

# **ANALISIS DE ESTADO Y EVALUACION ESTRUCTURAL DE RECOVAS SEMICUBIERTAS EN LA NUEVA CIUDAD DE FEDERACION.**

Avid, Fabián A.<sup>(1)</sup>; Sota, Jorge D.<sup>(2)</sup>; Machado, Patricio<sup>(3)</sup>; Cornaló, Mario<sup>(4)</sup>; Palacio, Alberto<sup>(5)</sup>  
GIICMA /UTN – Facultad Regional Concordia; Salta 277, Concordia E.R

- (1) Esp. Ing. – Prof. Titular Tecnología del Hormigón UTN FRCon. academica@frcon.utn.edu.ar  
(2) Director Grupo GIICMA.jdsota@gmail.com  
(3) Agrimensor – Prof. Asociado Geotopografía UTN FRCon. machadop@frcon.utn.edu.ar  
(4) Becario investigador.cornalo.mario@gmail.com  
(5) Becario investigador. palacioalberto27@hotmail.com

**Palabras Clave:** Estructuras, premoldeados, mantenimiento, corrosión, carbonatación

## **RESUMEN**

Dentro de las diversas construcciones de La Nueva Ciudad de Federación, ubicada en el noreste de la Provincia de Entre Ríos, se distinguen diecisiete recovas a manera de rasgo iconográfico de la ciudad. Realizadas a lo largo de su acceso, y a ambos lados de su calle principal, estas obras características fueron realizadas en el año 1970 utilizando hormigones premoldeados y se constituyen mediante bases, columnas, vigas y canales de gran porte.

Este trabajo surge como efecto del colapso producido sobre una sección localizada de una de ellas y consta, en principio, de un análisis de estado en conjunto y una evaluación estructural de estas diecisiete estructuras. Surgen así, datos sobre sus hormigones constitutivos y su estado actual, datos constructivos y un programa efectivo de mantenimiento durante su vida útil.

## **INTRODUCCIÓN**

En base a lo expuesto en la sección anterior, se plantea la necesidad de analizar el estado de las mencionadas estructuras. Un total de diecisiete sitios distribuidos en diferentes zonas a lo largo de las avenidas principales (Av. San Martín y Av. Entre Ríos) de la Nueva Ciudad de Federación, que se pueden apreciar en la figura 1. Este relevamiento procede a relevar las distintas patologías que se presentan en estos sitios, su génesis y posibles vías de solución aplicables a las mismas.

En cuanto a la evaluación estructural, se determinaron específicamente riesgos potenciales ante eventuales nuevas fallas que puedan surgir, junto con sus respectivas medidas de mitigación, a fin de restablecer las condiciones necesarias de seguridad.

Se presenta, además, una conclusión respecto al mecanismo de falla que produjo el colapso en una sección localizada de la recova más afectada, a partir del cual surge todo este análisis.



**Figura N°1:** Esquema aéreo de la ciudad donde se destacan su avenida principal y los sectores de interés para el relevamiento de las recovas.

## INFORME TÉCNICO

### Inspección visual y toma de conocimiento de los sitios

Como características generales estas recovas constan de una estructura premoldeada constituida por columnas, vigas (con disposición normal y en ménsula) y canales de hormigón armado. Éstas se desarrollan linealmente sobre las propiedades, constituyendo un alero semicubierto en las esquinas.

Construidas hace aproximadamente treinta y cinco años, presentan un estado de conservación variado. Algunos sectores localizados se perciben en buen estado, y en otros, se observan los efectos de una ausencia total de mantenimiento en toda su vida útil. En cuanto a la estructura siniestrada, se observa que el colapso se ha producido en su sección en voladizo. La superficie semicubierto presenta cortes en sus vigas de soporte y serias afectaciones por corrosión.



**Figura N°2:** Vista general de la sección de colapso.



**Figura N°3:** Vista en detalle de la sección siniestrada.

### **Análisis y estudio de la documentación de la obra y registros existentes del siniestro**

Para arribar a las conclusiones y análisis que proceden al relevamiento que se detalla en incisos anteriores, se tomó conocimiento sobre la documentación y registros existentes referentes a las estructuras en cuestión. Aclarar esto es de fundamental importancia pues al momento de juzgar el buen funcionamiento de una estructura son de vital importancia la documentación gráfica y escrita del proyecto.

