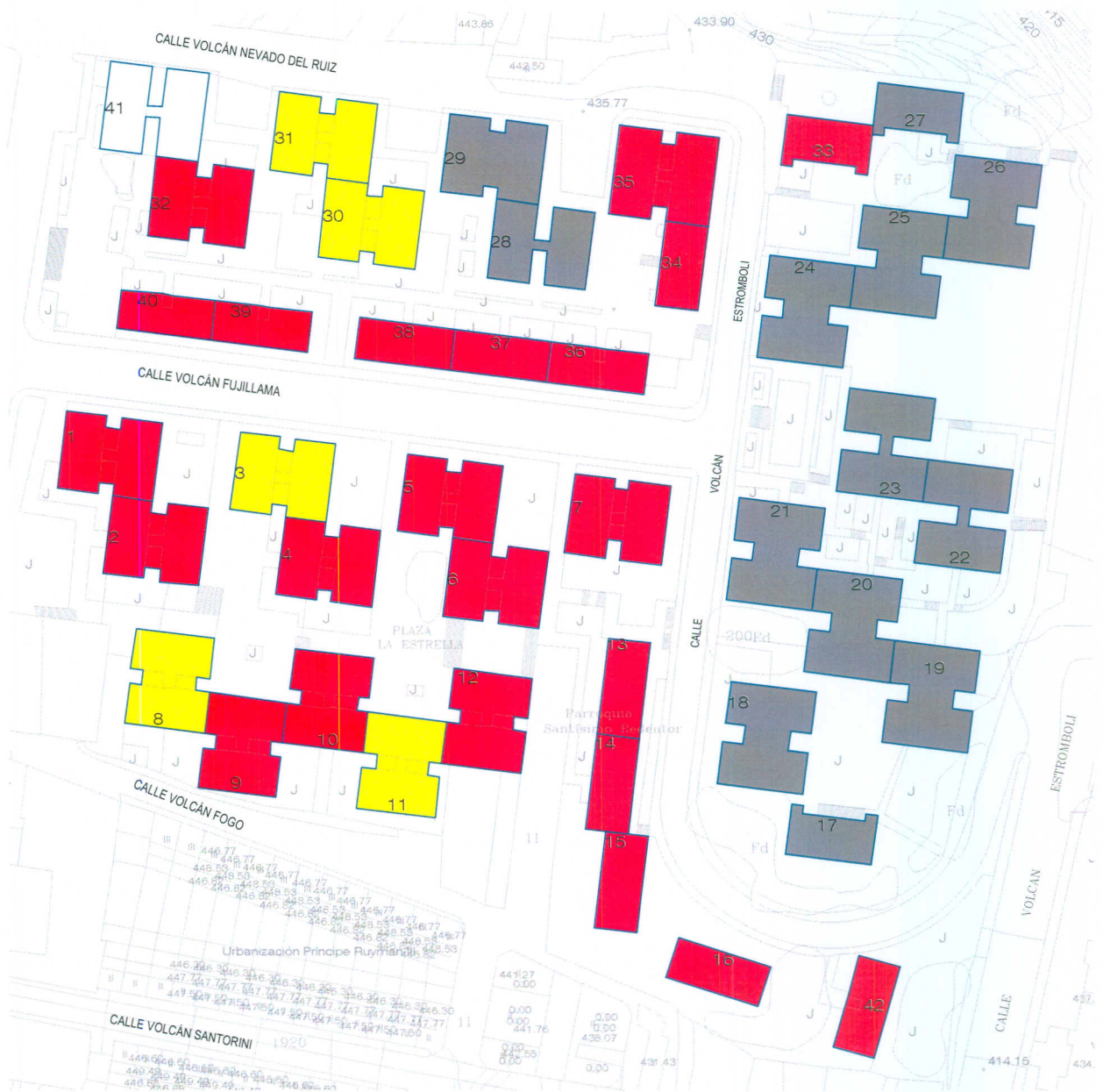
INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

REFERENCIA DEL DOCUMENTO: EX/OC-09100/E

FECHA: 2009-12-17

HOJA N° 37 DE 44



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento aluminoso.



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento portland.



Bloques que presentan viguetas fabricadas con cemento aluminoso aunque se han detectado puntualmente viguetas con cemento portland.

