INTEMAC

APARCAMIENTOS EN LA PLAZA DE SALAMERO Y AVENIDA DE CÉSAR AUGUSTO DE ZARAGOZA

INFORME SOBRE EL ESTADO DE CONSERVACIÓN, SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIONES DE USO

50 1967 2017 ANIVERSARIO INTEMAC

Peticionario: **AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA**
Área de Urbanismo y Sostenibilidad
Edificio Seminario. Vía Hispanidad, 20
50009 Zaragoza

25 de agosto de 2021
EX/OC-20052/E-12

ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO 1

2.-DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA 1

3.-APARCAMIENTO DE LA PLAZA DE SALAMERO 5

3.1.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL 5

3.2.- ESTADO DE CONSERVACIÓN 5

3.3.- DIRECTRICES PARA EL USO 6

4.-APARCAMIENTO DE LA AVENIDA DE CÉSAR AUGUSTO 6

4.1.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL 6

4.2.- ESTADO DE CONSERVACIÓN 7

4.3.- DIRECTRICES PARA EL USO 7

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO

A raíz del siniestro acaecido en la losa de forjado de cubierta del aparcamiento subterráneo de la plaza de Salamero (Zaragoza) el AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA (en adelante Peticionario) solicitó los servicios del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) para realizar un estudio sobre el origen de los daños, su trascendencia estructural, y para la definición de las medidas a adoptar. El estudio también incluyó la estructura del aparcamiento situado bajo la Avenida de César Augusto, conectado al primero.

En el caso del aparcamiento bajo la plaza de Salamero, el estudio fue documentado en sucesivos informes que fueron entregados al Peticionario entre los meses de junio y diciembre de 2020. En dichos informes se recogen pormenorizadamente los resultados de las inspecciones, ensayos, cálculos y análisis realizados, así como las conclusiones sobre el diagnóstico, trascendencia estructural y medidas a adoptar. En el último de ellos concretamente se exponían las recomendaciones de actuación entre las que priorizábamos la demolición y sustitución de la losa de cubierta. Posteriormente (en julio de 2021) se emitieron sendos informes adicionales sobre los resultados de la inspección realizada durante los trabajos de demolición de la losa.

En el caso del aparcamiento de la Avenida de César Augusto, el informe sobre el estado de la estructura se envió en febrero de 2021. En él se recoge también en detalle la metodología llevada a cabo para el estudio, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

El objeto del presente documento es, teniendo en cuenta los trabajos realizados y que han sido documentados en los informes antes referidos, exponer un resumen del estado de la estructura de ambos aparcamientos, centrado en los aspectos de la seguridad y estado de conservación, así como el de establecer unas directrices generales para su uso adecuado.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

La cubierta del aparcamiento de la plaza de Salamero era una losa maciza de hormigón armado de 35 cm de canto, apoyada directamente sobre pilares de sección transversal rectangular y muro perimetral del mismo material. La superficie estaba dividida por una junta de dilatación. En el croquis de la figura nº 1, tomado de la documentación facilitada, se muestra una vista en planta de la superficie de la cubierta.

En la actualidad, la losa original está completamente demolida y está siendo sustituida por otra losa maciza de nueva ejecución, también de hormigón armado de 45 cm de canto.

El aparcamiento consta de tres plantas de sótano. La luz tipo entre ejes de pilares es de 7,50 m en la dirección horizontal de la figura nº 1 (en adelante longitudinal) y de 8,00 m en la vertical (transversal).

Los dos forjados intermedios (suelos de las plantas sótano -1 y -2) son reticulares de hormigón armado de 30 cm de canto total con 5 cm de capa de compresión (forjado 25 + 5 cm). La anchura de los nervios es de 10 cm, salvo los que acometen a los ábacos, que son de 20 cm ó 25 cm. La separación libre entre caras enfrentadas de nervios adyacentes es de 70 cm (figura nº 2). El aligeramiento está resuelto mediante casetones perdidos.

De acuerdo con los planos, la losa de cubierta y los forjados apoyan sobre el muro perimetral de hormigón armado de 30, 35 y 40 cm de espesor y sobre pilares del mismo material de sección transversal rectangular.