Concretamente para este caso se han recopilado expedientes municipales con escueta información: varios croquis de relevamiento (planos de plantas, cortes y fachadas)

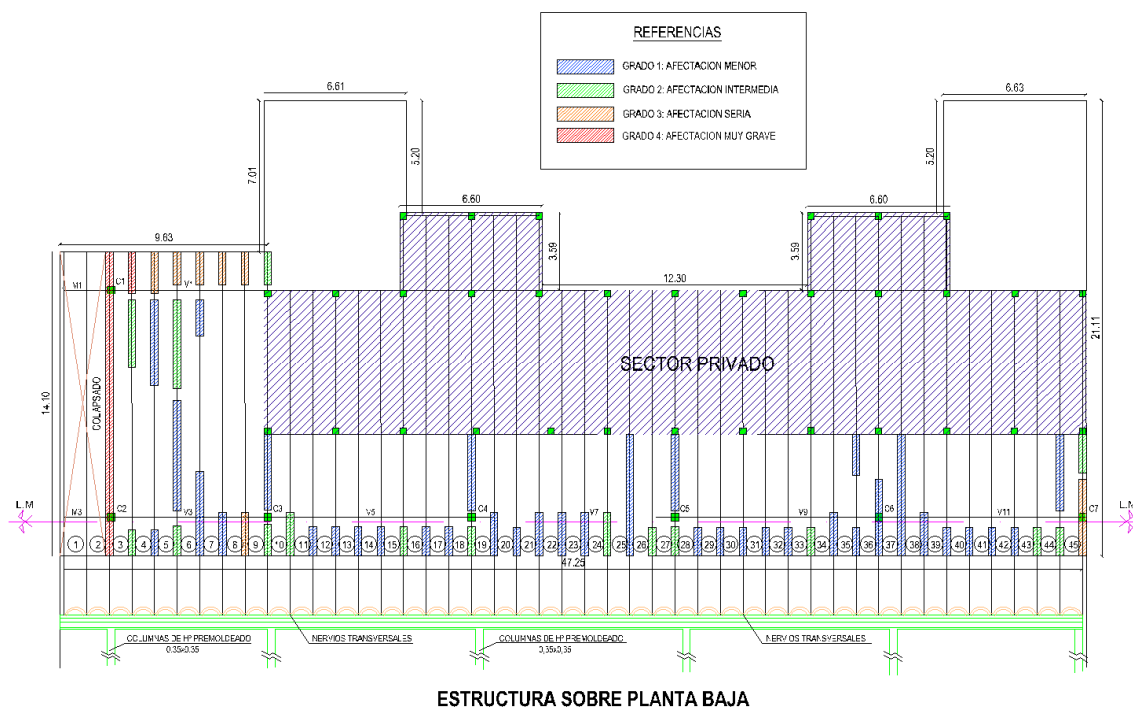
e informes de Inspección de Obras (planillas descriptivas de la obra y copias del plano municipal).

