

*Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2009  
EnIDI 2009, Los Reyes, San Rafael, Mendoza, Argentina*

## **Evaluación de parámetros de la habitabilidad en materiales no tradicionales para viviendas de interés social**

Noemí Graciela Maldonado<sup>a</sup>, Marcelo Guzmán<sup>a</sup>, César Boschi<sup>b</sup>, Sergio Acosta<sup>b</sup>, Graciela René López<sup>c</sup>, Félix Néstor Lauricella<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*CEREDETEC, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza, Rodríguez 273 - Ciudad - Mendoza – Argentina*  
[ngm@frm.utn.edu.ar](mailto:ngm@frm.utn.edu.ar) , [mguzman@frm.utn.edu.ar](mailto:mguzman@frm.utn.edu.ar)

<sup>b</sup>*CEREDETEC, Laboratorio de Acústica y Sonido, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. Rodríguez 273 - Ciudad - Mendoza – Argentina*  
[cboschi@frm.utn.edu.ar](mailto:cboschi@frm.utn.edu.ar) , [sacosta@graduados.utn.edu.ar](mailto:sacosta@graduados.utn.edu.ar)

<sup>c</sup>*Instituto Regional de Estudio Sobre Energía – IRESE, Facultad Regional Mendoza Universidad Tecnológica Nacional, Rodríguez 273, 5500 Mendoza, Argentina*  
[energia.irese@frm.utn.edu.ar](mailto:energia.irese@frm.utn.edu.ar) , [lauricella.irese@frm.utn.edu.ar](mailto:lauricella.irese@frm.utn.edu.ar)

**Resumen.** Los problemas de patologías detectados en viviendas en la Provincia de Mendoza, Argentina, con muy poca antigüedad de uso, alertan sobre la necesidad de considerar la habitabilidad como un factor importante en el diseño de viviendas sociales.

Las reglamentaciones incluyen los conceptos de diseño estructural como prioritarios aunque valoran indirectamente la durabilidad y la habitabilidad. Reglamentaciones específicas para vivienda consideran las condiciones higrotérmicas y energéticas de los materiales tradicionales pero constituyen un desafío para los nuevos materiales de construcción.

En este trabajo se presentan los resultados de los ensayos térmicos y acústicos realizados en laboratorio a escala natural y se evalúa su influencia en los resultados de la habitabilidad de un panel compuesto en base a residuos de madera. Los resultados indican que el ahorro de costos en la construcción puede disminuir la durabilidad del panel lo que obliga a profundizar el diseño arquitectónico y estructural a fin de asegurar la durabilidad estimada para condiciones reglamentarias de habitabilidad.

**Palabras Clave:** durabilidad, habitabilidad, sustentabilidad, mantenimiento, ensayos de laboratorio

## **1 Introducción**

Los problemas de patologías detectados en viviendas de interés social en la Provincia de Mendoza, Argentina, con muy poca antigüedad de uso, alertan sobre la necesidad de considerar también a la habitabilidad como un factor importante en el diseño y construcción de viviendas en la zona de mayor riesgo sísmico del país<sup>1</sup>.

Las reglamentaciones aplicadas a viviendas no son 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 durabilidad y de habitabilidad.

En el año 2000, la Subsecretaría de Vivienda de la Nación estableció los "Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social"<sup>2</sup> que requieren una vida útil mínima de 30 años para estas construcciones pero es en los nuevos reglamentos nacionales (CIRSOC 201, INPRES-CIRSOC 103, etc)<sup>3</sup> que incluyen la durabilidad como una acción más a considerar en el diseño del hormigón estructural, con una valoración específica de la vida útil de servicio.

En este trabajo se analiza la influencia de la habitabilidad en el diseño, cálculo y durabilidad de paneles para viviendas de interés social conformados con placas de residuos de madera en una matriz plástica mediante ensayos de laboratorio en escala natural para obtener parámetros que permitan correlacionar con calidad acústica, higrotérmica y energética de la vivienda.

## **2 Requisitos mínimos de calidad para viviendas**

La Disposición N° 18 de la Subsecretaría de Vivienda de la Nación<sup>2</sup> 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.