Croquis de planta de la urbanización. Clasificación por colores en función de que se haya empleado o no cemento aluminoso como conglomerante de las viguetas

Figura n° 17





- d) Por todo ello, se hace necesario una actuación de refuerzo generalizada sobre los forjados de todos los bloques en los que se ha confirmado el empleo de cemento aluminoso. Dicha actuación, dada la gravedad de los daños, deberá realizarse con urgencia, si bien en tanto se pueda llevar a cabo no será necesario por el momento adoptar medidas de emergencia adicionales a las ya tomadas (apeo de dependencias concretas de algunos de los bloques de la urbanización). Únicamente, deberá evitarse la acumulación de cargas excepcionales, especialmente en las zonas de cuartos húmedos y cocinas (fundamentalmente, acopio de objetos), si bien insistimos en que en opinión de INTEMAC el refuerzo no puede demorarse.
- e) En cuanto a los edificios donde se ha confirmado el empleo de cemento portland, en el apartado siguiente recogemos unas recomendaciones para la reparación de algunas de las patologías detectadas, las cuales insistimos no guardan relación alguna con el empleo de cemento aluminoso¹⁴.

11.RECOMENDACIONES

Del estudio realizado se deduce la necesidad de acometer las siguientes medidas de reparación y/o refuerzo.

A) ACTUACIONES A REALIZAR EN EDIFICIOS CON CEMENTO ALUMINOSO

Con base en los resultados del estudio realizado, es necesario proceder al refuerzo generalizado de las viguetas de forjado de la totalidad de los bloques en los que se ha confirmado el empleo de cemento aluminoso como conglomerante.

¹⁴ Salvo que de forma muy localizada se haya dispuesto puntualmente una vigueta proveniente de otra partida de fabricación, y que ésta se corresponda con cemento aluminoso, aspecto poco probable dado el amplio muestreo de inspección de calas realizado por INTEMAC.



Únicamente, podría acotarse la extensión del refuerzo, así como su magnitud, mediante la realización en el laboratorio de una muestra suficientemente representativa de ensayos hasta rotura de viguetas extraídas de la estructura. Próximamente, una vez se proceda a la extracción y posterior ensayo en el laboratorio, emitiremos una adenda al presente Informe que incluirá los resultados obtenidos en dichos ensayos, así como las posibles variaciones que puedan realizarse sobre el refuerzo propuesto en el presente apartado.

A continuación exponemos la tipología de refuerzo que en nuestra opinión resulta más adecuada para la configuración de los forjados existentes y el tipo de patología detectada:

- El refuerzo consistiría en la disposición de un perfil metálico bajo cada una de las viguetas existentes. Dicho perfil sería fijado en sus extremos a los muros de carga¹⁵ sobre los que apoya el forjado a reforzar. En la figura n° 18 mostramos unos croquis esquemáticos del refuerzo a disponer, para las diferentes configuraciones en planta detectadas para los bloques en estudio.

Así mismo, en la figura n° 18 mostramos los perfiles metálicos que habría que disponer según la luz de forjado existente, de acuerdo con el predimensionamiento realizado por el Instituto para las cargas existentes y la sobrecarga de uso exigida por la normativa vigente para uso residencial (2 kN/m^2), por condiciones de seguridad y, fundamentalmente, de rigidez del refuerzo.

¹⁵ En algunos bloques se ha detectado la existencia de un pórtico central del hormigón armado, por lo que en estos casos, en un extremo de las viguetas de refuerzo, éstas habría que fijarlas a la cara lateral de la viga del pórtico central.