## Relevamiento de daños, patologías y otros deterioros

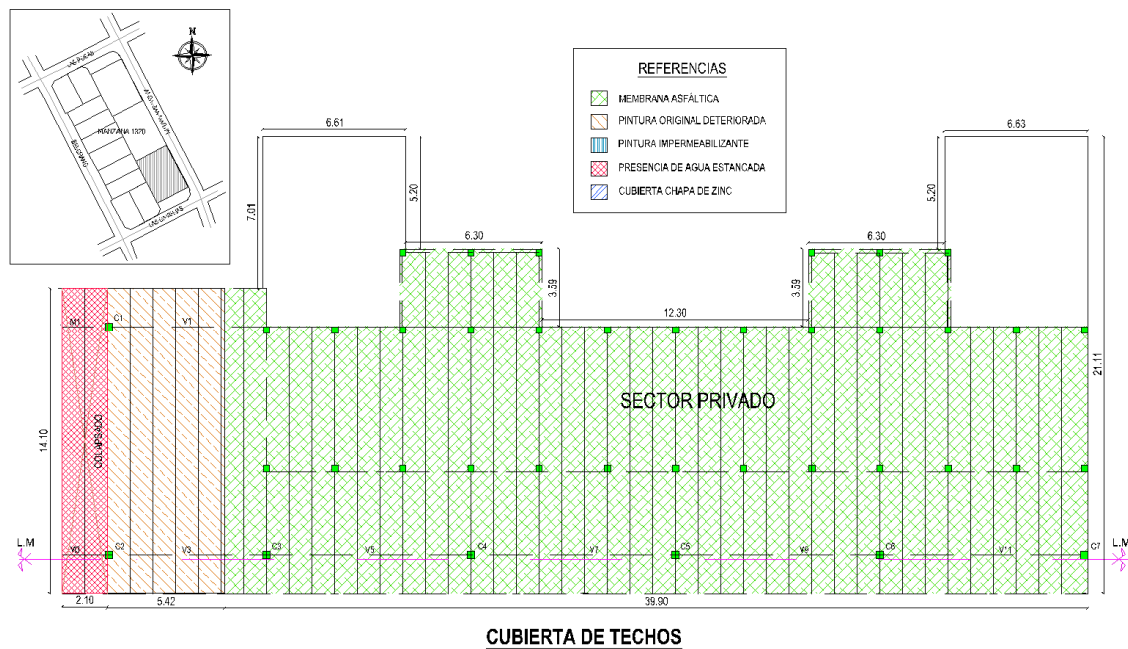
Se han relevado todas las recovas de la ciudad con mayor énfasis en las siguientes partes estructurales de acuerdo al nivel de riesgo: dados de apoyo, columnas, cabezales de columnas, vigas premoldeadas, vigas ménsulas, nervios de canalones y cubiertas.

Se han recorrido las recovas desde planta baja y sobre sus cubiertas, convalidando la observación de patologías desde varias perspectivas. El relevamiento fotográfico incluye imágenes sobre las estructuras de planta baja y de cubiertas, y un relevamiento completo del exterior de la misma.

En este punto en particular cabe diferenciar entre los deterioros vinculados directamente con el siniestro de aquellas manifestaciones relacionadas con la edad de los edificios, su falta de mantenimiento y vicios propios del planteo estructural adoptado en la fecha del proyecto.



**Figura N°4:** Estructura sobre planta baja de una de las recovas. Los diferentes colores exponen las diferentes patologías descubiertas y los grados afectación.



**Figura N°5:** Planta de cubierta de techo de una de las recovas que denota las superficies protegidas con impermeabilización.

### Auscultaciones destructivas y no destructivas

En primer lugar se relevaron los restos de la estructura siniestrada, a los efectos de observar características de las roturas así como los materiales intervinientes. Se analizaron restos de las ménsulas y sus zonas de corte; como restos de los canalones y su material constitutivo.

Se extrajeron muestras de materiales para su estudio. Se planteó la necesidad de la extracción de testigos sobre las vigas colapsadas a los efectos de determinar la resistencia a rotura del hormigón constitutivo.

En las fotografías que se exponen a continuación se puede observar algunos detalles de los restos del siniestro.



**Figuras N°6 y N°7:** Vista ménsula y zona de ruptura. Vista en detalle de la zona de ruptura y estado de corrosión sobre armaduras principales.

En base a la imagen anterior, vale observar que la corrosión en las barras principales es localizada, es decir, se verifica en la zona de ruptura pero desaparece a una distancia donde el recubrimiento persiste. Es factible pensar entonces que los efectos de la

corrosión sobre las barras de acero tienen su origen en la aparición de fisuras en la zona; con el inevitable ingreso de agua ocasionado por la ausencia de la barrera impermeable sobre la cubierta.

