

*Técnicas de rehabilitación y refuerzo de estructuras*

## **Rehabilitación de una estructura de hormigón armado de 35 años con patologías relevantes**

*Rehabilitation of a reinforced concrete structure 35 with relevant pathologies*

Fabián A. Avid (1a), José M. Cosentino (1b), Jorge D. Sota (1c)

(1) GIICMA. Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional

a) Ingeniero Especialista - email: [academica@frcon.utn.edu.ar](mailto:academica@frcon.utn.edu.ar)

b) Doctor en Geología - email: [jmcosentino@gmail.com](mailto:jmcosentino@gmail.com)

c) Profesor - email: [jdsota@frcon.utn.edu.ar](mailto:jdsota@frcon.utn.edu.ar)

### **Resumen**

Este trabajo es un estudio relacionado con el análisis de estado y la evaluación de una estructura resistente, perteneciente a un sector destinado originalmente a estacionamiento en un edificio de viviendas colectivas. El mismo permaneció sin uso durante un periodo de 35 años (desde la construcción del edificio). El sector bajo estudio se trata de un espacio sobre planta baja destinado originalmente a estacionamiento de vehículos particulares. Se realizó un relevamiento inicial de las zonas con evidencias de patologías estructurales planteando una metodología de análisis de las mismas con técnicas de evaluación apropiadas para cada caso. Se programaron una serie de prospecciones: inspección visual y toma de conocimiento del estado actual de la obra, análisis de la documentación de la obra y registros existentes, relevamiento de daños, patologías y otros deterioros con mediciones y registro fotográfico, auscultaciones destructivas y no destructivas, para valorar el estado de los hormigones y las armaduras presentes en los distintos elementos estructurales. Pruebas de carga sobre la estructura en función de los Reglamentos nacionales. En base a estos resultados se estableció la capacidad portante de la estructura en función de su destino, definiendo un plan de restauración y rehabilitación de la misma.

**Palabras-Clave:** Estructura-hormigón-patologías-corrosión-rehabilitación

### **Abstract**

This paper is a study related to the analysis and evaluation of state of a sturdy structure, belonging to an area devoted to parking originally a collective housing building. The same remained unused for a period of 35 years (from the building). The area under study is a space on the ground floor originally intended for parking of private vehicles. Initial survey was conducted in areas with evidence of structural conditions pose a methodology to analyze the same evaluation techniques appropriate to each case. He planned a series of surveys: visual inspection and making knowledge of the current state of the work, analysis of the documentation of the work and existing records, survey of damage, diseases and other impairments with measurements and photographic record, destructive and nondestructive auscultations, to assess the condition of concrete and reinforcement present in the various structural elements. Load tests on the structure according to national regulations. Based on these results established the bearing capacity of the structure according to their destination, defining a plan of restoration and rehabilitation of the same.

**Keywords:** Structure-concrete- pathologies-corrosion-rehabilitation

## 1. INTRODUCCIÓN

El trabajo se inicia con el análisis de la documentación existente de la obra en estudio.  
La documentación obtenida y analizada consta de dos planos en escala 1:50 denominados:

1. PLANO DE ESTRUCTURA – VIGAS Y LOSAS S/ SUBSUELO.
2. PLANO DE ESTRUCTURA – PLAYAS DE ESTACIONAMIENTO.

Ambos con los siguientes datos en sus carátulas: *Propietario, Ubicación, Tipo de Obra, Fecha de construcción, Proyectista, Director de Obra y Calculista,*

Bajo expediente y Visado de la Municipalidad de Concordia, Departamento de Obras Públicas.

Según lo observado, se trata de una estructura de hormigón armado constituida por losas nervuradas en una dirección, vigas de sección rectangular y columnas de sección variable según el sector.

Según el plano los materiales proyectados para la estructura son:

Hormigón:  $h = 70 \text{ kg/cm}^2$

Acero:  $e = 2400 \text{ kg/cm}^2$

De la documentación se desprende que el uso planteado para esta obra ha sido el de PLAYA DE ESTACIONAMIENTO O COCHERAS, y que el cálculo estructural realizado se condice con estos fines.  
El tiempo de ejecución de esta estructura supera los treinta años según se desprende de la información relevada. (Foto 1)



Foto 1 – Edificio y Playa de Cocheras

## 2. METODOLOGÍA DE AUSCULTACIÓN

Se planificaron las siguientes actividades:

- 1) Extracciones de testigos sobre losa superior en sitios a definir. Según NORMA IRAM Nº 1551 – Tercera edición 2000-07-28 – Hormigón de cemento portland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido.
- 2) Esclerometría sobre columnas del subsuelo. Según NORMA IRAM Nº 1694 – 1989 – Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de la dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebotes empleando el esclerómetro de resorte.
- 3) Prueba de carga sobre losas. Según Reglamento CIRSOC 201 – Capítulo 20: Evaluación de la Resistencia de Estructuras Existentes.

