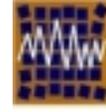




**Universidad de Concepción**  
**Departamento de Ingeniería Civil**



**Asociación Chilena de Sismología e**  
**Ingeniería Antisísmica**

## **A16-06 VIDA ÚTIL, PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN ZONA DE ALTO RIESGO SÍSMICO**

**N.G. Maldonado, R.J. Michelini, N.F. Pizarro, I.A. Maldonado, M.E. Tornello<sup>1</sup>**

*1. Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica  
Facultad Regional Mendoza Universidad Tecnológica Nacional  
Rodríguez 273, Ciudad, Mendoza, Argentina  
e-mail: ceredetec@frm.utn.edu.ar*

### **RESUMEN**

Los problemas de patologías detectados en viviendas de interés social en la Provincia de Mendoza, Argentina, alertan sobre la necesidad de analizar su vida útil en una zona de elevado riesgo sísmico como es el oeste argentino. Las reglamentaciones vigentes para este tipo de construcción son adecuadas pero no suficientes para asegurar una vida útil compatible con el mantenimiento y uso, ya que solo incluyen conceptos de diseño estructural como prioritarias y en forma indirecta, los aspectos de habitabilidad y durabilidad. Los nuevos proyectos de reglamentos nacionales establecen criterios de diseño compatibles con la vida útil esperable. En este trabajo se analiza la influencia de las variables más importantes para la vida útil de las soluciones habitacionales más usadas en la zona. Una de las principales causas de patologías en estas viviendas se ha originado en la problemática del suelo. El análisis de los materiales y sistemas de rehabilitación estudiados en laboratorio señalan la importancia de la durabilidad y la habitabilidad en la concepción de la vivienda. También estas soluciones incluyen cambios culturales importantes en la tipología constructiva en suelos deformables.

*Palabras Clave: vida útil - vivienda de interés social - rehabilitación estructural*

## **1 INTRODUCCION**

El concepto de vida útil de las construcciones y estructuras se inicia cuando los constructores encuentran que determinados materiales y diseños duran unos más que otros y la predicción de esta vida útil ha sido cualitativa y empírica. Además del colapso estructural, muchos otros factores pueden influir en la vida útil (ACI 365, 2000). En zonas de elevado riesgo sísmico se deben evaluar la influencia entre ellos a fin de poder estimar la vida útil de servicio.

Los países en desarrollo han asimilado la rapidez de construcción con que la industria de la construcción ha actuado en los países desarrollados pero no han copiado otros aspectos del control de calidad, como lograr mayor resistencia o mayor durabilidad. Inadvertidamente se dejó de lado la regla fundamental de la ciencia de los materiales pues existe una conexión cerrada entre fisuración y durabilidad (Mehta y Burrows, 2001).

Estudios en la Provincia de Buenos Aires, Argentina, ya han detectado esta problemática en estructuras de hormigón en nuestro país (Traversa y Di Maio, 1995). Estudios en la Provincia de Córdoba, Argentina, también han puesto en evidencia los problemas de patologías en viviendas (Domene y Dantas, 2001) que han ido en aumento en la última década, como lo demuestran los reclamos de los usuarios en los medios de comunicación. La Provincia de Mendoza no ha estado ajena a esta problemática, situación a la que se le suma un importante factor de riesgo regional como es el terremoto (Martín, 2001).

El objetivo básico de un reglamento es establecer los requisitos tecnológicos mínimos que debe poseer un proyecto para garantizar una determinada seguridad estructural y la aptitud de la estructura para las condiciones de servicios previstas. Ambos requisitos se deben mantener durante el periodo de vida útil, el que se establece como condición al inicio del proyecto. Los proyectos de reglamentos argentinos tienden a establecer una vida útil mínima para estructuras de hormigón, pero no se establece la vida útil para otros materiales como los utilizados en viviendas de interés social. El Proyecto de Reglamento CIRSOC 201-02 (2002) establece además de los requisitos de resistencia, requisitos de durabilidad para el diseño y la especificación del hormigón de la estructura y sus materiales componentes teniendo en cuenta las acciones del medio ambiente, los procesos de degradación de los materiales a utilizar en la estructura y la vida útil en servicio requerida por el comitente para el hormigón armado con una vida útil en servicio de 50 años, si la misma no se especifica.

La Subsecretaría de Vivienda de la Nación Argentina (2000) asigna a las viviendas el carácter de "permanente" con una vida útil mínima de 30 años y donde la exigencia del comitente está prácticamente ausente. En estos casos es necesario un control de calidad exhaustivo del proyecto previo a su construcción.

