

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES EN VIVIENDAS DEL IPV EN SAN MIGUEL DE TUCUMÁN

Arq. Cecilia F. Martínez<sup>♦</sup>, Dr. Arq. Guillermo E. Gonzalo<sup>\*</sup>

Instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Roca 1900 San Miguel de Tucumán (4000) Tucumán

Tel: +54.381.4364093, interno 125 Fax: +54.381.4364141

E mail: [cmartinez@herrera.unt.edu.ar](mailto:cmartinez@herrera.unt.edu.ar) ; [gegonzalo@herrera.unt.edu.ar](mailto:gegonzalo@herrera.unt.edu.ar)

**RESUMEN:** En este trabajo se exponen los resultados de algunos de los estudios realizados para la tesis “Propuesta para desarrollo de prototipos de vivienda en bloque con optimización de costo energético para acondicionamiento ambiental” (Gonzalo et al, 1995). El objetivo general de esta tesis es proponer pautas para orientar a los diseñadores de los organismos públicos de vivienda, en el desarrollo de prototipos, tipológica, funcional y bioclimáticamente adecuados al clima local, con el fin de conseguir la reducción en los costos energéticos de funcionamiento para satisfacer los niveles de confort ambiental de las viviendas de construcción masiva para sectores de bajos recursos económicos. En este trabajo se resumen los resultados del relevamiento y encuestas, así como los resultados de los estudios de comportamiento realizados sobre la envolvente exterior de los mismos. Como conclusión de esta presentación podrá verse la importancia que tiene el adecuado diseño de la envolvente exterior para mejorar las condiciones de habitabilidad en viviendas de construcción masiva para sectores de bajos recursos económicos, que no pueden hacer frente a elevados costos de funcionamiento o mantenimiento de las mismas.

**PALABRAS CLAVES:** Arquitectura, Diseño Bioclimático, Vivienda Social, Energía.

**INTRODUCCIÓN:** La Provincia de Tucumán cuenta con un 76,63% de población urbana, de la cual el 55,31% se concentra en el Departamento San Miguel de Tucumán (Capital), el que alcanza una densidad de población de 5258,57 hab/Km<sup>2</sup> (Gonzalo et al, 2000). Además en este Departamento se concentra el mayor porcentaje de obras del Instituto Provincial de la Vivienda, el 47,10% para el período 1963-1994, constituyendo el 11,83% de las viviendas ocupadas. (ver Tabla 1)

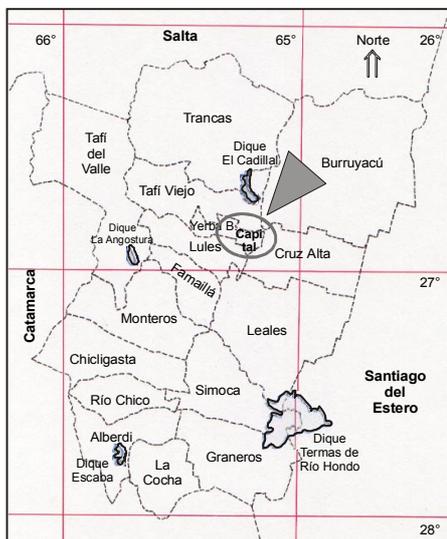


Figura 1. Plano de la Provincia y ubicación de la zona de análisis

Principales Municipios (1)	Población	%	Obras IPV	%
S.M. de Tucumán	472271	55.31	65	47.10
Alderetes	25924	3.03	6	4.34
Banda del Río Salí	54304	6.35	13	9.42
Las Talitas	33629	3.93	13	9.42
Tafí Viejo	38548	4.50	25	18.12
Yerba Buena	36311	4.26	13	9.42
Otros			3	2.18
<b>Total Gran S.M. de Tuc.(1)</b>	<b>661987</b>	<b>77.36</b>	<b>138</b>	<b>100%</b>
<b>Total Municipal</b>	<b>855673</b>	<b>100%</b>		
<b>Resto Provincial</b>	<b>286432</b>			
<b>Total Provincia</b>	<b>1142105</b>			

Tabla 1. Distribución poblacional y obras del IPV en el Gran S. M. de Tucumán

Sobre un total de 65 conjuntos construidos por el Instituto Provincial de la Vivienda, abarcando un período desde 1963 a 1994, se analizaron 36 de los mismos, el 55,38%, de los cuales 16 conjuntos cumplían con las características tipológicas seleccionadas para el estudio, siendo el 44,44% de los visitados. Sobre ellos se realizaron el relevamiento sobre características organizativas, tipológicas y funcionales. De los 16 conjuntos relevados se seleccionaron al azar 4 y en ellos se realizó encuestas sobre 3 departamentos, dando un total de 12 casos para evaluación.

<sup>♦</sup> Becaria de Iniciación Secretaría de Ciencia y Técnica, UNT (CIUNT).

<sup>\*</sup> Director del Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU, UNT. Director de beca CIUNT.

En relación al consumo energético se analizó el de la energía eléctrica, ya que aun en invierno es la de uso principal para calefacción según resultado de encuesta a usuarios (ver Figura 2). Sobre una base de datos de la empresa eléctrica EDET (Gonzalo et al, 2000) se discriminaron los consumos para el sector residencial (ver Figura 3). Vemos que el 87% de consumos residenciales se ubican en un rango inferior a los 600 kWh/mes, estando el 64% por debajo de los 300 kWh/mes, lo que nos indica una tasa muy baja de utilización de energía eléctrica y por lo tanto de equipamiento para el confort.

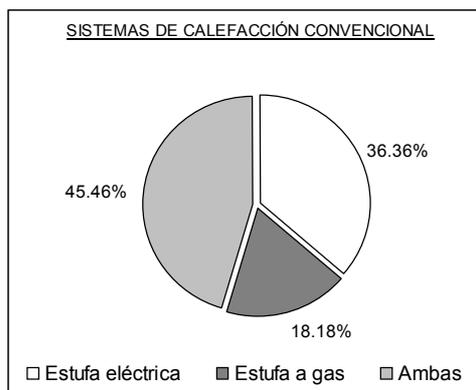


Figura 2. Distribución del uso de los sistemas de calefacción según resultados de encuestas a usuarios

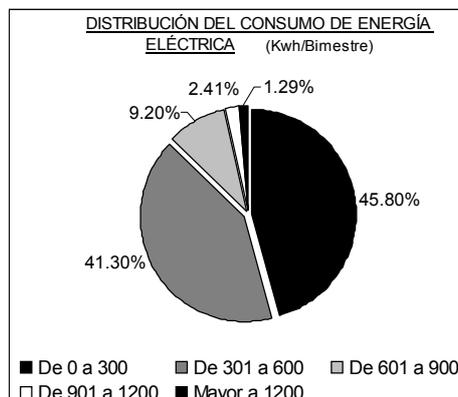


Figura 3. Consumo de energía eléctrica, sector residencial para San Miguel de Tucumán

Si analizamos la composición del gasto familiar promedio para la Región NorOeste Argentino (NOA), (ver Figura 4) teniendo en cuenta que el ingreso medio mensual es de \$884 y el gasto promedio mensual de \$772 (INDEC, 1996), vemos que el gasto para vivienda del 10,60%, ocupa un lugar importante, y de él más del 50% se destina al pago de energía. Es decir que cuando los usuarios se ven obligados a reducir sus gastos para equilibrar la situación económica, como consecuencia de ello pueden llegar a utilizar menor cantidad de energía para acondicionamiento, electricidad o gas, lo que se traduciría en una menor calidad de vida al no poder acondicionar correctamente en forma artificial sus viviendas.

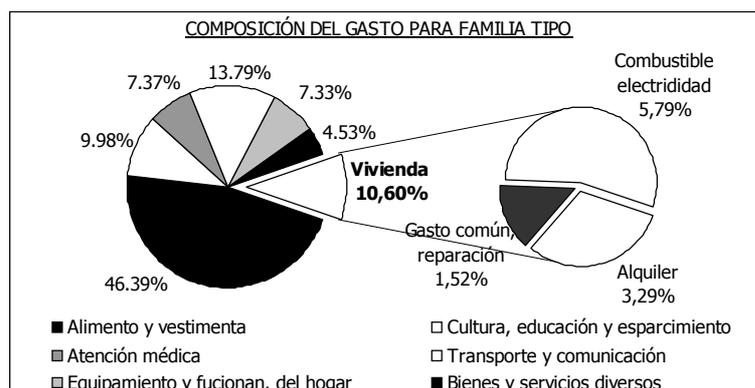


Figura 4. Composición del gasto promedio para la Región NOA, (INDEC, 1996)

Para verificar el comportamiento de la envolvente se trabajó sobre el prototipo de mayor uso en los diseños para el período histórico considerado, y se eligió la vivienda del último piso por ser el caso más desfavorable. Los cerramientos verticales se componen de ladrillo hueco de 0,18 m (algunos de 0,08 m), ambas caras revocadas y pintadas, vigas (a la vista al exterior) y columnas de H°A°. La cubierta es de chapa galvanizada con cámara de aire, aislamiento de poliestireno expandido de 0,025 m y cielorraso de yeso pintado.

Se verificó en primer lugar, mediante el programa CEEMACON.xls (Gonzalo et al, 2000), según procedimiento de Norma IRAM 11.605, el riesgo de condensación superficial e intersticial para los diferentes cerramientos exteriores.

Luego se calcularon los valores de transmitancia térmica K, mediante el programa CEEMAKMP.xls (Gonzalo et al, 2000). El mismo considera un valor medio ponderado (KMP), para tener en cuenta la influencia de todos los elementos, opacos y transparentes, componentes de los cerramientos. (Gonzalo et al, 2000)

## RESULTADOS OBTENIDOS

### Relevamiento y encuestas

Sintéticamente algunos resultados obtenidos son:

- Los conjuntos se organizan en esquema ortogonal, a partir de la vinculación en T de 3 unidades de vivienda, de diseño idéntico, con un núcleo de circulación. Esta célula básica se combina para formar bloques mayores que se rotan sobre diferentes ejes de orientación. (ver Figura 5)

- Los esquemas funcionales se repiten en los 3 prototipos identificados, (ver Figura 6). Las unidades de 2 y 3 dormitorios presentan casi la misma superficie lo que implica, para la última, pérdida de espacio en el sector social y de servicios al aparecer el tercer dormitorio.
- Las orientaciones dominantes abarcan la N-S, E-O y NE-SO, NO-SE . Se utiliza un solo diseño de vivienda, el que no se adapta a las diferentes condiciones de orientación.
- En ninguno de los conjuntos se plantean protecciones solares o tratamiento diferenciado de fachadas según la orientación. (ver Figuras 7 y 8)

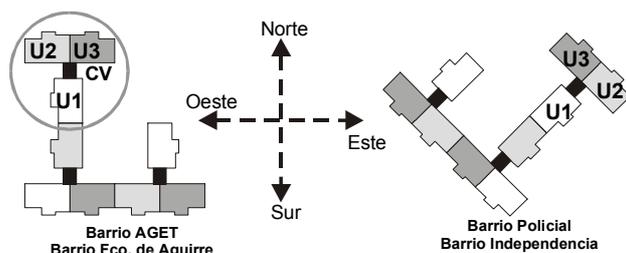


Figura 5. Esquema de la organización de los conjuntos relevados

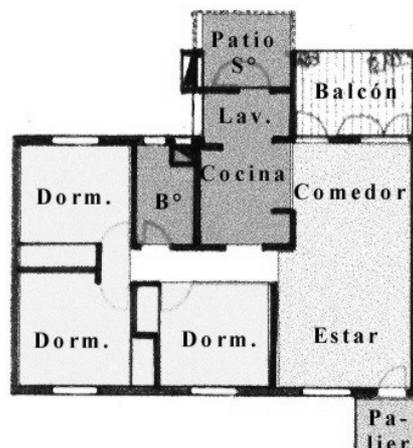


Figura 6. Planta del prototipo seleccionado para análisis



Figura 7. Conjunto Barrio AGET. Frente Sur



Figura 8. Conjunto Barrio AGET. Frentes Norte y Oeste

- Más del 54% de los usuarios califica a su vivienda como inconfortable, considerándola “caliente”. (ver Figura 9)
- Se marca una relación entre orientación, nivel de piso y situación de confort, donde en general las viviendas orientadas N-S resultan confortables en todos los niveles, P.B., 1° y 2° piso, mientras que para las orientaciones E-O y SO-NE la situación de infort se presenta en todos los niveles.
- El cambio de situación de confort a infort por calor se inicia aproximadamente a las 12:00 horas, haciéndose más perceptible durante la siesta, 14:00 o 15:00 horas. Estas apreciaciones coinciden con las características del clima local que presenta picos de temperatura entre las 12:00 y las 15:00 horas con valores superiores a los 30 °C. (ver Figura 10)

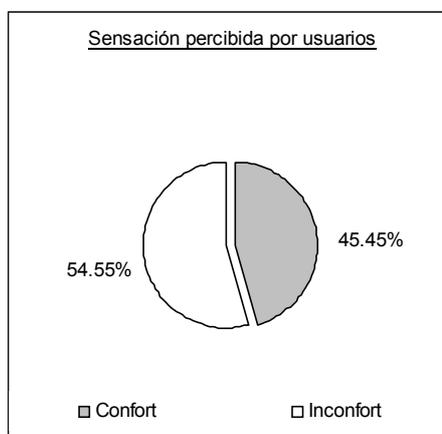


Figura 9. Situación de confort – infort según encuestas

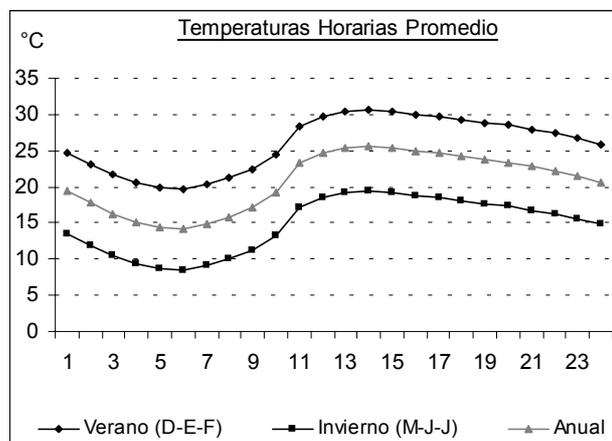


Figura 10. Gráfica de temperaturas para San Miguel de Tucumán

- El 82% de los usuarios utiliza sistema de ventilación artificial. Un 89% ventiladores y un 11% aire acondicionado. Los ventiladores son utilizados un promedio de 4 ½ horas por día en un horario entre las 13:00 y las 19:00 horas, coincidiendo con el período de temperaturas horarias más elevadas. (ver Figura 11)
- En el 54% de las viviendas se presentan problemas por hongos o manchas de humedad, con mayor frecuencia en paredes orientadas al Sur, evidenciando problemas por condensación. (ver Figura 12)

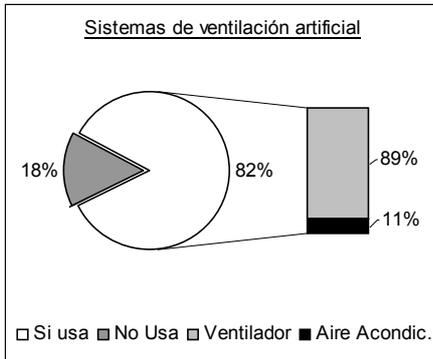


Figura 11. Sistemas de ventilación artificial más usados

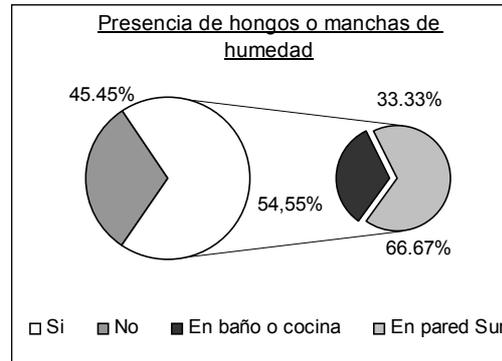


Figura 12. Presencia de signos de probables problemas de condensación en cerramientos

### Condensación

Los resultados obtenidos muestran que los problemas de condensación superficial solo se presentan en los elementos de hormigón armado, es decir en aquellos elementos con características de puente térmico, mientras que los cerramientos exteriores, muros y cubierta, no presentan problemas de condensación superficial. En todos los paramentos analizados aparecen problemas de condensación intersticial:

- En la cubierta sobre la chapa galvanizada hacia el interior de la cámara de aire.
- En los muros de ladrillo hueco, tanto el de 0,18 m como el de 0,08 m, condensa en la cara de contacto entre revoque exterior y ladrillo. (ver Figura 13)
- En columnas y vigas (este último elemento a la vista solo pintado), se presenta condensación en la superficie de contacto entre el revoque y hormigón.

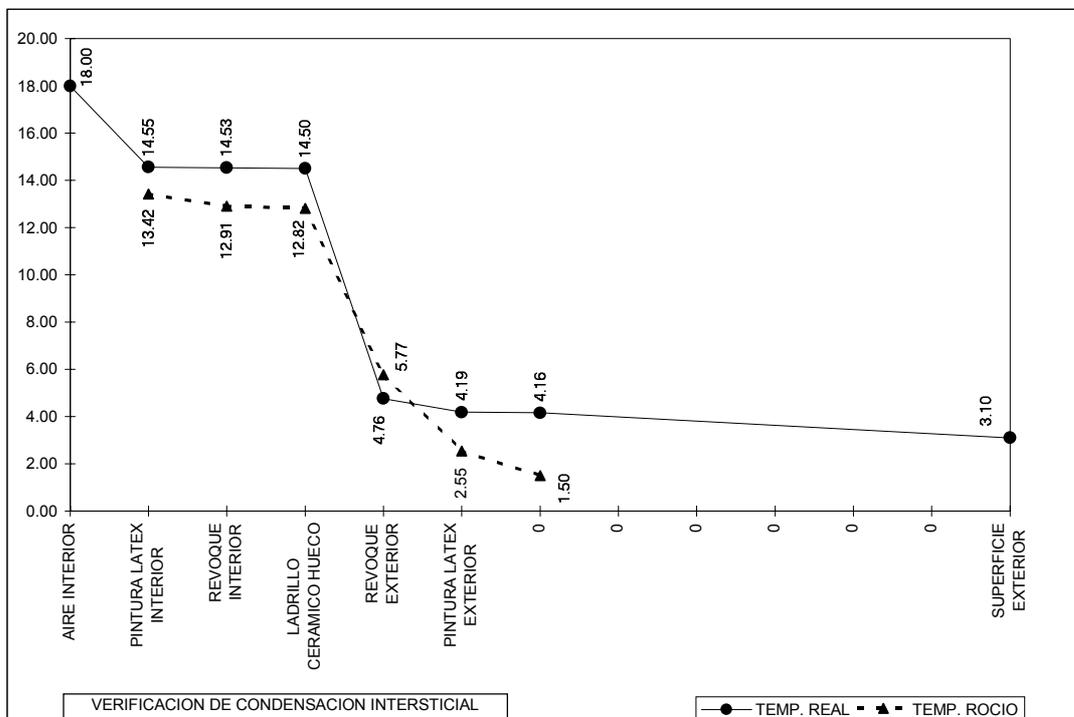


Figura 13. Gráfica de temperatura (salida del programa) para verificación de riesgo de condensación en muro

Estos análisis computacionales nos muestran el poco margen de límite que tiene el comportamiento de estos cerramientos exteriores en relación a los problemas de condensación para el clima local, el que si bien no presenta temperaturas invernales

extremas (temperaturas menores a 0°C son de ocurrencia poco frecuente), el tipo de cerramiento y los materiales usados hacen que el paramento no resulte adecuado al cambiar un grado mínimo las condiciones de cálculo, es decir que el “buen comportamiento” de los mismos se desempeña en un rango muy limitado por lo cual lo podemos definir como “frágil” frente a las condiciones climáticas locales.

#### Transmitancia térmica

En la Tabla 2 se presentan los valores de coeficiente obtenidos para los paramentos analizados y los máximos admisibles según Norma IRAM 11.605, 1996.

San Miguel de Tucumán. Zona Bioclimática II b Norma IRAM 11.603												
Comparación de los valores de K por elemento, KMP y K de norma ( Wm <sup>2</sup> K), IRAM 11.605, 1996												
Muro N°	K Muro	K Viga	K Colum.	K Puerta	K Vent.	KMP Ver - Inv	Niveles de K máx. admisible verano			Niveles de K máx. admisible invierno		
							Nivel C= 1,80	Nivel B= 1,10	Nivel A= 0,45	Nivel C= 1,85	Nivel B= 1,00	Nivel A= 0,38
Muro 1	1,72	3,12	2,88	2,28	5,00	2,45	No	No	No	No	No	No
Muro 2	1,72	3,12	2,88			1,98	No	No	No	No	No	No
Muro 3	1,72	3,12	2,88	5,88	5,00	2,88	No	No	No	No	No	No
Muro 4	2,64	3,12			5,00	3,31	No	No	No	No	No	No
Muro 5	2,64			5,88		3,39	No	No	No	No	No	No
Muro 6	2,64	3,12				2,68	No	No	No	No	No	No
Muro 7	1,72	3,12			5,00	3,49	No	No	No	No	No	No
Muro 8	1,72	3,12	2,88			1,98	No	No	No	No	No	No

Cubierta		K máx. admisible		
KMPver.	KMPinv.	C= 0,72	B= 0,45	A= 0,18
0,89	0,95	Si	No	No

Tabla 2. Valores de Transmitancia térmica para la envolvente del caso analizado

Vemos que según los resultados obtenidos en los análisis computacionales el único elemento de la envolvente exterior que cumple con la Norma es la cubierta, para el valor mínimo de K máximo admisible (nivel C). En el caso de los muros, si consideramos los valores del coeficiente ponderado (KMP), vemos que ninguno de ellos llega a cumplir ni siquiera con los valores de niveles mínimos establecidos por la Norma.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT				
CALCULO Y VERIFICACION DEL K MEDIO PONDERADO				
PARAMENTO:		Muro Ladrillo Hueco, Estructura H°A°, Ventanas con celosía y Puerta Placa (MURO 1)		
INGRESE VALOR=0 EN SUPERF. SI NO CONSIDERA ALGUN ELEMENTO				
ELEMENTO	DENOMINACION	SUPERF. m2	K VER. W/m2K	K INV. W/m2K
PLANILLA 1	Muro Ladrillo hueco ambas caras revocadas	17.10	1.72	1.72
PLANILLA 2	Vigas de Hormigón Armado (exterior pintado a la vista)	3.33	3.12	3.12
PLANILLA 3	Columnas de Hormigón Armado (ambas caras revocadas)	2.09	2.88	2.88
PLANILLA 4	Puerta maciza P1	1.85	2.28	2.28
VENTANAS 1-2-3	De vidrio común simple, cortinas interiores y celosía metálica (abierta)	3.78	5.00	5.00
<b>K MEDIO PONDERADO:</b>			<b>2.45</b>	<b>2.45</b>
<b>INVIERNO</b>			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			1.85	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			1.00	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.38	NO
<b>VERANO</b>			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			1.80	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			1.10	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.45	NO
<b>VERANO CONSIDERANDO COLOR (PONDERADO)</b>			VALOR	
VERIFICA K MINIMO (SI/NO)			1.80	NO
VERIFICA K RECOMENDADO (SI/NO)			1.10	NO
VERIFICA K ECOLOGICO (SI/NO)			0.45	NO

Figura 14. Planilla de cálculo de K medio ponderado (salida del programa CEEMAKMP.xls)

Si sólo se tomara en cuenta el valor de transmitancia térmica del muro (K), el componente de mayor superficie en todos los paramentos verticales, todos ellos verificarían al menos con el valor mínimo de norma. Pero al considerar la composición real del cerramiento y combinar el comportamiento de los elementos de H°A° como también el de las aberturas (puertas y ventanas), los valores globales de transmitancia térmica para los paramentos verticales aumentan muy por sobre los valores máximos admisibles por norma en los tres niveles considerados. Vemos también que los valores de transmitancia térmica para los puentes térmicos, vigas y columnas de H°A°, resultan muy altos y tampoco cumplen con las disposiciones de Norma. Resulta claro que aunque los puentes térmicos no tienen una superficie muy significativa en relación a la superficie total de los respectivos paramentos, su influencia es muy importante debido al alto coeficiente de transmitancia térmica propio.

Con los resultados obtenidos también podemos analizar la influencia de las aberturas en el valor del coeficiente K medio ponderado ya que, como podemos comparar, los valores más bajos de transmitancia térmica se obtienen para los muros M2 y M8 que no poseen aberturas. (ver Figura 15)

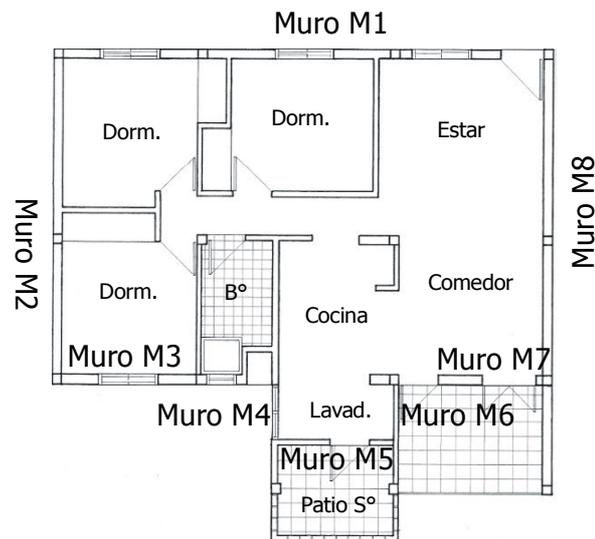


Figura 15. Identificación de muros en el prototipo analizado

**CONCLUSIONES:** De los análisis realizados podemos concluir que para tener una correcta apreciación del comportamiento térmico de un cerramiento no basta con tener en cuenta el coeficiente de transmitancia térmica del componente más importante, como tampoco es suficiente considerar como valor máximo admisible de coeficiente para los puentes térmicos un porcentaje de los valores de muro y no tener en cuenta la influencia de las aberturas, puertas o ventanas, en el comportamiento global del paramento.

Estas son consideraciones que los diseñadores y las reglamentaciones para licitación de obras por parte de organismos del Estado deberían tener en cuenta, ya que los cerramientos exteriores no están constituidos por un solo componente, por lo cual no es correcto considerar para la verificación de los valores de K el material de mayor superficie, sin tener en cuenta la influencia del resto, que aunque de poca superficie, como la estructura de hormigón, presentan valores de transmitancia térmica muy elevados por lo que tienen gran influencia en el comportamiento final del paramento.

Por ello la consideración de un valor de coeficiente de transmitancia térmica medio ponderado resulta ser lo más adecuado para describir con mayor precisión el comportamiento de un cerramiento no homogéneo.

Estas consideraciones también son relevantes teniendo en cuenta que los usuarios de esta viviendas no cuentan, como ya vimos, con un nivel económico que les permita enfrentar un plan de mantenimiento y reparación adecuados de estas edificaciones, especialmente en un clima cálido húmedo como el nuestro donde la presencia de humedad de todo tipo afecta seriamente a las materiales de construcción.

Por las causas expuestas, el prevenir y postergar el deterioro de las mismas en el tiempo, lo más largo posible, es una necesidad de primer orden a tener en cuenta en los planes de vivienda masiva, lo que se logra con normas más estrictas y ajustadas a la realidad de nuestro medio climático, así como con controles adecuados de calidad tanto de materiales como de ejecución.

**ABSTRACT:** This work summarises the results of some studies developed for the thesis “Proposal for development of clustered housing prototypes and optimisation of energy costs for interior comfort” (Gonzalo et. al., 1995). The general objective of the present work, consists of the proposal of guidance concepts to orient designers within the public agencies. It is the main goal to provide such guidance in developing prototypes adapted to local climate conditions, as well as, its typology and function, being the ultimate goal a reduction in energy performance costs in order to satisfy appropriate comfort levels in public housing initiatives.

This work summarises as well, results of on-site take-offs, surveys and corresponding energy performance analyses carried out on the envelope of the mentioned examples.

## REFERENCIAS

Gonzalo, G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. (2000). Habitabilidad en Edificios. Propuesta de Normas para Tucumán. Ediciones Santamarina, Tucumán.

INDEC (1996). <http://www.indec.mecon.gov.ar/default.htm>

Gonzalo G.E, Ledesma S.L., Martinez C.F., Nota V.M. (1995). “Auditoria energética y utilización de fuentes no convencionales de energía en la edificación”. XVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar, San Luis, Argentina, 24 al 27 de Octubre.