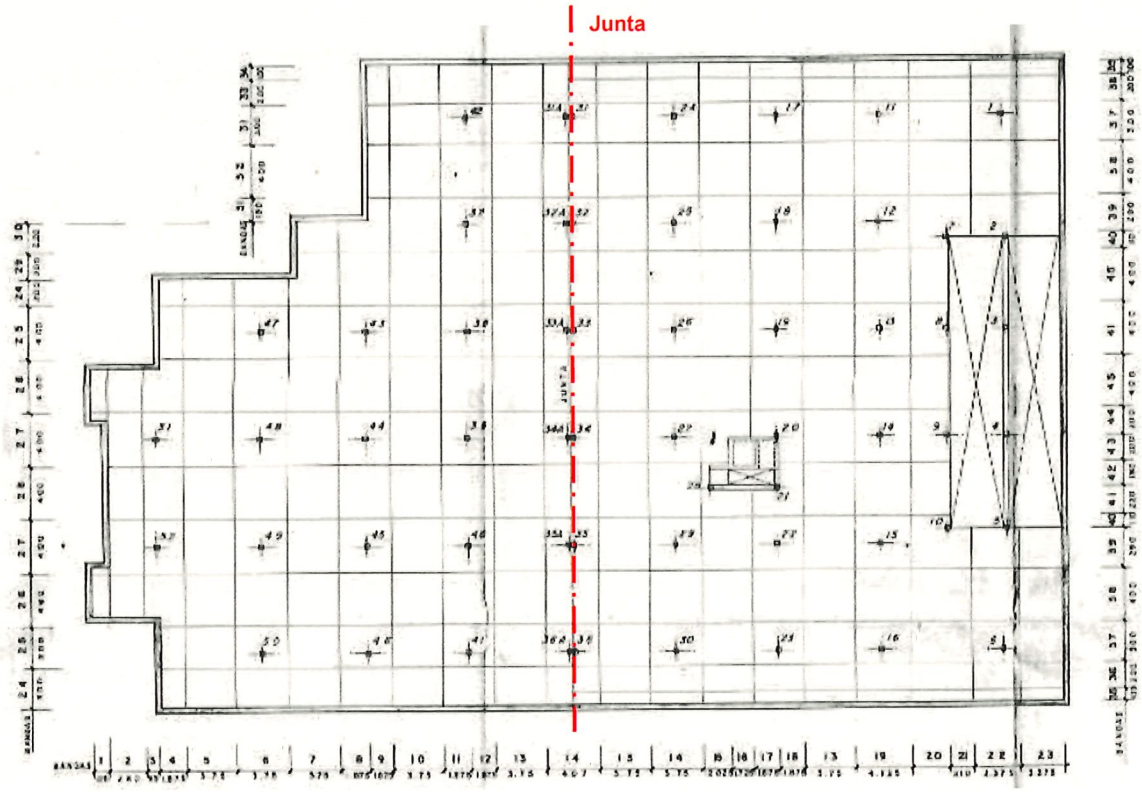


Figura 1

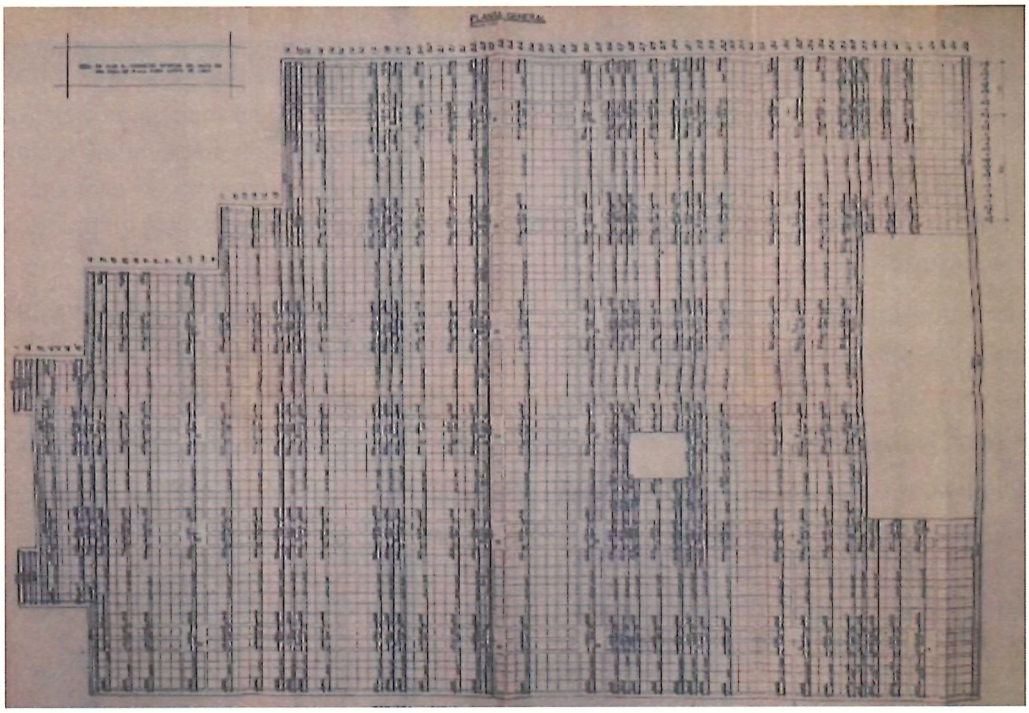


Figura 2

Las zancas de las escaleras y las rampas de acceso y salida de los vehículos son losas macizas de hormigón armado. De acuerdo con los planos, la cimentación es de tipo directo, resuelta mediante zapatas aisladas de planta cuadrada o rectangular bajo pilares y corridas bajo el muro perimetral.

Conectado al aparcamiento subterráneo de la plaza de Salamero, se construyó posteriormente una prolongación bajo la Avenida César Augusto (ver figura nº 3).