## **2. NORMATIVA Y VIDA UTIL**

### ***2.1. Requisitos mínimos de calidad para viviendas***

La Disposición N° 18 de la Subsecretaría de Vivienda de la Nación Argentina (2000) establece los requisitos mínimos para viviendas de interés social como resultado de la inconveniencia de realizar obras de mala calidad donde a los pocos años el Estado se ve obligado a utilizar sus recursos, siempre escasos, para repararlas o reemplazarlas. En este documento se detallan los siguientes requisitos: 1) vinculados con la relocalización, 2) vinculados con el diseño urbano, 3) vinculados con el diseño del conjunto y 4) vinculados con la vivienda

Los requisitos en relación a los puntos 1, 2 y 3 anteriores responden principalmente a aspectos de política habitacional y dependen de la jurisdicción de aplicación. Si bien en estos aspectos se han detectado pocos problemas, la magnitud del impacto en la sociedad es importante pues pueden tener relación con el planeamiento urbano (ejemplo: falta de medios de transporte y comunicación), con la disponibilidad de infraestructura (ejemplo: problemas con disponibilidad de efluentes, falta de presión para la distribución del agua corriente), con la ubicación, (ejemplo: terrenos muy baratos en zonas de basurales sin tratamiento), etc.

En los requisitos vinculados con la vivienda se identifican los siguientes ítems: 1) flexibilidad y crecimiento, 2) requisitos de seguridad, 3) requisitos de habitabilidad y 4) requisitos de durabilidad.

El aspecto de flexibilidad y crecimiento de la vivienda unifamiliar deberá presentar criterios probados del mismo, con optimización de espacios físicos y mantenimiento de condiciones mínimas de habitabilidad, preferentemente sin demolición.

Los requisitos básicos de seguridad en viviendas de interés social, teniendo en cuenta normas y reglamentos vigentes son:

- Dotar a las viviendas de una adecuada estructura resistente, en especial en zonas sísmicas.
- Evitar fallas en las instalaciones.
- Ajustar el diseño y la tecnología a elementales normas de prevención de accidentes
- Dificultar el acceso de intrusos.
- Posibilitar en caso de incendio la evacuación de la vivienda en un tiempo prudencial.

Los requisitos de habitabilidad en viviendas de interés social son:

- Lograr, condiciones mínimas de confort, tanto en verano como en invierno..
- Evitar la condensación superficial e intersticial en muros y techos.
- Asegurar condiciones mínimas de iluminación, ventilación y asoleamiento.
- Extremar los recaudos para que no se produzca ingreso de humedad desde el exterior a través de cimiento, muros, techos y aberturas.
- Obtener una privacidad acústica aceptable entre viviendas o entre éstas y los espacios comunes.

Los requisitos de durabilidad en viviendas de interés social son:

- Asegurar a la vivienda un vida útil mínima acorde con el plazo de amortización del préstamo.
- Disminuir a un mínimo el riesgo de patologías importantes y las exigencias derivadas de trabajos de mantenimiento y conservación.

## ***2.2. Definición de vida útil***

El Código Modelo del CEB-FIP (Bellmunt et al., 2000) entiende como vida útil “el periodo de tiempo en el cual la estructura es capaz de desempeñar las funciones para la que fue proyectada sin necesidad de intervenciones no previstas”, o sea, las operaciones de mantenimiento previstas y especificadas en la etapa de proyecto, hacen parte del periodo de tiempo total durante el cual se admite que la estructura está cumpliendo bien su función.

El modelo clásico de vida útil de las estructuras de hormigón fue propuesto por Tuutti en 1982 en base al estudio de los procesos de corrosión y ampliado por Helene (1996) y distingue distintas etapas dentro de la vida útil: mínimo de proyecto, mínimo de servicio y mínimo de rotura.

Para la Subsecretaría de Vivienda de la Nación Argentina, en una vida útil mínima de 30 años, los elementos principales que forman parte de la construcción deberán conservar durante ese tiempo, por lo menos, sus cualidades esenciales vinculadas con la seguridad y la habitabilidad. Para alcanzar tal duración es necesario poder realizar el mantenimiento, de las partes accesibles, en los elementos de servicio, en condiciones normales de uso, usando técnicas sencillas. Los componentes de difícil mantenimiento y aquellos destinados a permanecer ocultos, deben construirse con materiales estables, teniendo en cuenta el envejecimiento.

## ***2.3. Métodos y modelos de previsión de vida útil***

Se han desarrollado metodologías para predecir la vida útil de las estructuras existentes. Para ello se requiere de información sobre la condición actual del hormigón, velocidades de degradación, estados de cargas soportados y definición del tiempo máximo de uso. Teniendo en cuenta la predicción de vida útil remanente, se pueden tomar decisiones económicas si la estructura puede ser reparada, rehabilitada o reemplazada (Helene, 1997).