Se extrajeron testigos en dos puntos de cada ménsula y se realizaron ensayos con esclerómetro sobre el sitio, para correlacionar parámetros entre ambos estudios. Las extracciones de testigos se realizaron con una broca de diez centímetros de diámetro, los dos testigos extraídos, se han designados como T1 y T2. El espesor aproximado de los mismos es de 15 cm.



**Figuras N°8 y N°9:** Vista equipo extractor de testigos, sobre ménsula colapsada. Vista del testigo extraído.

TESTIGOS	Ø 10 cm	
	T 1	T 2
Peso de la muestra – Sumergida	-	-
Peso de la muestra – S.S.S. (g)	2585,00	2613,00
Volúmen de la muestra – S.S.S. (cm <sup>3</sup> )	1071,26	1078,50
Peso de la muestra – Seca (g)	2520,00	2550,00
Volúmen de la muestra – Seca (cm <sup>3</sup> )	1071,26	1078,50
Densidad – S.S.S. (g/cm <sup>3</sup> )	2,41	2,42
Densidad de la muestra – Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,35	2,36
Absorción (%)	6,07%	5,84%

**Tabla N°1:** Datos de densidades de los testigos T1 y T2.

TESTIGOS	DENOMINACION	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ESBELTEZ (h/d)	SECCION (cm <sup>2</sup> )
N°1	T1	9,60	14,80	1,54	72,38
N°2	T2	9,60	14,90	1,55	72,38

**Tabla N°2:** Datos de geométricos de los testigos T1 y T2.

TESTIGOS	DENOMINACION	CARGA (tn)	RESISTENCIA (MPa)	Factor de corrección	R CORREGIDA (MPa)
N°1	T1	7,81	10,47	0,96	10,05
N°2	T2	10,02	13,82	0,96	13,27

**Tabla N°3:** Datos de resistencia a compresión de los testigos T1 y T2.

Como conclusiones de los resultados presentados en las tablas anteriores se puede deducir que: las densidades presentan valores normales, las absorciones son elevadas (resultado que impacta sobre los altos niveles de carbonatación de ambos testigos) y las resistencias a rotura son compatibles, ajustadamente, con lo especificado en los planos.

## **Informe sobre el estado actual de las estructuras**

Como ya se ha expuesto se han relevado un total de 17 recovas. Si bien el estado de cada una de ellas difiere en función del mantenimiento que han tenido a lo largo de los años, las patologías observadas se presentan de manera recurrente. De tal manera, en líneas generales, se pueden citar:

*Columnas: Poseen armaduras expuestas, tanto principal como de estribos, generalmente en el tercio inferior de las mismas. Se observan desprendimientos por golpes en algunas de ellas y fisuras en mapeo en algunas y longitudinales.*

*Cabezales de columnas: Se detectan fisuras en su zona inferior. Se observan sectores con desprendimientos de recubrimientos y armaduras expuestas.*

*Vigas: Se detectan diversas patologías, tales como: armaduras (principal y de estribos) expuestas, fisuración horizontal, fisuración a cuarenta y cinco grados en zonas próximas al cabezal de apoyo, fisuración vertical y transversal. En coincidencia con los nervios corroídos se observan distintos grados de fisuración en su talón superior. En los extremos de las recovas donde no existen aleros se presentan grietas en la sección de apoyo de las vigas, generalmente en su parte superior (sólo algunos casos).*

*Canalones: Sobre planta baja se observan en forma recurrente distintos grados de corrosión en los nervios de encastre.*

*Sobre la cubierta se observan fisuras longitudinales con aperturas variables en los valles de los canalones. También se observan fisuras longitudinales y en mapeo sobre las crestas de los mismos. El mayor grado de deterioro en la cubierta se presenta en el sector de los aleros.*

Los elementos estructurales que ofrecen mayor incertidumbre y riesgos son las ménsulas, debido a la constatación de un importante grado de fisuración en algunas de ellas, cuyo origen evidentemente radica en la ausencia de una impermeabilización adecuada en el sector.