Para los requisitos vinculados con la vivienda se identifican los siguientes ítems: flexibilidad y crecimiento, requisitos de seguridad, requisitos de habitabilidad y requisitos de durabilidad. El aspecto de flexibilidad y crecimiento de la vivienda unifamiliar debe presentar criterios de optimización de espacios físicos y mantenimiento de condiciones mínimas de habitabilidad, preferentemente sin demolición.

Los requisitos básicos de seguridad en viviendas de interés social exigen: 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 y dificultar el acceso de intrusos y posibilitar en caso de incendio la evacuación de la vivienda en un tiempo prudencial.

Los requisitos de habitabilidad en viviendas de interés social corresponden a: 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 muros, techos y aberturas y obtener una privacidad acústica aceptable entre viviendas o entre éstas y los espacios comunes.

Los requisitos de durabilidad en viviendas de interés social corresponden a: asegurar a la vivienda un vida útil mínima acorde con el plazo de amortización del préstamo y disminuir a un mínimo el riesgo de patologías importantes y las exigencias derivadas de trabajos de mantenimiento y conservación.

### **3 Habitabilidad y vivienda social**

En los países en vías de desarrollo se adoptaron modalidades tecnológicas originadas por la globalización, con aumento en velocidad de la construcción, sin aumento de la calidad resistente y con una disminución en la calidad de los materiales y terminaciones por razones de costos. Estudios en la Provincia de Buenos Aires han detectado esta problemática en estructuras de hormigón en nuestro país<sup>4</sup> y los problemas de patología en viviendas han ido en aumento en la última década, como lo demuestran los reclamos de los usuarios y los informes técnicos correspondientes<sup>5</sup>.

En lo que respecta a habitabilidad es imprescindible que la sociedad tome conciencia de su importancia. El concepto de uso racional de la energía y de desarrollo sustentable ha ido en aumento en las escuelas de arquitectura de nuestro país, pero ha demorado demasiado en alcanzar otras profesiones responsables del diseño y construcción de edificios<sup>6</sup>. Los códigos de edificación no son suficientes para lograr una sustentabilidad natural de la construcción, lo que genera contaminación ambiental y costos de funcionamiento (efecto de la isla de calor en las ciudades, aumento de la temperatura de termómetro globo, efectos de la deforestación, etc.), a diferencia de lo sucedido en países desarrollados<sup>7,8</sup>.

Este trabajo se inició en el año 1999 con un relevamiento de las viviendas de interés social construidas con diferentes políticas habitacionales y sus resultados señalaron la necesidad de profundizar los aspectos de durabilidad y habitabilidad para evaluar la vida útil de las construcciones. Esto ha permitido conformar una base de datos de viviendas en base a resultados de inspecciones, estudios de campo y de laboratorio. 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<sup>1</sup>.

## 4 Metodología de trabajo

En este trabajo se presenta la evaluación técnica de paneles livianos conformados por fibras de madera orientadas (OSB) en base epoxídica como cerramientos de viviendas desde el punto de vista de la habitabilidad mediante modelación matemática de la combinación de distintos espesores para las distintas condiciones climáticas de Mendoza y la verificación mediante ensayos de laboratorio de las características acústicas y térmicas.

Se trata de un polipanel constituido por dos placas de OSB (hojas de madera dispuestas en capas) de 1220 x 2440 x 9.5 mm unidas entre sí por un marco de madera de álamo o pino de 25 x 40 mm. El alma del polipanel se encuentra rellena con espuma de poliuretano.

## 5 Análisis y discusión de resultados

Se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y se comparan con las normativas vigentes a fin de considerar su viabilidad como sistema constructivo para viviendas de interés social<sup>2,8,9</sup>.

### 5.1 Resultados de la seguridad estructural.

La Tabla 1 presenta los resultados de las características mecánicas de ensayos a escala natural, correspondientes al valor medio de cinco probetas en el Laboratorio de Ensayos Estructurales de la Facultad Regional Mendoza. En la Figura 1 se presenta la disposición en el Laboratorio de Estructuras de los paneles ensayados bajo norma IRAM.