Las actividades comenzaron con la inspección de la obra existente en forma detallada, Iniciándolas en la terraza, continuando con el primer subsuelo y terminando finalmente en el segundo subsuelo, todos en la proyección vertical de la Estructura.

En la inspección de los sectores se documentaron una serie de exposiciones y se consignaron los deterioros visibles a simple vista.

Se realizaron ensayos de esclerometría sobre columnas y vigas existentes en el primer subsuelo.

Luego se efectuaron las extracciones de testigos en sectores previamente definidos del sector. (Fotos 2 y 3)



Foto 2 – Extractora de testigos



Foto 3 – Testigo extraído en losa

Previamente a la extracción de los testigos de hormigón se realizó la extracción de un testigo genérico para verificar el espesor y composición de la cubierta existente sobre el hormigón de la estructura en estudio.

En la siguiente imagen (Foto 4) se pueden apreciar los distintos componentes que constituyen la cubierta existente sobre la estructura superior, que se han verificado con las extracciones.

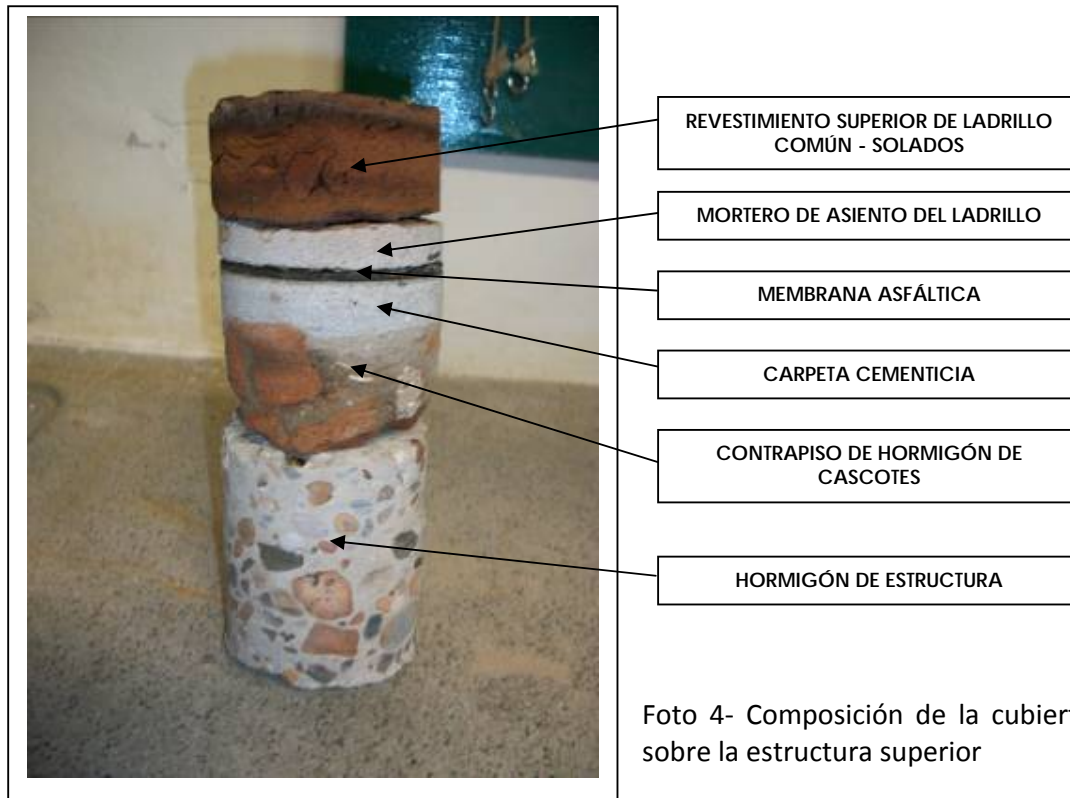


Foto 4- Composición de la cubierta existente sobre la estructura superior

Finalmente se realizó la prueba de carga con el objetivo de verificar deformaciones en la estructura, como una medida adicional a los efectos de evaluar la estructura resistente.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

#### INSPECCIÓN VISUAL Y TOMA DE CONOCIMIENTO DEL ESTADO ACTUAL DE LA OBRA

Se procedió a realizar una inspección ocular detallada para distinguir singularidades y posibles patologías a tratar, acompañado de un extenso registro fotográfico a fin de documentar las mismas con el fin de contar con un adecuado conocimiento de su estado actual.