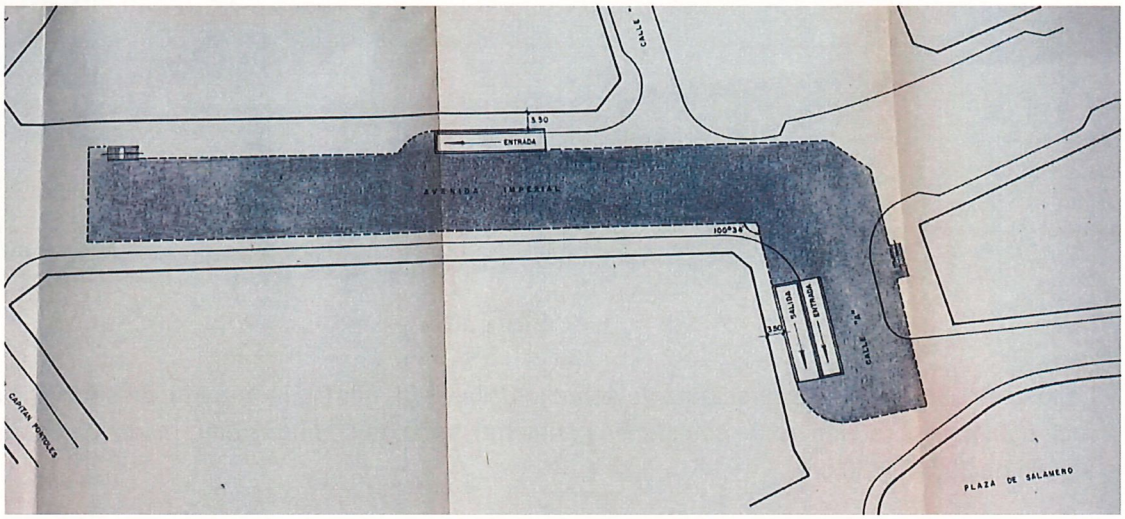


Figura 3

El aparcamiento consta de tres plantas bajo rasante.

La estructura del aparcamiento, de hormigón armado, se resuelve mediante una losa maciza de cubierta de 35 cm de canto apoyada directamente sobre pilares y forjados unidireccionales apoyados sobre entramados de vigas planas y pilares en los niveles inferiores. En su mayor parte se organiza básicamente en tres vanos de dirección perpendicular al eje de la Avenida, salvo el módulo más próximo a Salamero, que cuenta con más vanos (figura nº 4).

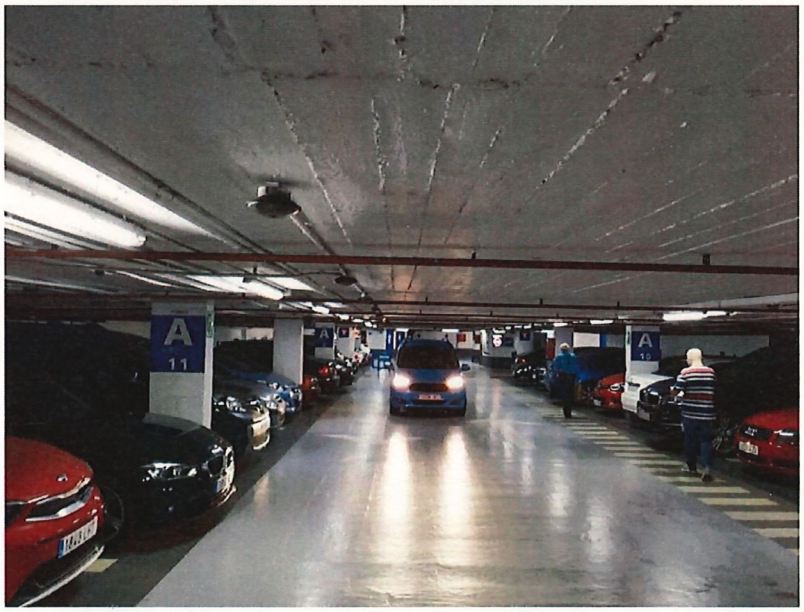


Figura 4

El aparcamiento se divide en seis bloques estructuralmente independientes separados entre sí mediante juntas de dilatación. La luz tipo entre ejes de pilares en la dirección de la Avenida es de 7,20 m. En la dirección transversal la anchura total es de 16,50 m repartida en tres vanos, el central de 7,75 m de luz (figura nº 5).

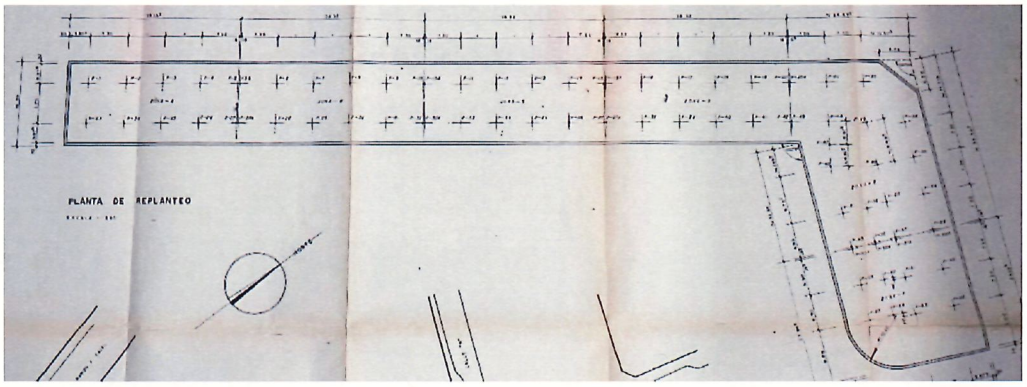


Figura 5

La losa de cubierta apoya directamente sobre los pilares de hormigón armado, de sección transversal rectangular y sobre el muro de contención perimetral, también de hormigón armado, con espesores de alzado de 30, 40 y 50 cm.

Los dos forjados intermedios son, según planos, unidireccionales de hormigón armado, de 35 cm de canto total con capa de compresión de 5 cm de espesor (forjado 30+5). La anchura mínima de los nervios es de 12 cm y el intereje de 75 cm (figura nº 6).

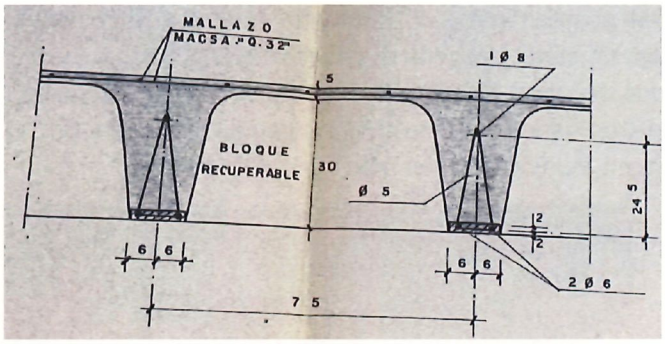
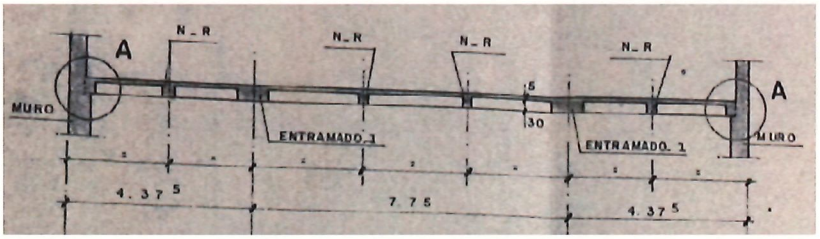


Figura 6

Los forjados apoyan en entramados paralelos a la Avenida César Augusto de vigas planas y pilares de hormigón armado. Las vigas planas tienen sección transversal rectangular de 70 cm de anchura. Como ya se ha indicado, la anchura total del aparcamiento se distribuye en tres vanos de luces 4,375 m + 7,75 m + 4,375 m. Los forjados presentan nervios de rigidización y reparto en la dirección transversal (uno o dos por vano) de 10 cm de anchura (figura nº 7)



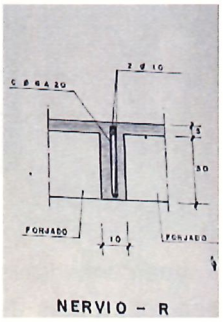


Figura 7

La cimentación es de tipo directo, resuelta mediante zapatas aisladas bajo pilares y corrida bajo el muro perimetral. El suelo de la planta sótano -2 es una solera de hormigón.

3.- APARCAMIENTO DE LA PLAZA DE SALAMERO

En el presente epígrafe se expone el resumen de la situación de la estructura del aparcamiento bajo la plaza de Salamero desde el punto de vista de la seguridad, estado de conservación y condiciones de uso.

3.1.- Seguridad Estructural

Como se indicó en los informes correspondientes, el origen del siniestro acaecido (fallo de la losa de cubierta por punzonamiento) reside en un error generalizado de ejecución de la losa en los apoyos sobre los pilares, consistente en la colocación defectuosa u omisión de las armaduras de refuerzo frente a punzonamiento. La ejecución por tanto no respetó el contenido del proyecto en este aspecto que era esencialmente correcto.

La losa de cubierta original, con la deficiencia detectada, no reunía las condiciones reglamentarias de seguridad y la solución adoptada ha consistido en su demolición y sustitución por otra de 45 cm de canto dimensionada para resistir, con los márgenes de seguridad reglamentarios, además de su peso propio (11,25 kN/m^2), unas cargas muertas de 10 kN/m^2 y la máxima sobrecarga de uso de 5 kN/m^2 contemplada por la normativa en vigor. Se trataría por tanto de, en la nueva situación, no sobrepasar las cargas totales sobre la losa de cubierta consideradas en el diseño original (2.675 kp/m^2 ≅ 26,75 kN/m^2) para evitar la necesidad de tener que reforzar la estructura vertical o recalzar la cimentación.

Los forjados reticulares actuales (cuya configuración realmente ejecutada coincide básicamente con la proyectada) son aptos para resistir las cargas asociadas al uso de aparcamiento de vehículos ligeros. En efecto, los forjados se han comprobado para el valor de la sobrecarga uniformemente distribuida de 4,0 kN/m^2 indicada en el proyecto, equivalente, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE) actual a los 2,0 kN/m^2 más carga puntual de 20 kN que conjuntamente contempla para el uso indicado.

No sobrepasando en la nueva situación las cargas totales consideradas en el diseño original, las comprobaciones de seguridad realizadas en los pilares han arrojado resultados correctos. En el caso de los pilares de medianería adyacentes a la junta la nueva losa apoyará además sobre un neopreno para minimizar excentricidades. En la investigación de los pilares, aunque no se ha observado coincidencia exacta con los planos, sí se ha observado que en general las capacidades reales alcanzan o incluso son ligeramente superiores a las proyectadas, presentando un dimensionamiento estricto frente a las cargas originalmente consideradas, sin margen de seguridad por tanto para absorber cargas superiores.

3.2.- Estado de conservación

Los forjados reticulares del aparcamiento no presentan indicios de un anómalo comportamiento estructural. Los daños observados se concentran en los elementos en torno a la junta de dilatación, tratándose fundamentalmente de manchas de humedades y escorrentía de agua que se filtra a través de ella. Se observa armadura oxidada expuesta en zonas puntuales de los zunchos de borde adyacentes a la junta.

Se trata de una corrosión por carbonatación, desencadenada precisamente en las zonas próximas a las juntas donde hay aporte de humedad de las filtraciones. De hecho se observan colocadas bandejas y conductos para su recogida y canalización. Las pérdidas de sección resistente de las armaduras corroídas son leves.

Las condiciones generales de durabilidad de los pilares y muros no son malas. Únicamente se encuentran daños por corrosión significativos en algunos tramos adyacentes a la junta que se han

traducido en fisuras en el hormigón pero sin que las pérdidas de sección resistente en la armadura sean relevantes. En un tramo concreto de pilar bajo cubierta adyacente a la junta se observan los daños por corrosión más intensos. De acuerdo con lo indicado en los informes de inspección emitidos durante la demolición de la losa de cubierta, dicho pilar deberá ser reconstruido según el procedimiento establecido.

El proyecto de la nueva cubierta contemplará las correspondientes soluciones de drenaje e impermeabilización, por lo que la situación de los niveles inferiores en las regiones adyacentes a la junta mejorará notablemente al reducirse o eliminarse por completo las filtraciones. Es necesario por consiguiente proceder a la reparación de los daños por corrosión en estas zonas, retirando las canalizaciones provisionales dispuestas. Para la reparación puede emplearse un procedimiento convencional como el descrito en los informes.

3.3.- Directrices para el uso

De acuerdo con lo expuesto, sobre la nueva losa de la plaza pueden disponerse cargas muertas (rellenos, pavimentos, firmes, etc. de carácter permanente por tanto) que no excedan una carga uniformemente repartida de 10 kN/m^2. Sobre ellas pueden disponerse sobrecargas de uso asociadas a las actividades previstas que no superen los 5 kN/m^2, valor máximo que el Código Técnico de la Edificación (CTE) en vigor contempla para todo tipo de uso asociado al acceso público (incluso aglomeraciones) siendo además superior al de la carga uniformemente repartida prevista para la circulación de vehículos ligeros.

Bajo rasante la estructura sigue siendo plenamente apta para el uso histórico de aparcamiento de vehículos ligeros. Es necesario, tras la reparación de los daños por corrosión de los elementos adyacentes a la junta (zunchos y pilares) establecer un protocolo de inspecciones y vigilancia particularmente de la evolución de las condiciones de durabilidad (recomendamos inspecciones con una periodicidad bianual) y una previsión de las tareas de mantenimiento que en la mayor parte de las ocasiones se reducirán a la renovación de pinturas y revestimientos y/o la reparación de lesiones asociadas a daños por corrosión que hayan evolucionado a partir de los que en la actualidad presenten una intensidad reducida.

4.- APARCAMIENTO DE LA AVENIDA DE CÉSAR AUGUSTO

En el presente epígrafe se expone el resumen de la situación de la estructura del aparcamiento bajo la Avenida de César Augusto desde el punto de vista de la seguridad, estado de conservación y condiciones de uso.

4.1.- Seguridad Estructural

En la losa de la cubierta hemos detectado el mismo defecto de ejecución en la colocación de la armadura de refuerzo frente a punzonamiento que el observado en la de la cubierta del de la plaza de Salamero. Al menos una de las familias del refuerzo se sitúa excesivamente profunda, por debajo de la de flexión lo que, por las razones ya apuntadas en nuestros informes anteriores, cuestionan seriamente su validez y por tanto su contribución resistente. Sin embargo, no se han observado daños en la losa atribuibles a esta circunstancia (como sí se detectaron en Salamero) probablemente porque la carga permanente dispuesta era significativamente inferior, aunque lógicamente el modo de fallo es de carácter frágil.

En el estudio de calidad de hormigones realizado se obtienen valores significativamente reducidos en dos o tres de las probetas testigo extraídas de pilares de la planta sótano-1, lo que penaliza el valor de resistencia característica in situ asignable al hormigón de dicha planta, caracterizado además por una notable dispersión. En los partes de control del hormigón suministrado ya se indicaban bajas de

resistencia significativas, sin que hayamos encontrado información ni sobre los elementos afectados ni sobre medidas adoptadas en su caso. Las cuantías, eso sí, de la armadura longitudinal de los tramos de pilares de la planta sótano-1 son en general relativamente elevadas.

De las comprobaciones de cálculo de la estructura teniendo en cuenta los dos defectos descritos se deduce básicamente que la losa es válida para la parte uniformemente distribuida de las sobrecargas de tráfico que contemplan tanto la actual Instrucción de Acciones en Puentes de Carretera como la vigente en la fecha de redacción del Proyecto, pero no para los vehículos pesados.

El resto de los daños detectados en la inspección del inmueble son en general leves, sin trascendencia estructural significativa en lo relativo a su afección sobre la capacidad resistente del elemento en estado límite último.

4.2.- Estado de conservación

En general el estado de conservación no es desfavorable. Se observa armadura oxidada a la vista en localizaciones puntuales de algunos nervios de los forjados o de la capa de compresión. El aspecto de la corrosión de las barras sugiere que, salvo casos puntuales, la intensidad de la afección es reducida, no siendo significativas en general las pérdidas de sección resistente de las armaduras.

Se observan también manchas de escorrentía superficial de agua procedente de filtraciones a través de juntas entre paños de forjados, o entre paños de muros o entre estos y los forjados. En algunas localizaciones aparentemente las filtraciones afloran a través de juntas frías en muros. Asociadas a las filtraciones aparecen puntualmente daños por corrosión de armadura, en general leves.

Asimismo se han detectado intervenciones de canalización de filtraciones y evidencias de reparaciones en los forjados. Los daños por corrosión deben ser reparados previa eliminación del origen de las filtraciones y de los dispositivos de canalización.

4.3.- Directrices para el uso

Puesto que la losa de cubierta del aparcamiento presenta el mismo defecto que el de Salamero, recomendamos su sustitución, al igual que se está realizando en aquél. En este caso las obras afectarían a una vía urbana de considerable capacidad y uso por lo que, hasta que se acometan las obras, recomendamos restringir la circulación de vehículos pesados, entendiendo como tales camiones de gran tonelaje (por encima de las 38 toneladas), transportes especiales, etc.

Bajo rasante la estructura sigue siendo plenamente apta para el uso histórico de aparcamiento de vehículos ligeros. Al igual que en el caso de Salamero, es necesario, tras la reparación (mediante un procedimiento convencional como el descrito en los informes) de los daños por corrosión puntuales y la de los elementos adyacentes a la junta (zunchos y pilares) establecer un protocolo de inspecciones y vigilancia similar al ya indicado para aquél.

Recomendamos estudiar la incorporación de un nuevo recrecido de hormigón ligero sobre los forjados unidireccionales con armadura de reparto, ya que permitiría mejorar tanto sus condiciones de flexión transversal como la respuesta dinámica, si bien las condiciones estrictas de gálibo actuales podrían objetar esta posible solución. En todo caso, como se ha indicado, las condiciones de seguridad están garantizadas para el uso habitual de aparcamiento.

Previamente a la ejecución de cualquier intervención estructural o que suponga variación de cargas apreciable se deberá ampliar el estudio de calidad del hormigón de la estructura vertical, orientada la ampliación a corroborar (o incluso reducir la resistencia asignable en su caso) el resultado anómalo obtenido mediante un muestreo más extenso o a localizar las amasadas defectuosas, acotando la posible intervención a sólo los pilares afectados que requieran realmente un refuerzo.

Se prohibe la reproducción parcial de este documento, salvo autorización por escrito de INTEMAC.

Este informe consta de 8 páginas numeradas.

En Torrejón de Ardoz (Madrid), a 25 de agosto de 2021

D. Jesús María Rodríguez Romero
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Estructuras.

D. Raúl Rubén Rodríguez Escribano
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de la División de Estudios.

El informe original emitido se conserva en el archivo de INTEMAC. Al Peticionario se le proporciona una copia electrónica que mantiene el valor de original y será válida siempre que no se vulneren las propiedades de seguridad del documento.