## **CONCLUSIONES**

El origen del siniestro subyace en el ya conocido “Efecto Balcones” desarrollado en varias ocasiones en la ciudad de Buenos Aires y de la costa atlántica. La estructura en voladizo se fisura en su zona superior por pequeños movimientos, luego a través de la grieta penetra humedad debido a la ausencia de impermeabilización. Así con el transcurrir del tiempo el acero se corroe aumentando de volumen e incrementando la zona fisurada. La sección útil de la armadura principal disminuye hasta que la misma no es suficiente para soportar las tensiones de tracción solicitantes. Allí sobreviene el siniestro en forma intempestiva.

De lo expuesto anteriormente surge que el origen de estos daños se encuentra en la entrada de agua a través de los nervios de encastre de los canalones, al desaparecer la impermeabilización por el paso del tiempo en función de su degradación por efecto de la radiación solar preferentemente.

## RECOMENDACIONES

Las verificaciones de criterios de seguridad que a continuación se describen se relacionan con el estado actual de las construcciones y las patologías detectadas, principalmente el estado de fisuración y de corrosión ya relatado con anterioridad.

*Solución 1: Demoler las ménsulas que requieren atención inmediata y proceder al retiro de los dos canalones que asientan en el voladizo.*

*Solución 2: Mantener las vigas ménsulas, retirando los dos canalones que asientan en el voladizo y verificar las condiciones de servicio de las ménsulas, para luego restablecer algún tipo de cubierta en el mismo.*

*Solución 3: Ejecutar un apuntalamiento metálico de eje inclinado, a cuarenta y cinco grados, que vincule el extremo de la ménsula con el cuerpo de las columnas de apoyo.*

*Solución 4: Reforzar el sector traccionado de las ménsulas mediante la colocación de dos perfiles L (sección útil a definir) vinculados lateralmente con la viga premoldeada.*

*Solución 5: Reforzar la estructura en voladizo mediante tensores materializados con cables de acero vinculados a las ménsulas y a extensiones superiores de las columnas de apoyo existentes (secciones y materiales a definir).*

En cuanto a la recuperación de las cubiertas existentes, es vital mitigar el avance de la corrosión en los nervios. Para ello es necesario distinguir las soluciones en función del grado de deterioro de los mismos.

Luego de la recuperación de los nervios se debe proceder a impermeabilizar la zona de los aleros con algún material (pintura de base acrílica por ejemplo) ubicado preferentemente en las zonas de encastre de los nervios entre canalones.

Los deterioros del edificio por la edad, la falta de mantenimiento y fallas estructurales requieren un trabajo cuidadoso. En primer lugar reparando las distintas patologías observadas y relevadas, algunas de intervención inmediata en función del riesgo estructural.



## REFERENCIAS

- [1] Kuma Mehta y Paulo Monteiro. "Concrete: microstructure, properties and materials". Edición 2006. Editorial: Mc. Graw Hill.
- [2] Pedro Jiménez Montoya, Álvaro García Meseguer y Francisco Morán Cabré. "Hormigón armado 14ª Edición". Edición 2002. Editorial: Gustavo Gilli S.A.
- [3] Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH). "Durabilidad del hormigón estructural". Edición 2001.
- [4] Neville A. Brooks. "Tecnología del concreto". Edición 1998. Editorial: Trillas – México.
- [5] INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial. "Reglamentos CIRSOC 201 y 202".
- [6] IRAM – Instituto Argentino de Normalización y Certificación. "Norma IRAM N° 1551. Hormigón de cemento portland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido". Edición 2000-07-28.
- [7] IRAM – Instituto Argentino de Normalización y Certificación. "NORMA IRAM N° 1694 – 1989 – Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de la dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebotes empleando el esclerómetro de resorte".
- [8] ACI – American Concrete Institute. "Causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de hormigón. ACI 224.1R-93".
- [9] Fabián Andrés Avid, Oscar Rico, Jorge Daniel Sota y Jorge Eduardo Saad. "Análisis de estado y evaluación estructura resistente de edificio siniestrado".
- [10] Fabián Andrés Avid, Alberto Palacio, Jorge Daniel Sota y Jorge Eduardo Saad. "Informe técnico de evaluación Unidad Funcional N°44 Edificio Horizonte 1. Concordia, Entre Ríos".