#### INSPECCION TERRAZA EXISTENTE

Se observa un solado constituido en ladrillos comunes de plano con juntas de dilatación ejecutadas con asfalto en frío (brea) (Foto 5). Un sector en desuso para la instalación de baterías de gas envasado. Se observan sumideros para la descarga de pluviales sin rejillas de retención.



Foto 5 – Solado del estacionamiento superior

#### INSPECCION ESTRUCTURAS SOBRE PRIMER SUBSUELO

Se analizan aquí los planos inferiores de las losas existentes sobre el primer subsuelo, vigas y columnas:

LOSA 102: Se observan reparaciones realizadas en nervios en zona noroeste.

LOSA 105: Se observan reparaciones ya realizadas en distintas zonas. Sector sin problemas.

LOSA 108: Con reparaciones. Se deberán corregir patologías en esquina noroeste adyacente a cañerías de bajada (ingreso de agua con la consiguiente oxidación de armadura en hierros de losa).

LOSA 101: Se encuentran algunas zonas al norte con armaduras expuestas para reparar.

LOSA 104: Con reparaciones realizadas. En ciertos sectores existen armaduras expuestas. En el sector sureste al lado de la columna C13 se deberá proceder a su reparación.

LOSA 107: Con reparaciones ya efectuadas.

LOSA 100 – RAMPA DE ACCESO A LA Unidad Funcional : Este es uno de los sectores a intervenir con mayor rapidez. Se observan armaduras expuestas y corroídas en varios sectores incluso el corte del hierro en todo su diámetro.





Foto 6 – Losa 106



Foto 7 – Losa 108



Foto 8 – Losa 100



LOSA 103: Con reparaciones efectuadas.

LOSA 106 (ASIENTO GABINETES DE GAS ENVASADO): Este es el sector con mayores problemas. Es una zona a reparar en forma inmediata.



Foto 10 – Losa 106

COLUMNAS SOBRE MEDIANERA AL ESTE: Se trata de las columnas C11 y C16. Se recomienda proceder a reparar las grietas verticales observadas.



Foto 11 – Columnas C11 y C16



Foto 12 – C11 y C16

#### INSPECCION DE ESTRUCTURAS SOBRE SEGUNDO SUBSUELO

Se analizan a continuación los planos inferiores de las losas sobre el segundo subsuelo, vigas y columnas:

En la columna C12 se recomienda reparar la zona de armaduras expuestas en su tramo inferior.



Estallido del recubrimiento de H<sup>o</sup> por corrosión de la armadura

Foto 13 – Columna C12

En general se observa un mejor estado en las losas de este nivel, pero convendría proceder a reparar/sellar las zonas con armaduras expuestas.

En losa de rampa del primer SS al segundo, en su fondo en zona superior del ángulo noroeste proceder a reparar/sellar oquedades en el hormigón.



Foto 14 – Oquedades en Losa de Rampa al 2º SS

#### AUSCULTACIONES DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS

Se procedió a la verificación del estado de los materiales constituyentes de la estructura mediante la ejecución de ensayos no destructivos, esclerometría en columnas y vigas ubicadas en el primer subsuelo y extracciones de testigos en la superficie exterior de la Unidad. Se adicionaron determinaciones de esclerómetro sobre los testigos extraídos, a efectos de una necesaria correlación de parámetros.

Las auscultaciones mediante esclerómetro se realizaron sobre ocho columnas en su altura media y tres vigas en su tramo medio. Los resultados se consignan a continuación. Cuadro 1 y 2

Cuadro 1 - ESCLEROMETRIA EN COLUMNAS DEL PRIMER SUBSUELO

AREA DE ENSAYO	C8	C9	C13	C14	C18	C19	C21	C22
Altura media	34,7	34,4	38,9	33	38,5	32,7	33,2	33,7
Promedio parcial (MPa)	34,7	34,4	38,9	33	38,5	32,7	33,2	33,7
<b>Promedio Total (MPa)</b>	<b>34,9</b>							

Cuadro 2 - ESCLEROMETRIA EN VIGAS SUPERIORES DEL PRIMER SUBSUELO

AREA DE ENSAYO	DENOMINACION	PROMEDIO (MPa)
Viga superior	V151	34,5
Viga superior	V152	37,9
Viga superior	V155	37,8
<b>Promedio Total (MPa)</b>		<b>36,7</b>

Se realizaron las extracciones de los testigos sobre las caras superiores de las vigas. Cuadro 3.