METIRE UT SCIAS

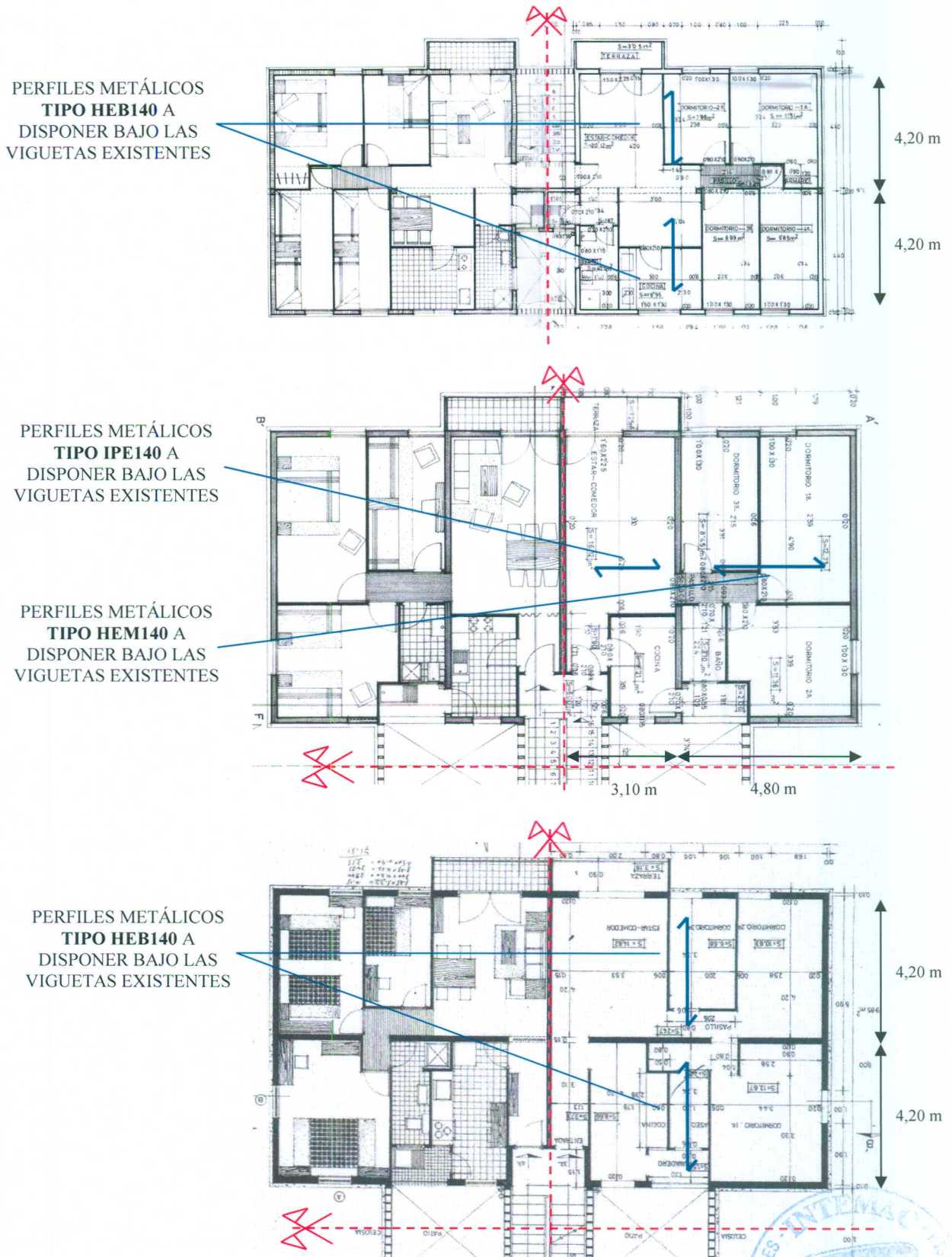
INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

REFERENCIA DEL DOCUMENTO: EX/OC-09100/E

FECHA: 2009-12-17

HOJA N° 40 DE 44



Croquis esquemáticos del refuerzo a disponer en las diferentes configuraciones detectadas

Figura n° 18



- Los perfiles se soldarán a unas chapas que habrán sido fijadas previamente mediante tacos de anclaje tipo químico a los muros de carga y eventuales vigas. La dimensión de las chapas se establecerá en función de la separación mínima entre los tacos de anclaje y su distribución final.

En el caso de se detecte un pórtico central, la fijación de las chapas a las vigas, si las viguetas de forjado de los dos vanos adyacentes están alineadas, recomendamos que se dispongan barras roscadas pasantes de cara a cara de la viga, en lugar de tacos de anclaje independientes.

En el caso de los muros, en nuestra opinión, para la elección del tipo de anclaje químico deberán realizarse ensayos previos del anclaje seleccionado para analizar su idoneidad respecto del material base (bloque macizo¹⁶).

- Los perfiles deberán ser retacados con cuñas metálicas a la cara inferior de las viguetas existentes (previamente, deberán retirarse los acabados existentes en la cara inferior de las mismas) que deberán ser fijadas a los perfiles con puntos de soldadura, y posteriormente retacados con un mortero ligeramente expansivo. Cabe señalar que, previamente, habrá sido necesario sanear los fragmentos de hormigón no firmemente adheridos de recubrimiento de los alambres de las viguetas existentes.
- Por último, deberá protegerse el refuerzo ejecutado frente a la corrosión y frente a *fuego*.

Insistimos, no obstante, que la tipología de refuerzo definitiva podrá ser establecida por el Instituto una vez se realicen los ensayos complementarios de laboratorio previstos antes referidos.

¹⁶ En el caso de que en alguna ubicación no se detectase bloque macizo, deberá analizarse de forma particular y específica el tipo de anclaje a disponer, y las medidas complementarias a adoptar.



Como se ha indicado en el apartado de *Comentarios* dicho refuerzo tiene por objeto garantizar unas adecuadas condiciones de seguridad de las viguetas de forjado del inmueble, no siendo objeto del mismo el corregir otras posibles deficiencias que pudiera presentar el edificio. En este sentido cabe señalar por ejemplo la falta de una adecuada losa superior de reparto sobre las viguetas existentes afecta a las condiciones de servicio del inmueble, pudiendo aparecer a lo largo del tiempo daños en solados y acabados de techo, incluso para la estructura ya reforzada, que en cualquier caso no tendrían trascendencia desde el punto de vista estructural.