**Tabla 1:** Resultado de las características mecánicas de los paneles

Evaluado	Unidad	Norma de aplicación	Panel de OSB
Resistencia a compresión	MPa	IRAM 11588	0.82
Resistencia a flexión	MPa	IRAM 9706	4.00
Carga excéntrica		IRAM 11596	Sin daños
Choque duro		IRAM 11595	Sin daños
Choque blando		IRAM 11585	Sin daños

Los resultados confirman que los paneles verifican los requerimientos del Código de Construcciones Sismorresistentes de Mendoza, Artículo 7.4.1 para el grupo 3 de maderas muy blandas con densidades menores a 0.45 y un nivel de resistencia II.

Para mitigación de riesgo de fuego, los paneles deberían recubrirse con una placa de yeso. También requieren protección de las hormigas y de la luz solar.



a) *Ensayo de compresión axial*



b) *Ensayo de flexión*



c) *Ensayo de choque duro*



d) *Ensayo de carga excéntrica*

**Fig. 1.** Ensayos de paneles en laboratorio de estructuras

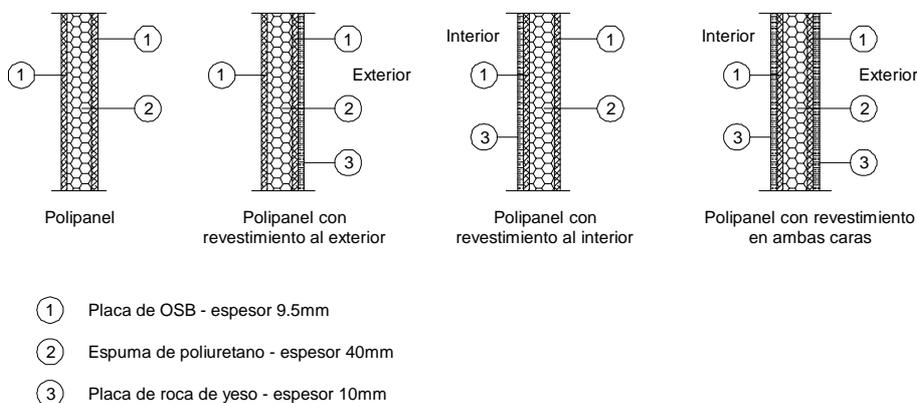
## 5.2 Resultados de la habitabilidad y durabilidad

La clasificación ambiental de la norma IRAM 11603 establece cuatro zonas diferentes en Mendoza: desde la zona IIIa (clima moderado con gran amplitud térmica), Zona IV a y b (zona de clima moderadamente frío con amplitud térmica), zona V (fría) y zona VI (muy fría). Los actuales diseños de viviendas de interés social son únicos, por lo que las condiciones térmicas del ambiente no se tienen en cuenta en el proyecto.

Como la evaluación de la condensación es un fenómeno complejo, variable en el tiempo y dependiente de la posición en la unidad habitacional, este sistema constructivo solo alcanza el mínimo nivel de confort (nivel C) en la zona más exigente, que garantiza un mínimo de condiciones de salud y sanidad debido a que no se consideran los efectos concurrentes de otras variables simultáneas como filtración de agua por juntas, humedad capilar, humedad de construcción, puentes térmicos, condensación intersticial debido a la falta o insuficiencia de barreras de vapor.

Se analizan cuatro alternativas de comportamiento del panel, de acuerdo a la presencia o no de una placa de roca de yeso utilizada como revestimiento del polipanel que se presentan en la Figura 2:

- Polipanel sin revestimiento (Modelo 1)
- Polipanel con una placa de roca de yeso de 10mm ubicada hacia el exterior (Modelo 2)
- Polipanel con una placa de roca de yeso de 10mm ubicada hacia el interior (Modelo 3)
- Polipanel con placa de roca de yeso de 10mm ubicada en ambas caras (Modelo 4)



**Fig. 2.** Tipos de paneles estudiados

La modelación teórica de la distinta disposición de los materiales para distinta ubicación de los paneles (muro o posición vertical, cerramiento a nivel de piso y cerramiento a nivel de techo) permite obtener los resultados del coeficiente teórico de transmitancia térmica, el nivel de confort, la posibilidad de condensación superficial (CS) y de condensación intersticial (CI) para los distintos modelos estudiados en la Tabla 2 para las zonas climáticas 3 y 4 a y b de Mendoza y en la Tabla 3 para las zonas climáticas 5 y 6 de Mendoza.