### CUADRO 3 – RESISTENCIA DE TESTIGOS - PROMEDIO

RESISTENCIAS DE TESTIGOS A LA COMPRESION	
PROMEDIO RESISTENCIA CILINDRICA (MPa)	30,94

Se correlacionaron los valores de resistencia de los testigos con la esclerometría. Cuadro 4.

### CUADRO 4 – CORRELACIÓN DE RESISTENCIA Y REBOTE

TABLA DE CORRELACION RESISTENCIAS / REBOTES	
RESISTENCIA A COMPRESION DE TESTIGOS (MPa)	30,94
RESULTADOS ESCLEROMETRÍA	38

#### PRUEBA DE CARGA

Se procede a realizar dicha prueba con cargas estáticas verificando las flechas máximas, tanto en el momento de la aplicación de las cargas, como las flechas residuales si así las hubiera.

Los datos obtenidos en dicha prueba son los siguientes:

- Flecha máxima en el momento de aplicación de la carga.
- Flecha residual luego de la aplicación de la carga.

La prueba de carga se realizo sobre las losas 103, 104 y 107 midiendo deflexiones al centro de la luz de las mismas.

Los sectores analizados son:

- LOSA 104 entre columnas P8, P9, P13 y P14.
- LOSAS 104 / 107 entre columnas P13, P14, P18 y P19
- LOSA 107 entre columnas P18, P19, P21 y P22
- LOSA 103 entre columnas P11, P13, P16 y P18

Los resultados se vuelcan en el Cuadro 5.

### CUADRO 5 – FLECHAS

SECTOR	LOSA 104	LOSA 104/107	LOSA 107	LOSA 103
Lectura inicial (mm)	331	307	326	205
Lectura final (mm)	331	307	326	205

Como se puede observar no se verificaron deformaciones en esta Prueba. Por otra parte el Reglamento admite:

$$\leq l^2 / 20000 h = 36 \text{ m}^2 / 20000 \cdot 0,16 \text{ m} = 0,0113 \text{ m}$$

$$\leq 1,13 \text{ cm}$$

En el caso de haberse verificado deflexiones estas no deberían superar los 11,3 mm.

#### ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

En líneas generales la estructura analizada presenta distintos estados de conservación según las zonas relevadas. Existen así sitios con buen estado en líneas generales y otros con patologías que requieren un tratamiento particular, algunas de atención inmediata y otras en un tiempo posterior.

Las principales patologías detectadas fueron:

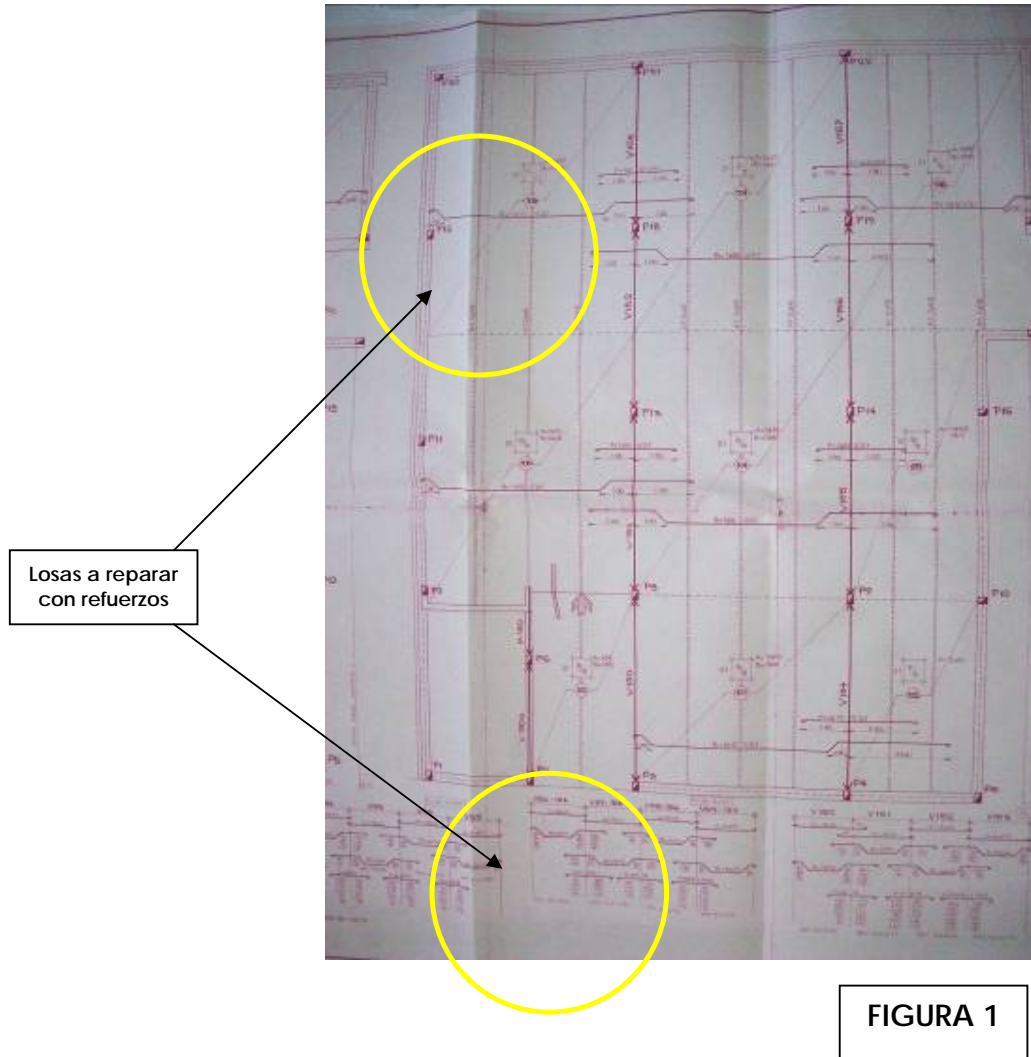
- Armaduras expuestas de los nervios en losas
- Procesos de corrosión en armaduras expuestas
- Fisuración en columnas
- Oquedades en losas
- Filtraciones en varios sectores

Las zonas donde se detectan los mayores deterioros son:

- LOSA 106
- LOSA 100
- COLUMNAS C11 y C16 sobre PRIMER SUBSUELO
- COLUMNA C12 sobre SEGUNDO SUBSUELO

En los fondos de losas se verifican las principales patologías debido a la presencia de armaduras expuestas con estados avanzados de fenómenos de corrosión. En esas columnas se detectan distintos estados de fisuración por fenómenos de corrosión en sus armaduras. Como defectos constructivos adicionales se verificaron oquedades en losas así como filtraciones en determinados sectores.

En la Figura 1 se localizan estos sectores en el plano.



#### 4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados, tanto en obra (esclerometría y prueba de carga) como en laboratorio (testigos) se puede inferir que el material presente se corresponde con un hormigón del tipo H21, según Reglamento CIRSOC, o sea con una resistencia característica de 21 MPa.

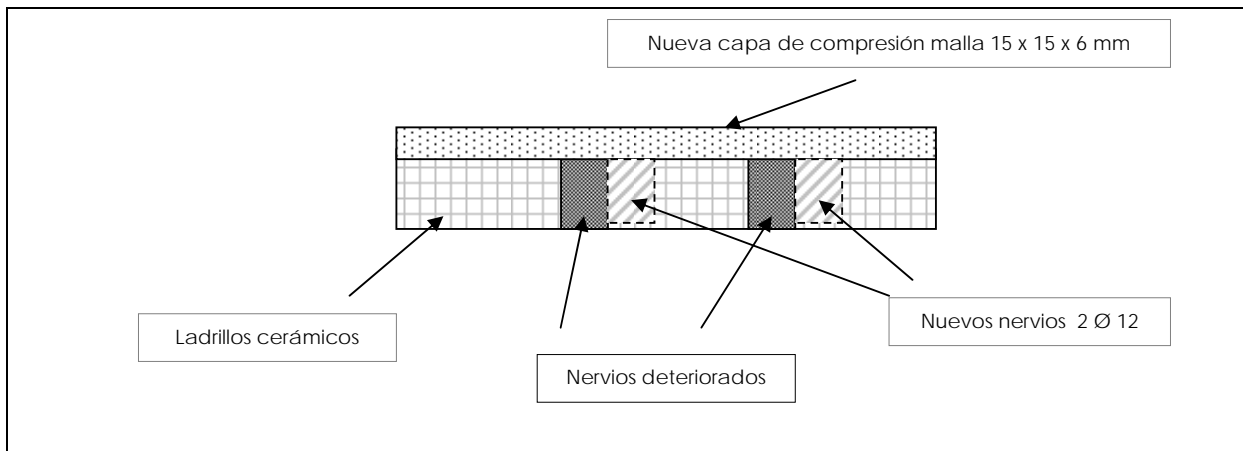
En base a todos los análisis realizados y a los deterioros de mayor importancia:

- 1) Corrosión de armaduras de losas, producto de la falta de recubrimientos adecuados en armaduras inferiores de los nervios (vicios constructivos);
- 2) Ingreso de humedad por filtraciones desde la terraza;

- 3) Fisuras verticales con hierros expuestos (por estallido del recubrimiento ante la corrosión de armaduras) en columnas.
- 4) Fijación deficiente de tuberías suspendidas.
- 5) Oquedades en fondos de losas.

Se recomienda como medidas sugeridas para la habilitación del sector relevado, las siguientes acciones:

- 1) Reconstitución de impermeabilización en terraza en las zonas con filtraciones.
- 2) Manteniendo el actual solado de recubrimiento de ladrillos se renovarán las juntas de dilatación con material asfáltico o mastic de asfalto/arena.
- 3) Recomposición de nervios de losas (100 y 106) donde el estado de corrosión de los hierros es grave.
- 4) Sellado mediante mortero de cemento, previa limpieza y retiro de material suelto, en hierros expuestos de columnas. (previa colocación de un puente de adherencia tipo epoxi).
- 5) Limpieza de oxidación en armaduras expuestas en nervios de losas (donde la corrosión no es importante) y sellado con mortero cementicio (previa colocación de un puente de adherencia tipo epoxi).
- 6) En la losa 106 (sector gabinetes de gas) losa 100 (rampa de acceso) donde el deterioro es grave se deberá evaluar y considerar especialmente el refuerzo de la zona. Teniendo en cuenta esto, se sugiere realizar nuevos nervios paralelos a los deteriorados (demoliendo parte del ladrillo cerámico de la losa, para lograr el ancho requerido para la construcción del nuevo nervio) Figura 2 y la colocación de una malla  $\Phi\Phi 6$  mm con 15 x 15 cm para la vinculación de los nuevos nervios a los existentes, realizando una nueva capa de compresión.



**FIGURA 2 – Esquema de losa a reforzar**

En general se puede observar que los mayores deterioros se presentan en nervios de las losas.

Existen sectores en fondos de losas con armaduras expuestas con alto grado de oxidación, y deberán ser intervenidas con extrema precaución.

Es de particular importancia que se proceda al control y remediación de las distintas patologías observadas a la brevedad, evitando daños mayores.

Cabe destacar, que como se han informado desprendimientos de material en el primer subsuelo, se recomienda luego del sellado de todos los sectores dónde las armaduras se hallan expuestas aplicar un revestimiento plástico mediante salpicado mecánico sobre el fondo de las losas.

Finalmente cabe indicar que su uso estaría limitado a vehículos livianos, tales como autos y camionetas.

## **BIBLIOGRAFIA**

\* TECNOLOGÍA DEL CONCRETO / Neville – Brooks. Editorial Trillas – México – Edición 1998.

\* CONCRETE: Microstructure, properties and materials / Mehta, Kuma; Monteiro, Paulo. Editorial Mc Graw Hill – EEUU – Edición 2006.

\* HORMIGÓN ARMADO. 14ª edición basada en la EHE. Pedro Jiménez Montoya - Álvaro García Meseguer - Francisco Morán Cabré. Editorial Gustavo Gilli S.A. Año 2002.

\* DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH). Año 2001.

\* CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO (ACI E 704 –4) / IMCYC. Editorial Limusa. – Edición 1988.

\* REGLAMENTOS CIRSOC 201 y 202 / INTI



- \* NORMA IRAM Nº 1551 – Tercera edición 2000-07-28 – Hormigón de cemento pórtland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido.
- \* NORMA IRAM Nº 1694 – 1989 – Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de la dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebotes empleando el esclerómetro de resorte.
- \* REVISTA “CEMENTO”. Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA). Nov 1998. Año 3 - Nº 18.
- \* CAUSAS, EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE FISURAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN. ACI 224.1R-93