Se pueden detectar cuatro líneas principales de métodos de previsión de vida útil (ACI 365, 2000) aplicados en su mayoría a hormigones, que es el material más estudiado conjuntamente con el acero: a) con base en experiencias anteriores, b) basados en ensayos acelerados, c) a través de métodos deterministas y d) a través de métodos probabilistas.

Los métodos basados en las experiencias previas son los adoptados por la mayoría de los códigos en cuanto a recubrimientos y resistencias mínimas, pero que han demostrado en condiciones ambientales agresivas, no ser suficientes para asegurar la vida útil.

Las especificaciones prescriptivas de los reglamentos tienden a establecer límites frente a la degradación pero no permiten calcular la vida en servicio ni la optimización técnica-económica de sus variables en juego como en el Reglamento CIRSOC 201-82 (1982). El nivel de diseño prescriptivo avanzado agrega a los requisitos prescriptivos, los requisitos prestacionales en forma e intensidad distintas como se presenta en el Proyecto de Reglamento CIRSOC 201-02 (2002).

Como se incorpora el tema del riesgo sísmico, se pueden considerar los requerimientos generales para niveles de comportamiento en edificios y control de daños como los presentados en el Capítulo 2 del FEMA 310 (1998) y en la norma ASCE 31 (2003), que si bien están elaborados para países en desarrollo pueden convertirse en una guía para valorar daños en otras regiones sísmicas según sean elementos verticales, horizontales, arquitectónicos, de instalaciones y de componentes no estructurales, pero no están elaborados específicamente para viviendas.

#### ***2.4. Aplicación a las problemáticas locales***

La durabilidad de la estructura no siempre coincide con la durabilidad del hormigón. Han existido notorios avances en el conocimiento en las últimas décadas en el comportamiento del sistema acero-hormigón, pero ese conocimiento disponible y consolidado no se ha utilizado por negligencia o desconocimiento. Incluso la influencia del medio ambiente es muy importante en los grandes conglomerados urbanos y las tendencias hacia la rapidez en la construcción y la economía por las nuevas técnicas de dimensionado interfieren negativamente en la durabilidad (Red Durar, 2003).

Hay antecedentes nacionales de relevamientos en Argentina y Brasil donde los controles deben concentrarse en la etapa de construcción por problemas en la calidad de la mano de obra antes que en el proyecto como sucede en los países desarrollados. En el campo del hormigón armado, el problema de patología más detectado es la corrosión en sus distintas formas y por ende es la problemática más estudiada. También es importante que se busque cada día una mayor durabilidad de las estructuras, pero también es importante evaluar su utilidad o funcionalidad a largo plazo.

La pregunta es qué sucede en el caso de las viviendas de interés social ante los problemas de durabilidad y las patologías generadas por fenómenos naturales como son los terremotos en cuanto a especificar su vida útil. La otra pregunta es si una vez reparada una vivienda de interés social, alcanzará la misma performance para la que fue construida. También interesa discutir cómo evaluar la vida útil remanente de una vivienda de interés social reparada.

A partir del año 2000 se han actualizado las normas de habitabilidad en el país, por lo tanto aparece una

nueva problemática a evaluar en el tema de la construcción. Si bien estas normas aportan modelos de comportamiento ante diferentes condiciones ambientales, su inclusión genera importantes consideraciones tecnológicas y estructurales (presencia e importancia de los puentes térmicos, influencia de la condensación, etc) que impactan en la vida útil.

Es preciso aplicar todo el conocimiento disponible posible respecto al tema para realizar una evaluación del comportamiento de la obra y los costos involucrados en un determinado periodo de tiempo, evitando gastos e intervenciones innecesarias. En el caso de estructuras que se encuentren en proceso de deterioro, es necesario calcular su tiempo de vida sin riesgo de colapso y cuándo decidir los procedimientos de reparación y rehabilitación.

Una vez definida qué es la vida útil y cuáles son sus alcances, el tema debe enfocarse de forma holística, sistemática y comprensiva, involucrando un análisis interdisciplinario. Debe ser considerada como el resultado de las acciones coordinadas y realizadas en todas las etapas del proceso constructivo, el que debe incluir necesariamente el uso de la vivienda con la inspección, monitoreo y mantenimiento predictivo y correctivo para alcanzar una consideración correcta y sistemática de la vida útil.

### **3. METODOLOGIA DE TRABAJO**

El trabajo realizado abarca distintos aspectos. Una primera actuación tiene en cuenta el estudio de las patologías detectadas en viviendas de interés social en el periodo 1999-2004 y su correlación con el control de calidad de la construcción (Maldonado et al., 2001). El impacto del problema social se ve reflejado en las encuestas realizadas para lograr opiniones de usuarios en lo que respecta a habitabilidad y confort (Pizarro et al., 2003).

Experimentalmente se han evaluado distintos sistemas de reparación de mampostería (Maldonado et al., 1998) en escala 1:1.

En este trabajo se evalúan los aspectos de seguridad, habitabilidad y durabilidad de viviendas sociales de mampostería en relación a la condición original y a la condición de reparada para los sistemas constructivos más utilizados en la región.

### **4. RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN**

#### ***4.1. Sistemas de reparación estudiados en mampostería***

Los métodos de reparación o refuerzo en la mampostería sismorresistente ensayados corresponden a:

1. demolición de elementos dañados y reemplazo por nuevos: en este caso se utilizaron los mismos tipos de mampuestos huecos.

2. refuerzo de los elementos: con malla de metal desplegado romboidal liviana, pasadores de aluminio de 5 mm de diámetro, alambre de atar y malla de acero según cálculo ( $\phi$  4,2 mm cada 20 cm, cruzada con revoque de concreto 1:3 (arena:cemento), de espesor menor a 2,5 cm.)
3. incorporación de nuevos elementos para resistir fuerzas horizontales: encadenados adicionales de hormigón armado, a mitad de altura del muro, con 4  $\phi$  8mm y estribos  $\phi$  4,2 mm cada 18 cm.

Para la reparación de los encadenados de hormigón armado se han utilizado inyecciones de resina epoxi en fisuras. En la Tabla 4.1. se presentan las dimensiones de los muros originales, material del panel, tipo de reparación y armadura de las columnas de borde.

Tabla 4.1: Características de muros de mampostería

N°	Largo L	Espesor	Alto H	H/L	Material del panel	Columna de borde		
					Material de reparación	bc	dc	Fe
						m	m	cm <sup>2</sup>
1	1,71	0,18	2,93	1,71	Ladrillón	0,18	0,18	2
1R	1,71	0,18	2,93	1,71	Mastic epoxi	0,18	0,18	2
2	1,29	0,18	2,90	2,25	Ladrillón	0,18	0,18	2
2R	1,29	0,24	2,90	2,25	Malla refuerzo	0,18	0,18	2
3	2,39	0,18	2,91	1,22	Ladrillón	0,18	0,18	6,78
3R	2,39	0,21	2,91	1,22	Malla refuerzo	0,18	0,18	6,78
4	1,155	0,13	2,91	2,52	Ladrillo chico	0,13	0,18	2
4R	1,155	0,13	2,91	2,52	Viga intermedia	0,13	0,18	2
5	1,12	0,15	2,82	2,52	Ladrillo chico	0,13	0,18	2
5R	1,12	0,15	2,82	2,52	Viga intermedia	0,13	0,18	2
6	2,34	0,18	2,97	1,27	Ladrillo hueco	0,18	0,18	2
6R	2,34	0,18	2,97	1,27	Viga intermedia	0,18	0,18	2
7	2,35	0,18	2,98	1,27	Ladrillo hueco	0,18	0,18	2
7R	2,35	0,18	2,98	1,27	Reposición	0,18	0,18	3
8	2,35	0,18	2,89	1,23	Ladrillo hueco	0,18	0,18	2
8R	2,35	0,18	2,89	1,23	Reposición	0,18	0,18	2

Referencia:

N°: Identificación del elemento ensayado

N°R: Número del elemento reparado y ensayado

#### **4.2. Resultados de la reparación bajo criterios de seguridad**

En la Tabla 4.2. se presentan los resultados de los ensayos de muros a cargas horizontales aplicadas en ensayo de viga tipo Cantilever en escala natural. En este caso se analizan los resultados, encuadrándolos en los requerimientos del Capítulo 8 del Código de Construcciones Sismorresistentes de Mendoza,

Argentina, (1987), que es la única normativa que establece pautas de seguridad para reparaciones bajo acciones sísmicas.

Tabla 4.2. Resultados de los ensayos

N° ensayo	Capacidad última código Tu	Capacidad teórica Tut	Resultados experimentales			Indice de seguridad		Nivel seguridad según código
			H fis mamp	Hu	Hfis columna	rt Tu/Tut	rexp Hu/Tu	
			N	N	N	N	N	
1	647	460	400	750	256	1,41	1,16	S1
1R	665	460	225	800	225	1,45	1,20	S1
2	489	332	375	510	225	1,47	1,04	S1
2R	675	335	300	650	300	2,02	0,96	S1
3	470	1035	800	1200	340	0,45	2,55	S1
3R	542	1084	820	1160	360	0,50	2,14	S1
4	416	346	280	280	100	1,20	0,67	S3
4R	326	346	240	580	120	0,94	1,78	S1
5	463	342	160	240	40	1,35	0,52	S1
5R	362	342	160	520	100	1,06	1,44	S1
6	888	649	480	520	300	1,37	0,59	S4
6R	888	649	400	620	140	1,37	0,70	S3
7	891	668	480	640	300	1,33	0,72	S2
7R	891	1428	480	690	400	0,62	0,77	S2
8	888	667	575	600	350	1,33	0,68	S3
8R	888	667	175	275	175	1,33	0,31	S4

Se puede observar que el nivel de seguridad original se logra con la reparación que usa la malla de refuerzo (S1), mientras que el resto de los casos, se alcanzan menores niveles de comportamiento estructural (S2, S3 y S4).

Desde el punto de vista de la deformabilidad, el sistema de reparación con malla de refuerzo disminuye y redistribuye la fisuración en todo el panel. Para los otros sistemas de reparación aplicados, el nivel de daños es muy significativo, en especial en caso de mampostería de ladrillos huecos, por la fragilidad del mismo ante estados tensionales.

#### **4.3. Resultados respecto a la habitabilidad**

La apreciación de los usuarios sobre la habitabilidad se refleja en los resultados de las encuestas realizadas que señalaron problemas asociados a la misma por falta de manuales de mantenimiento, problemas en las

instalaciones que producen importantes patologías, falta de confort térmico y acústico, como los principales (Pizarro et al., 2003).

La clasificación bioambiental según Norma IRAM 11603 señala que se pueden ubicar cuatro zonas muy distintas en Mendoza: desde la zona IIIa (templado cálido de gran amplitud térmica), zona IVa y b (templado frío de gran amplitud térmica), zona V (frío) a zona VI (muy frío), por lo que en el caso de viviendas sociales, al ser planos únicos, esta situación no se tiene en cuenta.

La evaluación de la condensación, que es un fenómeno muy complejo, variable en el tiempo y en distintos lugares de la vivienda, permite detectar que las soluciones constructivas estudiadas, aún cumpliendo las exigencias normativas mínimas de transmitancia térmica para el Nivel C, el menos exigente de la norma IRAM 11605 y norma IRAM 11625, no garantizan las condiciones mínimas de higiene y salubridad habida cuenta que no contemplan los efectos concurrentes de otras variables que actúan simultáneamente: filtración de agua por fisuras o juntas constructivas, humedad por capilaridad, humedad residual de obra, presencia de puentes térmicos, condensación intersticial por ausencia o insuficiencia de barreras de vapor.

En la Tabla 4.3.1. se presentan las condiciones mínimas de habitabilidad para distintos niveles de confort higrotérmico de la norma IRAM 11605 para la condición original del panel y para la condición de muro reparado.

Tabla 4.3.1.: Verificación del nivel de confort higrotérmico

Zona	TDMN	R	K	Nivel A Recomendado	Nivel B Medio	Nivel C Mínimo	Cumple Nivel mínimo
	°C	m <sup>2</sup> .K/W	W/m <sup>2</sup> .K	W/m <sup>2</sup> .K			
Material: ladrillón cerámico macizo de 0,18 m de espesor							
III a	-3,1	0,392	2,55	0,33	0,91	1,59	No
IV a	-0,3	0,392	2,55	0,38	1,00	1,85	No
IV b	-6,7	0,392	2,55	0,295	0,78	1,34	No
V	-6,6	0,392	2,55	0,293	0,77	1,33	No
VI	-9,3	0,392	2,55	0,27	0,72	1,23	No
Material: ladrillo cerámico hueco de 0,18 m de espesor							
III a	-3,1	0,740	1,35	0,33	0,91	1,59	Si
IV a	-0,3	0,740	1,35	0,38	1,00	1,85	Si
IV b	-6,7	0,740	1,35	0,295	0,78	1,34	No
V	-6,6	0,740	1,35	0,293	0,77	1,33	No
VI	-9,3	0,740	1,35	0,27	0,72	1,23	No
Material: ladrillón reparado con malla metálica							
III a	-3,1	0,457	2,19	0,33	0,91	1,59	No
IV a	-0,3	0,457	2,19	0,38	1,00	1,85	No
IV b	-6,7	0,457	2,19	0,295	0,78	1,34	No
V	-6,6	0,457	2,19	0,293	0,77	1,33	No
VI	-9,3	0,457	2,19	0,27	0,72	1,23	No

En la Tabla 4.3.2. se presentan los resultados de la verificación del riesgo de condensación para la situación original en cerámico macizo y cerámico hueco y para la reparación que contiene modificaciones de las dimensiones del panel.

La condensación intersticial produce la disminución de la capacidad aislante de los cerramientos, por lo tanto los mismos materiales ubicados en diferentes posiciones pueden dar resultados opuestos. En zona sísmica algunos puentes térmicos son inevitables como se presenta la disposición de encadenados en la Fig. 4.3.1. para el sistema mixto y Fig. 4.3.2. para el sistema tradicional.

Tabla 4.3.2: Verificación del riesgo de condensación superficial

Zona	Ti °C	TDMN °C	$\Delta T$ °C	R m <sup>2</sup> .K/W	Rsi M <sup>2</sup> .K/W	$\tau$ °C	$\theta_i$ °C	Tr °C	Riesgo de condensación
Material: ladrillón cerámico macizo de 0,18 m de espesor									
III a	18	-3,1	21,1	0,392	0,17	9,15	8,85	12	Si
IV a	18	-0,3	18,3	0,392	0,17	7,94	10,06	12,9	Si
IV b	18	-6,7	24,7	0,392	0,17	10,71	7,29	10,5	Si
V	18	-6,6	24,6	0,392	0,17	10,67	7,33	10,5	Si
VI	18	-9,3	27,3	0,392	0,17	11,84	6,16	9	Si
Material: ladrillo cerámico hueco de 0,18 m de espesor									
III a	18	-3,1	21,1	0,740	0,17	4,85	13,15	12	No
IV a	18	-0,3	18,3	0,740	0,17	4,20	13,80	12,9	No
IV b	18	-6,7	24,7	0,740	0,17	5,67	12,33	10,5	No
V	18	-6,6	24,6	0,740	0,17	5,65	12,35	10,5	No
VI	18	-9,3	27,3	0,740	0,17	6,27	11,73	9	No
Material: ladrillón reparado con malla metálica									
III a	18	-3,1	21,1	0,457	0,17	7,85	10,15	12	Si
IV a	18	-0,3	18,3	0,457	0,17	6,81	11,19	12,9	Si
IV b	18	-6,7	24,7	0,457	0,17	9,19	8,81	10,5	Si
V	18	-6,6	24,6	0,457	0,17	9,15	8,85	10,5	Si
VI	18	-9,3	27,3	0,457	0,17	10,16	7,84	9	Si



Fig. 4.3.1. Puentes térmicos en sistema mixto

Fig. 4.3.2. Puentes térmicos en sistema tradicional

En las Fig. 4.3.3. y 4.3.4. se presenta la disposición de estructura metálica con el sistema mixto y los lugares donde se producirá condensación intersticial, que afectará al hierro produciendo corrosión si no se crean detalles de evacuación del agua o una adecuada ventilación, previo a una pintura anticorrosiva en el interior de la perfilería.

Las condiciones acústicas del material ladrillón no alcanzan a cumplir los requisitos mínimos de confort acústico (41 dB vs. 46 dB exigidos según Boschi et al, 2005).

Respecto a la habitabilidad, los sistemas de reparación estudiados, no garantizan que no se produzcan condensaciones. Sólo para algunas condiciones ambientales en el caso de ladrillo hueco, se puede alcanzar el mínimo nivel de confort y evitar la condensación superficial e intersticial.



Figura 4.3.3. Fundación en sistema mixto



Figura 4.3.4. Estructura en sistema mixto

#### ***4.4. Resultados respecto a la durabilidad***

En general, la evaluación de la durabilidad de los materiales está indirectamente relacionada con un parámetro de fácil medida como es la resistencia a compresión del material. Los resultados de ensayos de laboratorio sobre la durabilidad del hormigón deben usarse con precaución debido a que el comportamiento de la fisuración del hormigón es altamente dependiente del tamaño de la muestra, historia de curado y condiciones ambientales. Los especímenes de laboratorio son pequeños y usualmente no están restringidas por cambios de volumen. Una misma mezcla cuando se usa en una estructura real puede no proveer la durabilidad si está expuesta a ciclos de secado-mojado, frío-calor y hielo-deshielo. Bajo circunstancias similares, un curado inadecuado del hormigón también lo fisurará y se deteriorará en obra, aunque especímenes bien curados puedan haber dado un excelente comportamiento en ensayos de laboratorio sobre permeabilidad.

En este caso, es necesario entender los mecanismos de envejecimiento y su correlación con la resistencia a compresión, medio ambiente, condiciones de elaboración, colocación y curado del hormigón y situaciones de mantenimiento. Teniendo en cuenta los nuevos criterios para evaluación del medio ambiente en la Provincia de Mendoza, como se presenta en el Proyecto CIRSOC 201-02 (2002), se puede detectar como mecanismo de ataque al hormigón, la corrosión por carbonatación y en el caso de suelos con sulfatos, el mecanismo es de ataque químico. En las situaciones planteadas hay restricciones respecto a la relación agua/cemento máxima y resistencia mínima requerida, como se indica en la Tabla 4.4. para una vida útil de 50 años.

Tabla 4.4. Requisitos para distintas condiciones ambientales según CIRSOC 201-02

Condición ambiental	A1 no agresivo	A2 ambiente normal	C1 congelac deshielo	C2 congelac deshielo	Q1 ataque químico	Q2 ataque químico	Q3 ataque químico
a/c máx	0,60	0,50	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
f'cmin[MPa]	20	25	30	35	30	35	40

Los actuales reglamentos no permiten estimar la vida útil; los requerimientos de resistencia del hormigón armado se pueden encontrar para el caso de viviendas entre 4 y 17 MPa (CIRSOC 201-82, 1982). Por el fenómeno de carbonatación y para esos niveles de resistencia, antes de los cinco años, el recubrimiento estará carbonatado y la protección de las armaduras disminuye notoriamente, generando problemas de corrosión (Helene, 1997). Si a ello se le suman condiciones ambientales con humedad o condensación, no se llegará a la vida útil de 30 años para la vivienda social.

En el caso de los sistemas de reparación utilizados, donde la presencia de armadura implica que hay que tomar precauciones respecto a eventuales problemas de corrosión y donde el recubrimiento cuenta un rol muy importante para estimar la vida útil residual. Después de un daño, ya sea por problemas constructivos o por efectos de fenómenos naturales, es necesario apuntar a obtener hormigones con mayores resistencias y mejores calidades en la colocación.

#### ***4.5. Importancia del suelo en vivienda social***

Respecto al suelo se pueden encontrar problemáticas que afectan los tres aspectos evaluados precedentemente.

El caso más común es la falta de capacidad portante del suelo, sea por ausencia de estudio de suelos o por cambio de las condiciones por aporte voluntario o no de agua (ver Fig. 4.5.1 y 4.5.2.). En el caso de sistema constructivo mixto, perfilería metálica y mampostería, la presencia de puentes térmicos genera importantes aportes de condensación, afectando la vida útil de la fundación, si no se resuelve correctamente la eliminación de agua de la estructura de acero.

En el caso de refuerzo de fundaciones, no siempre resultan en el caso de viviendas sociales, por lo tanto,

en suelos deformables, la recomendación desde el punto de vista del suelo, es disminuir los pesos, evitando construcciones de mampostería cerámica maciza. Esto implica el uso de sistemas constructivos diferentes de la mampostería tradicional, no siempre aceptados socialmente. Alternativamente, en la Facultad Regional Mendoza se está estudiando un edificio de vivienda social con sistema de aislación de base (Tornello et al., 2004).



Figura 4.5.1. Asentamiento en vivienda  
falta de capacidad portante



Figura 4.5.2. Asentamiento en vivienda por  
por cambio en las condiciones del suelo

## 5. CONCLUSIONES

- Las reglamentaciones vigentes para la construcción tradicional de viviendas son adecuadas pero no suficientes para asegurar una vida útil compatible con el mantenimiento y uso, ya que solo incluyen conceptos de diseño estructural como prioritarias.
- Se considera promisorio el uso de incluir la durabilidad como una acción más a considerar en el diseño como se indica en el Proyecto de Reglamento CIRSOC 201-2002.
- Se considera una herramienta adecuada la aplicación de la normativa IRAM en referencia a las condiciones ambientales de materiales y sistemas constructivos para viviendas de interés social, con el fin de optimizar el uso y aplicación en forma compatible con el medio ambiente. Su evaluación es imprescindible cuando se trata de asegurar la durabilidad de materiales, estructuras o construcciones.
- El ahorro de costos en los materiales utilizados atenta contra la durabilidad de las viviendas de interés social, donde por condiciones socio-económicas los usuarios no hacen mantenimiento, lo que obliga a profundizar el diseño arquitectónico y estructural a fin de asegurar la durabilidad mínima estimada en normas y códigos manteniendo los controles de calidad.
- Los sistemas de reparación de mampostería estudiados son viables en la medida que se tenga en cuenta que para lograr una vida útil remanente, es necesario realizar controles de mantenimiento, a fin de minimizar los problemas de corrosión que puedan surgir.

- Es de vital importancia para la vida útil de las viviendas sociales contar con estudio de suelos que permitan adoptar la mejor solución para evitar asentamientos en la mampostería, que comprometen la seguridad de la construcción.
- Se considera imprescindible incluir en la formación de grado de todas las carreras involucradas en la construcción los temas de la habitabilidad, la influencia del medio ambiente, el equilibrio energético y la sustentabilidad del mismo, en especial cuando los usuarios no cuentan con recursos para reparar o reponer su vivienda.

## 6. REFERENCIAS

ACI-365.1R-2000 (2000). Service Life-Prediction. State-of-the-Art Report.

ASCE 31-03. (2003). Seismic Evaluation of Existing Buildings. American Society of Civil Engineers.

Bellmunt R., Casanovas X., Fernández Cánovas M., Díaz C., Helene P.R.L., Rosell J., Rosell J.R., Vázquez E. (2000) Manual de Diagnóstico e Intervención en Estructuras de Hormigón Armado. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.

Boschi C., Acosta S., González A. (2005). Determinación del coeficiente de aislación acústica de un muro construido con ladrillones. *Memorias EnIDI 2005*. **1**, 1-7

CIRSOC, Reglamento CIRSOC 201 y anexos. Buenos Aires, Argentina: INTI. 1982.

Domene D.J., Dantas Tagliani R.M. (2001). Patología de 500 viviendas en la Ciudad de Córdoba: una decisión política. *Memorias VI Congreso de Patología de la Construcción y VIII de Control de calidad. Santo Domingo*. Tema 16-AR.16.

FEMA Publication 310. (1999). NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington D.C..

Gobierno de Mendoza. (1987). Código de Construcciones Sismorresistentes de la Provincia de Mendoza.

Helene P.R.D.L.(1996). Corrosão em armaduras para concreto armado. Editora Pini.

Helene P.R.D.L.(1997). Vida útil das Estruturas de Concreto. *Memorias IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções VI Congresso de Controle de Qualidade*. **1**,1-30.

INPRES (1989). Microzonificación sísmica de Mendoza.

Maldonado N.G., Michelini R.J. y Olivencia L.A. (1998). Criterios de diseño, construcción y evaluación por capacidad de la mampostería sismorresistente reparada. *Memorias de las XVI Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, Buenos Aires. 1*, 1-16.

Maldonado, N.G., Michelini, R.J., Pizarro, N.F., Fortuna A.S., Maldonado I.A. (2001). Importancia de la durabilidad del hormigón en viviendas de interés social en zona sísmica. *Memorias 14ª Reunión Técnica Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Olavarría, Buenos Aires. 2*, 165-172.

Martín L. (2001). Conferencia Inaugural. *Memorias Simposio Internacional La Vivienda y la Sociedad de Hoy. 1*.

Mehta P.K. & R.W. Burrows. (2001). Building Durable Structures in the 21<sup>st</sup> Century. *Concrete International, 23 : 3*, 57-63.

Normas IRAM Serie 11600 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios.

Pizarro, N.F., Maldonado, N.G., Michelini R.J. (2003). La importancia del control de calidad durante la construcción de viviendas de interés social en una zona de alto riesgo sísmico. *Memorias I Jornada Técnico-Científicas Interdisciplinarias. Procesos de adopción tecnológica para viviendas. FAUDI. Universidad Nacional de Córdoba. 1*, 1-6.

Proyecto de Reglamento CIRSOC 201-02.(2002). INTI.

Red DURAR, Red Temática XV.F Rehabilitar. (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección. CYTED.

Subsecretaría de Vivienda de la Nación. (2000). Disposición N° 18 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda, Argentina.

Traversa L.P. y Di Maio A.(1995). Comportamiento de estructuras de hormigón armado construidas en distintos ambientes en la Provincia de Buenos Aires. *Memorias 12ª Reunión Técnica. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. La Plata. 1*, 415-425.

Tornello M.E., Michelini R.J., Pizarro N.F. (2004). Solución habitacional para estudiantes universitarios. Descripción del proceso constructivo de un edificio con aislación sísmica de base. Modelo de referencia: Proyecto VIS.UTN.FAC.REG.MZA.05. *Memorias II Simposio La Vivienda en la Sociedad de Hoy, Mendoza. 1,50*, 1-30.

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la colaboración de instituciones, del personal técnico, becarios alumnos y graduados de la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional en la realización de este Proyecto 25J025.