**Tabla 2:** Resultados teóricos de la modelación de materiales del panel estudiado

Ambiente	Zona 3				Zona 4 a y b			
	K	Nivel confort	CS	CI	K	Nivel confort	CS	CI
Modelo 1								
Muro	0.5900	B	si	si	0.5903	B	si	si
Piso	0.5740	B	si	si	0.5745	B	si	si
Techo	0.5943	B	si	si	0.5943	B	si	si
Modelo 2								
Muro	0.5795	B	si	si	0.5795	B	si	si
Piso	0.5643	B	si	si	0.5643	B	si	si
Techo	0.5843	B	si	si	0.5843	B	si	si
Modelo 3								
Muro	0.5795	B	si	si	0.5795	B	si	si
Piso	0.5643	B	si	si	0.5643	B	si	si
Techo	0.5843	B	si	si	0.5843	B	si	si
Modelo 4								
Muro	0.5691	B	si	si	0.5691	B	si	si
Piso	0.5545	B	si	si	0.5545	B	si	si
Techo	0.5729	B	si	si	0.5729	B	si	si

**Tabla 3:** Resultados teóricos de la modelación de materiales del panel estudiado

Ambiente	Zona 5				Zona 6			
	K	Nivel confort	CS	CI	K	Nivel confort	CS	CI
Modelo 1								
Muro	0.5903	B	si	si	0.5903	C	si	si
Piso	0.5745	B	si	si	0.5745	C	si	si
Techo	0.5943	C	si	si	0.5943	C	si	si
Modelo 2								
Muro	0.5975	B	si	si	0.5795	C	si	si
Piso	0.5643	B	si	si	0.5643	C	si	si
Techo	0.5843	C	si	si	0.5843	C	si	si

Ambiente	Zona 5				Zona 6			
	K	Nivel confort	CS	CI	K	Nivel confort	CS	CI
Modelo 3								
Muro	0.5795	B	si	si	0.5795	C	si	si
Piso	0.5643	B	si	si	0.5643	C	si	si
Techo	0.5534	C	si	si	0.5843	C	si	si
Modelo 4								
Muro	0.5691	B	si	si	0.5691	C	si	si
Piso	0.5545	B	si	si	0.5545	C	si	si
Techo	0.5729	C	si	si	0.5729	C	si	si

Referencias:

K: coeficiente de transmitancia térmica en kcal/hm<sup>2</sup>K

Nivel: corresponde a Nivel de confort: A recomendado, B medio y C mínimo

CS : verificación de la condensación superficial

CI : verificación de la condensación intersticial

### 5.3 Ensayo de transmitancia acústica y térmica

Para verificar los valores de transmitancia térmica y acústica se realizaron los ensayos en el Laboratorio de Acústica de la Facultad Regional Mendoza, que cuenta con dos recintos, uno emisor (4.4 x 4.4 m) y otro receptor (4.4 x 4.0 m) y que están aislados uno de otro desde el punto de vista estructural como acústico<sup>10</sup>.

Los pasos para realizar el ensayo de transmitancia acústica son:

1. Construcción de la muestra a ensayar en la abertura que para tal fin posee el laboratorio. La muestra consta de un tabique de placas de yeso relleno más una placa de polipanel de 3,04m de alto por 3,35m de largo (10,18m<sup>2</sup>) y cubre el 76% de la pared lateral común a ambos recintos. La Figura 3 presenta diversos aspectos del proceso constructivo del panel en estudio.

2. Generación en el recinto emisor de niveles sonoros adecuados para el ensayo. El sonido en el recinto emisor fue estacionario y tuvo un espectro continuo en las frecuencias consideradas (125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 Hz). El nivel de presión sonora se adoptó aproximadamente en 100 dB, verificando que en todo el rango de frecuencias, el nivel de presión acústica en el recinto receptor sobrepasó en 10 dB al nivel de ruido de fondo.

3. Medición de los niveles sonoros. La determinación del nivel de presión sonora en ambos recintos, se obtuvo del promedio en el espacio y el tiempo de los valores medidos.

4. Sistematización de los registros obtenidos y realización de cálculos.



*Instalación de la perfilera interna*



*Ubicación de las placas de OSB*



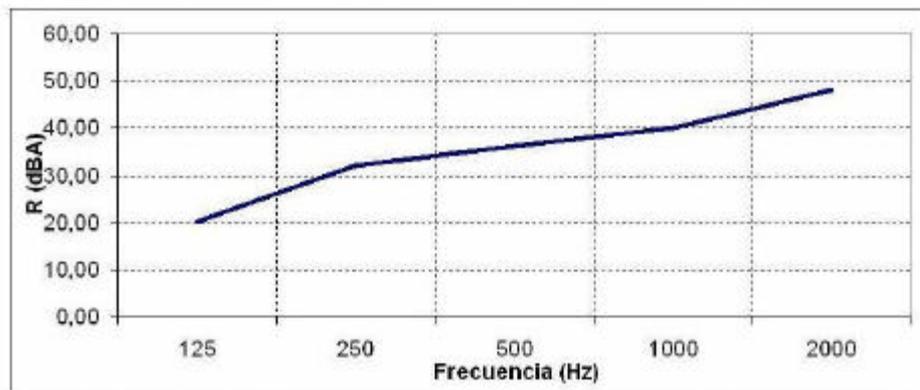
*Terminación con la placa de yeso*

**Fig. 3:** Proceso constructivo del panel

En la Figura 4 se presentan los resultados de las mediciones en el panel estudiado revestido por un solo lado con placa de yeso (Modelo 2). Posteriormente a fin de

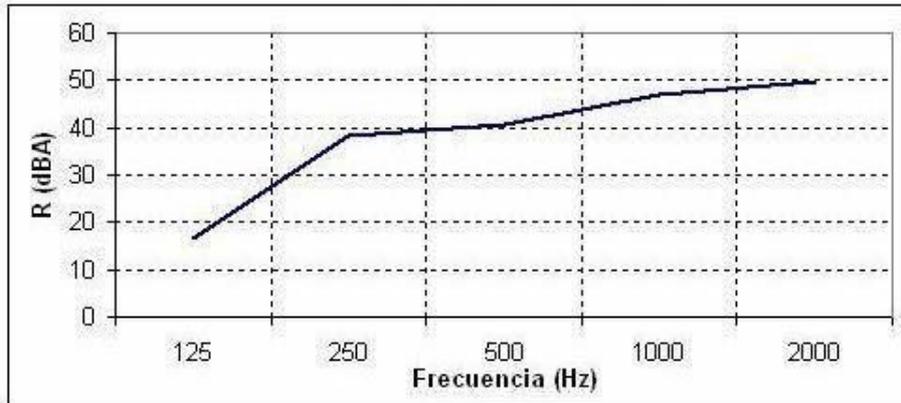
cumplimentar los requisitos establecidos por el código de edificación para confort acústico, que requiere un mínimo de 41 dBA, se agregaron placas de yeso dando lugar a un tabique constituido por placas de cartón yeso de 12,5 mm de espesor, montadas sobre perfilera metálica, a un lado y placas de polipanel al otro lado más una placa de cartón yeso de 12,5 mm de espesor colocada atornillada sobre la placa de polipanel, estando ambas placas de cartón yeso con la junta tomada. En la Figura 5 se presentan los resultados de las mediciones en este panel. Finalmente dado que todavía no se cumplimentaban los requisitos establecidos por el código de edificación para confort acústico, se agregaron dos placas mas de cartón yeso dando lugar a un tabique constituido por placas de cartón yeso de 9 mm mas otra de 12,5 mm de espesor, montadas sobre perfilera metálica a un lado y placas de polipanel mas placas de cartón yeso de 12,5 mm mas otra de 9 mm de espesor al otro lado. En la Figura 6 se presentan los resultados de las mediciones en este panel.

FRECUENCIA, (Hz)	125	250	500	1000	2000	Rm [dBA]
R. (dBA)	20,2	31,9	36,2	40,1	48,1	35,3



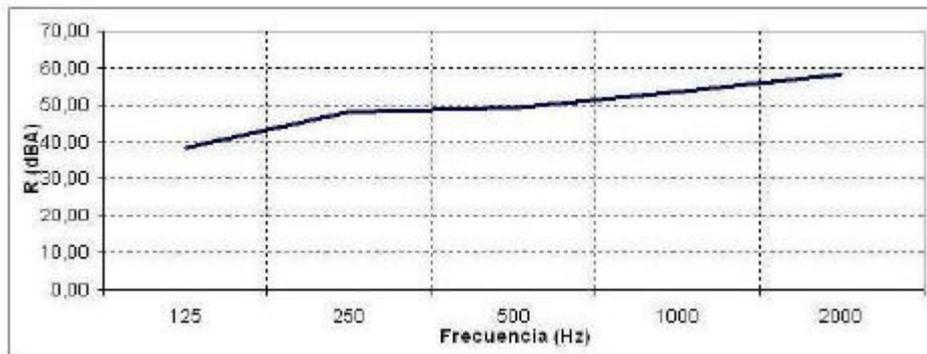
**Fig. 4:** Representación gráfica del valor de la resistencia acústica correspondiente al polipanel Modelo 2

FRECUENCIA, (Hz)	125	250	500	1000	2000	R <sub>m</sub> [dBA]	38,5
R, (dBA)	16,7	38,4	40,6	46,9	49,8		



**Fig. 5:** Representación gráfica del valor de la resistencia acústica correspondiente al polipanel Modelo 4

FRECUENCIA, (Hz)	125	250	500	1000	2000	R <sub>m</sub> [dBA]	49,5
R, (dBA)	38,5	48,2	49,0	53,5	58,1		



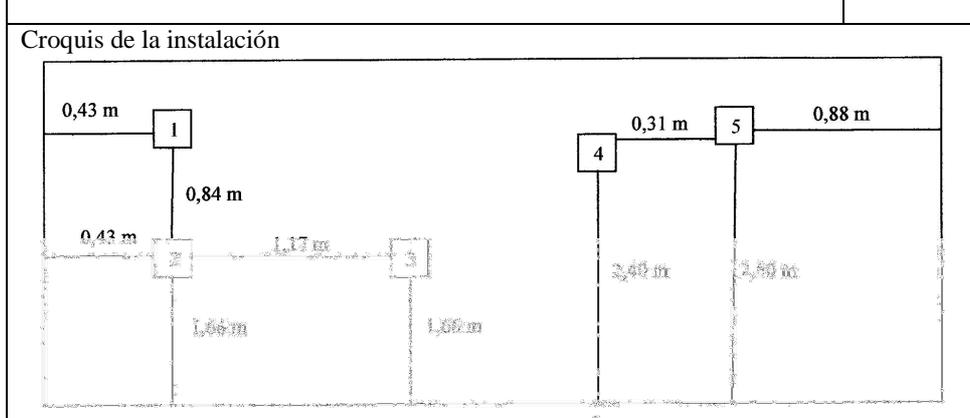
**Fig. 6:** Representación gráfica del valor de la resistencia acústica correspondiente al polipanel ajustado al código de edificación de Mendoza

Los pasos para realizar el ensayo de trasmittancia térmica son:

1. Se calienta el recinto emisor durante 24 hs.
2. Se divide el panel en sectores imaginarios de ambos lados, emisor y receptor en donde se colocan los sensores de los termómetros de contacto para medir temperaturas, internas y externas (ver croquis de ubicación en la Tabla 4).
3. En el lado receptor se colocan los sensores del medidor de flujo de calor.
4. Se toman varias mediciones manteniendo las mismas condiciones de presión y temperatura en los recintos y las lecturas se vuelcan en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Resultados de las mediciones térmicas del polipanel Modelo 2.

Medidas tabique	Sector	Q (W/m <sup>2</sup> )	Text	Tint	Text-Tint	K (W/m <sup>2</sup> .K)
Paneles 1.22 x 2.44 m	1	-2	15	23	-8	0.250
	2	-2.2	15	23	-8	0.275
	3	-5	15	12	-8	0.625
	5	-0.7	15	23	-8	0.088
	Promedio					0.309
Junta de silicona	4	-3.5	15	23	-8	0.438



Para obtener el coeficiente de trasmittancia térmica se aplica la norma IRAM 11604 utilizando un medidor de flujo de calor, Marca: Kemtherm. Modelo: HFM 101, Termómetro de contacto digital Marca TES Modelo 1320, Termómetro de bulbo seco, instrumentos que permiten determinar la medición del flujo neto en diferentes puntos del panel, considerando las juntas como lugar con probable pérdida de calor<sup>12</sup>.

## **6 Conclusiones**

- Las normas vigentes para materiales tradicionales son adecuadas pero no suficientes para asegurar la compatibilidad de la vida de servicio con la vida de uso y mantenimiento.
- Las normas en relación con el medio ambiente son esenciales a la hora de valorar el comportamiento de la estructura fabricada con materiales no tradicionales.
- Se considera importante evaluar el comportamiento térmico de nuevos materiales para resolver el problema de juntas horizontales y verticales.
- Los valores de transmitancia térmica obtenidos en laboratorio son siempre menores que los valores teóricos calculados para las distintas ubicaciones del panel en estudio, por lo tanto el panel evaluado cumple los estándares higrotérmicos requeridos por las normas argentinas para las distintas regiones bioclimáticas de Mendoza
- 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.
- 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.

## **Agradecimientos**

Este trabajo se ha logrado gracias al trabajo interdisciplinario de profesionales y de integrantes del Proyecto 25/J056 y 25J051 de la Universidad Tecnológica Nacional con la colaboración de la empresa NewPanel SA.

## **Referencias**

1. N.F.Pizarro, N.G. Maldonado N.G. y R.J.Michelini. “La importancia del control de calidad durante la construcción de viviendas de interés social en una zona de alto riesgo sísmico” in: Memorias I Jornada Técnico-Científicas Interdisciplinarias. Procesos de adopción tecnológica para viviendas. Universidad Nacional de Córdoba. (2003): pp.1-6, Córdoba (Argentina).
2. Subsecretaría de Vivienda de la Nación. “Disposición N° 18 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda”, Argentina. 2000

3. INTI. Reglamentos CIRSOC 201, INPRES-CIRSOC 103 Tomo II. (Buenos Aires, Argentina: INTI, 2005).
4. L.P.Traversa y A.Di Maio A. "Comportamiento de estructuras de hormigón armado construidas en distintos ambientes en la Provincia de Buenos Aires" in: Memorias 12ª Reunión Técnica. AATH (1995): pp. 415-425. La Plata (Argentina)
5. Memorias Ceredetec 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003. UTN Facultad Regional Mendoza.
6. G.E.Gonzalo et al. "Habitabilidad en edificios: propuestas de normas para Tucumán" in: Memorias II Simposio La Vivienda en la Sociedad de Hoy. Octubre 2004. p.18.
7. Gobierno de Mendoza. "Código De Construcciones Antisísmicas". Mendoza, Argentina.1970.
8. Gobierno de Mendoza. "Código de Construcciones Sismorresistentes de la Provincia de Mendoza". Mendoza, Argentina.1987.
9. Normas IRAM. Instituto Argentino de Normalización. Catálogo 2009.
10. G.E.Muñoz Vargas, C.E.Boschi, A.F.González. "Comparación del valor teórico y la medición directa del aislamiento acústico en paneles". EnIDI 2007 Desarrollos e Investigaciones Científico-Tecnológicas en Ingeniería. 2007. pp.381-388
11. Código de Edificación. Municipalidad de la Capital. Mendoza. 2000.
12. G.R.López, L.R. Alvarez, J.F.Fernández y M.M.Ciravegna. "Cálculo del coeficiente volumétrico, G, de pérdidas de calor en viviendas". EnIDI 2006 Desarrollos e Investigaciones Científico-Tecnológicas en Ingeniería. 2007. pp.291-297