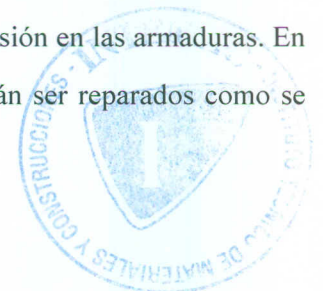
En tanto se lleve a cabo dicho refuerzo, no es necesario por el momento adoptar medidas de emergencia adicionales a las ya tomadas. Únicamente, deberá evitarse la acumulación de cargas excepcionales, especialmente en las zonas de cuartos húmedos y cocinas (fundamentalmente, acopio de objetos), si bien insistimos en que el refuerzo no puede demorarse.

Así mismo, recordamos la importancia de corregir las humedades existentes así como garantizar un adecuado mantenimiento de la estructura y de su refuerzo.

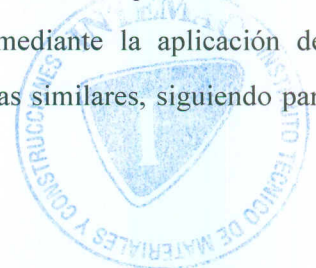
B) ACTUACIONES A REALIZAR EN EDIFICIOS CON CEMENTO PORTLAND

De los trabajos de investigación desarrollados por el Instituto se deduce que, en los casos en los que se ha empleado cemento portland como conglomerante de las viguetas de forjado, se requieren actuaciones para garantizar las condiciones de durabilidad de dichas viguetas.

En cuanto a las medidas de reparación de estos bloques, recomendamos disponer una protección impermeable en cara inferior de las viguetas para impedir el acceso de humedad y evitar que sigan avanzando los procesos de corrosión en las armaduras. En los casos en los que ya existan daños por corrosión, deberán ser reparados como se indica a continuación:



- Se procederá a realizar picado superficial del espesor de hormigón de recubrimiento de las armaduras hasta alcanzar la posición de éstas. A tal efecto se podrá emplear el picado manual mediante martillos eléctricos de bajo poder de demolición. Descubiertas las armaduras, se retirará el hormigón que las rodea si presentan indicios de corrosión, garantizando además que no quedan fragmentos de hormigón no firmemente adheridos al elemento a recomponer, tratando de conseguir que la superficie sea de árido fracturado y no de árido desprendido. Estas operaciones deberán realizarse por fases, bajo la dirección de un Técnico competente, para que la estructura no quede debilitada.
- Terminadas las labores de saneado en los casos en los que se observen manchas de corrosión en las armaduras, se procederá al cepillado enérgico con cepillo de púas de alambre del óxido de las barras. Deberá prestarse especial cuidado en no disminuir durante las operaciones de saneamiento la sección resistente en más de un 10 % de la sección inicial sin aprobación previa de un Técnico competente en la materia. En el caso de que esto ocurriera, o que eventualmente se detectaran barras corroídas con una pérdida de la sección nominal superior a dicho 10 %, aspecto en nuestra opinión poco probable de acuerdo con la inspección realizada, deberá analizarse la necesidad de reponer la armadura afectada.
- Una vez limpias las armaduras mediante un lavado de agua dulce a baja presión, y tras el secado superficial y eliminación del polvo residual, se protegerán inmediatamente después con resina activa básica mediante dos capas de pintado de su superficie, y también se impregnará con la misma resina la superficie del hormigón sano en al menos 2 cm en torno a las armaduras y a las zonas en que éstas penetran en el hormigón.
- A continuación de las operaciones anteriores se dispondrá una resina de adherencia en el hormigón a sanear. Seguidamente, y antes de que endurezca la resina, se procederá a reponer los recubrimientos mediante la aplicación del producto *SIKADUR® 41 MORTERO* o de características similares, siguiendo para ello las indicaciones del fabricante.



Como se ha indicado anteriormente, con independencia de estas reparaciones puntuales, con carácter general hay que dotar a la estructura horizontal existente de una protección impermeable en cara inferior de las viguetas para impedir el acceso de humedad y evitar que sigan avanzando los procesos de corrosión en las armaduras. Así mismo, recordamos la importancia de corregir las humedades existentes.

Este documento consta de cuarenta y cuatro páginas numeradas y selladas, y dos anejos.

Madrid, 17 de diciembre de 2009

SECCIÓN I DE ESTUDIOS DE
PATOLOGÍA



Fdo. Carlos Vergara Pérez
Arquitecto

EL JEFE DE LA SECCIÓN I DE
ESTUDIOS DE PATOLOGÍA



Fdo. Enrique Calderón Bello
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

EL DIRECTOR DEL ÁREA DE
REHABILITACIÓN Y PATOLOGÍA



Fdo. Raúl Rubén Rodríguez Escribano
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos