

COMPARACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO PARA ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO EN VIVIENDA SOCIAL DE DISTINTOS PERÍODOS EN CÓRDOBA.

Silvina Angiolini¹, Ana Pacharoni¹, Gabriela Sánchez¹, Marta Bracco²,
FAUD, facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Córdoba,
Av. Velez Sarsfield 264, Córdoba, tel: 54-351-4332096, fax: int. 133.
e-mail: mbracco@arnet.com.ar - www.faudi.unc.edu.ar.

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue demostrar que actualmente se necesita mayor gasto energético para lograr confort en invierno, comparando viviendas de interés social de distintos períodos históricos en Córdoba, por haberse producido una transformación importante de la envolvente arquitectónica. Se realizó el relevamiento de viviendas tipo en dos planes de interés social, uno actual y otro de 1926. Se evaluó el comportamiento higrotérmico de las envolventes, utilizando un programa computacional para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica. Tomando como modelo el diseño de la vivienda actual, se calculó la carga térmica anual con los dos sistemas constructivos, determinando el gasto de energía no renovable para lograr el confort en invierno. Los resultados obtenidos establecen un gasto energético 31% superior con la tecnología actual. Las conclusiones establecen una disminución en las prestaciones de las envolventes en relación al confort, incrementando el consumo energético y originando una diversidad de patologías futuras.

Palabras clave: vivienda social, gasto energético, envolvente, confort.

INTRODUCCION

Se trabajó a partir del análisis de conjuntos de vivienda de interés social, realizadas por el Estado Provincial, con el fin de erradicar asentamientos marginales.- A tal fin se eligió dos conjuntos de viviendas construidas en la ciudad de Córdoba, uno de principios del siglo XX (1920 a 1926) y otro actual, año 2005. Ambos conjuntos se encuentran ubicados en la zona Sur de la ciudad de Córdoba, localidad de clima templado cálido húmedo, zona IIIa, según normas IRAM 11603-1996. Vista la importancia del comportamiento higrotérmico de las envolventes, laterales y superiores, en el acondicionamiento interior; se analizó los distintos sistemas constructivos a fin de poder comparar el gasto energético para lograr el confort térmico de invierno, a partir del resultado de cada una de ellas.

DESARROLLO

Córdoba, ubicada a los 31,3 ° de Latitud Sur y a los 64,2 ° de Longitud O y con una altura sobre el nivel del mar de 425 m, posee un clima de estaciones bien marcadas, cálidas húmedas y frías secas.- Los veranos son calurosos y húmedos, con temperaturas máximas medias que superan los 30°C y mínimas medias de 17°C (IRAM 11603:1996), con una temperatura máxima extrema de 39°C en Noviembre.- La diferencia térmica diaria es muy importante, considerándose una característica del clima local. La estación lluviosa coincide con la época cálida, siendo de 581,2 mm la precipitación entre los meses de Nov-Dic- Ene y Feb. En diciembre contamos con una heliofania relativa alta, 66,9 %. Los meses cálidos poseen un bajo porcentaje de días con vientos fuertes, entre el 16% y el 24%. La frecuencia que notoriamente se destaca es la NE, son vientos cálidos con una velocidad aproximada de 17 km/h. En el período frío (considerando Junio, Julio y Agosto) las temperaturas media oscilan entre 5°C la mínima media y 19,1°C la máxima media (IRAM 11603:1996), con una temperatura mínima extrema de -5,2 °C en Julio.- La diferencia térmica diaria es importante, como así también los días claros, donde el aprovechamiento solar es óptimo, siendo el 27,66% en junio y 40,66% en julio y 43,66% en agosto.- Es una estación netamente seca, con 14,13 mm de precipitaciones promedio para los meses mencionados.- En los meses fríos hay alrededor de un 20% de días con vientos fuertes, incrementándose abruptamente en agosto. La frecuencia que notoriamente se destaca es la N, son vientos cálidos y secos, con una velocidad aproximada de 16 km/h. Posteriormente las frecuencias siguientes, son la NE, velocidad aproximada de 20 km/h y la Sur, vientos fríos con una velocidad aproximada de 16 km/h.

Se exponen los resultados del análisis higrotérmico realizado a las envolventes exteriores de los dos casos analizados; difieren ambos en los sistemas constructivos empleados.

El sistema constructivo utilizado en las viviendas del barrio obrero Kronfuss - Caso 1- (*fig.1*) es: como envolvente lateral, muros portantes de mampostería de ladrillos comunes de 0.30m con terminaciones exterior e interior de revoque grueso y fino a la cal, con un espesor final de 0.34m. (*fig.2*). La carpintería consiste en aberturas de madera maciza con vidrios repartidos con protección interna de postigos de madera. La envolvente superior es un techo horizontal, compuesto por vigas

¹ Arquitectas, docentes, FAUD.- U.N.C. - ² Arquitecta, profesora titular, FAUD.- U.N.C.

y alfajias de madera, ladrillo común con capa de compresión, relleno de pendiente y cubierta de bovedillas, en el interior cámara de aire y cielorraso de tela suspendida.(fig3)

El sistema constructivo utilizado en las viviendas del barrio Ciudad Evita -Caso 2- (fig.4) es: como envolvente lateral, muros portantes de bloque hueco cementicio de 0.19m de espesor, sin revoque interior ni exterior, la terminación es pintura. (fig.5).

La carpintería consiste en puertas exteriores con marco y hoja de chapa doblada, las ventanas, cuyas dimensiones son 1.20m de ancho y 0.90m de alto, con marco y hojas de abrir de chapa doblada y vidrio simple, posee postigones de abrir de chapa doblada. La envolvente superior está formada por paneles prefabricados autoportantes de Hormigón Armado de 0.04m. de espesor con nervios perimetrales y centrales de 0.12m. Estos techos no llevan capa de compresión, los paneles están apoyados sobre los muros y unidos entre sí por soldadura entre sus armaduras. Sobre el techo se colocó directamente membrana asfáltica de 4 mm y luego sombrilla cerámica de 0.12m. (fig.6)



Fig.1.: tipología de vivienda B° Obrero Kronfuss – caso 1



Fig.4: tipología de vivienda B° Ciudad Evita – caso 2

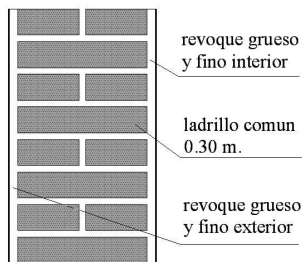


Fig.2: corte de muro de ladrillo común revocado- caso 1

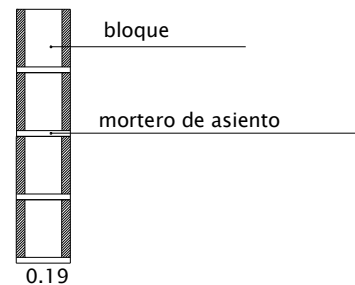


Fig.5: corte de muro de bloque cementicio hueco, sin revoques, caso 2.

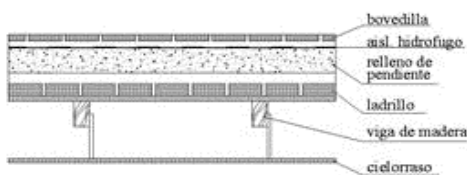


Fig.3: Detalle de techo- caso 1

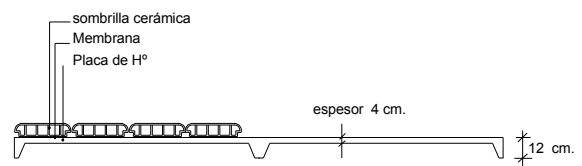


Fig.6: Detalle de techo- caso 2

METODOLOGIA

- a- Se realizó el relevamiento de la vivienda tipo en cada plan de vivienda (Barrio Kronfuss, Ciudad Evita).
- b- Se tomó como modelo de comparación la vivienda tipo del plan Ciudad Evita - caso 2. La tipología empleada se repite en forma de espejo para todos los lotes del mismo barrio. La misma tiene una superficie cubierta aproximada de 50 m² y 130 m³ de volumen a calefaccionar, se desarrolla en planta baja. (Fig. 7)

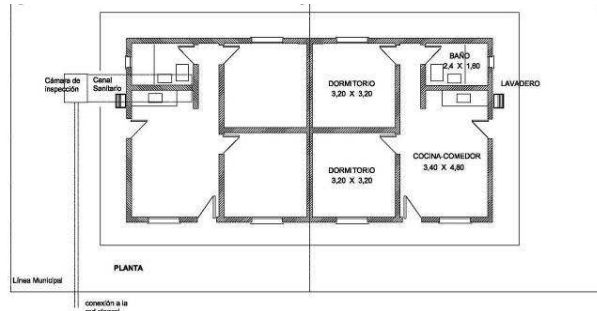


Fig. 7: Planta apareada en espejo

- c- Se consideró la vivienda de la siguiente forma: Con el sistema constructivo del Barrio Kronfuss y luego con su sistema constructivo original.
- d- Se realizó para ambos casos, simulaciones y cálculos teóricos:

1) Análisis Térmico: el coeficiente K de transmitancia térmica de los distintos elementos componentes del cerramiento exterior, tanto para envolventes verticales como para envolventes horizontales, con el programa de computación (Gonzalo, 2003) basado en el procedimiento establecido por normas IRAM. Se compararon los resultados con los tres niveles de confort establecidos: mínimo (C), medio (B) y recomendado (A), (IRAM 11605: 1996).

2) Riesgo de Condensación: A su vez, para completar el comportamiento higrotérmico de la envolvente lateral, se verificó el riesgo de condensación superficial e intersticial, en ambos casos, con el programa de computación (Gonzalo, 2003). Se verificó si estas se producen, debido a que atentan a las condiciones de habitabilidad y salubridad, como a la durabilidad de los materiales que componen las envolventes, ya que provocan el deterioro en las mismas y disminuye su capacidad térmica.

3) Coefficiente volumétrico de pérdidas de calor (Gcal): el valor de este coeficiente se calcula teniendo en cuenta los valores de K de todos los componentes de las envolventes (muros, techos, y cerramientos no opacos), las áreas de cada uno de los mismos, el volumen interior de la vivienda a calefaccionar, y las renovaciones de aire del edificio. (IRAM 11604: 2001)

4) Carga Térmica Anual: Se tomó la tipología actual, Caso 2, vivienda Ciudad Evita; y se realizó la CARGA TÉRMICA ANUAL de la vivienda calefaccionada, durante todo el periodo frío, con los dos tipos de sistemas constructivos analizados, para establecer comparaciones en el comportamiento de las envolventes ante la situación de confort para el invierno, periodo en que se registra la mayor demanda de energía para acondicionar térmicamente en el clima de la ciudad de Córdoba, en este sector social.

Se empleó la fórmula para **CARGA TERMICA ANUAL** basada en la Norma IRAM (11604: 2001) que posibilita estimar el ahorro derivado de las mejoras sobre las características térmicas de los edificios.

$$Q = 24 \cdot \text{°D} \cdot Gcal \cdot V \cdot \frac{1}{1000} \quad (1)$$

Siendo:

Q: carga térmica de calefacción, en kilowatt hora.

24: el tiempo de calefacción por día en horas.

°D: los grados días de calefacción anual, obtenidos de la Norma IRAM 11603, en grados Celsius.

Gcal: el coeficiente volumétrico de pérdida de calor del edificio vivienda calefaccionado, en watt por metro cúbico Kelvin. El mismo tiene en cuenta las pérdidas de calor a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos-no opacos) más las pérdidas por renovación de aire de los locales de la vivienda calefaccionada.

V: el volumen interior del edificio vivienda calefaccionado, en metros cúbicos.

Loa análisis se realizaron para una temperatura base de calefacción de 18°C, siendo este el valor mínimo permitido por norma (11604:2001– 4.2.2 – 6.7.1)

Siendo la energía eléctrica el medio disponible en las clases de nivel socio económico bajas, debido a la falta de poder adquisitivo para costear la instalación interna de la red de gas natural, y/ o la ausencia de redes de gas natural próxima a las viviendas debido a su situación geográfica casi en el límite del ejido urbano, por último se calcula el costo de calefacción anual derivada del uso de energía eléctrica, suministrada por la empresa provincial de energía de Córdoba, según costo neto actual del Kwh para vivienda unifamiliar año 2007. (Martínez 2005).

Se compararon los consumos de energía eléctrica para calefacción, tomando un periodo de 50 años, que es aproximadamente el tiempo de vida útil de una vivienda en el mercado inmobiliario, aunque está demostrado que para el primer ejemplo ya supera los 80 años.

La norma IRAM (11605:1996) establece tres niveles diferentes de confort higrotérmico de invierno y verano en grado decreciente: Nivel A recomendado, Nivel B medio, Nivel C mínimo. Para la condición de invierno los valores máximos admisibles de transmitancia térmica que deben cumplir los muros y techos para los tres niveles prescriptos, son los indicados por la norma IRAM citada, en función de la temperatura exterior de diseño de la localidad en la que se encuentra emplazada la vivienda. Esta temperatura se haya establecida en la Norma IRAM 11603, adoptando para Córdoba una temperatura exterior de diseño de 0° C para invierno. (tabla1). A nivel provincial toda obra pública debe cumplir con el nivel C: mínimo. Los resultados de los cálculos de K para cada caso se verifican con los que establece la norma para Córdoba, verano e invierno.

CORDOBA CAPITAL Zona Bioclimática IIIa						
Valores de Transmitancia Térmica K W/m2 .K						
	VERANO			INVIERNO		
	Mínimo	Medio	Recomendado	Mínimo	Medio	Recomendado
MUROS	C	B	A	C	B	A
	2	1,25	0,5	1,85	1	0,38
TECHOS	0,76	0,48	0,19	1	0,83	0,32

Tabla 1: valores de Transmitancia Térmica por norma para Córdoba capital

RESULTADOS:

Para el caso 1 verifica solo el muro el nivel mínimo C, tanto verano como para invierno, no verificando ni el nivel medio B, ni el recomendado A, para ninguna de las dos estaciones. El techo VERIFICA sólo el nivel mínimo C para invierno, no verificando ni el nivel medio B, ni el recomendado A, para ninguna de las dos estaciones.

Para el caso 2 la situación es mucho más desfavorable ya que no verifica en ninguna situación, ni de verano ni de invierno. (Tabla 2)

CASO1	K cálculo	C	VERANO B	A	C	INVIERNO B	A
MURO	1,69	SI verifica	NO verifica	NO verifica	SI verifica	NO verifica	NO verifica
TECHO	0,93	NO verifica	NO verifica	NO verifica	SI verifica	NO verifica	NO verifica
PUERTA	2,4	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica
VENTANA	2,95	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica
CASO 2	K cálculo	C	B	A	C	B	A
MURO	2,12	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica
TECHO	4,8	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica
PUERTA	3,5	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica
VENTANA	1,81	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica	NO verifica

Tabla 2: Valores de transmitancia térmica de los elementos de las envolventes exteriores analizados y verificación con los valores de Norma.

RIESGO DE CONDENSACION SUPERFICIAL E INTERSTICIAL

Para Riesgo de Condensación en el caso 1 el muro no condensa ni superficial ni intersticialmente, mientras que para el muro del caso 2 condensa superficialmente a los 13.42°C. (Tabla 3), Fig. 8 y 9.

CASO	ENVOLVENTE	CONDENSACIÓN INTERSTICIAL	CONDENSACION SUPERFICIAL
CASO 1	MURO	NO CONDENSA	NO CONDENSA
CASO 2	MURO	NO CONDENSA	SI CONDENSA

Tabla 3: verificación de la condensación intersticial y superficial de muros.

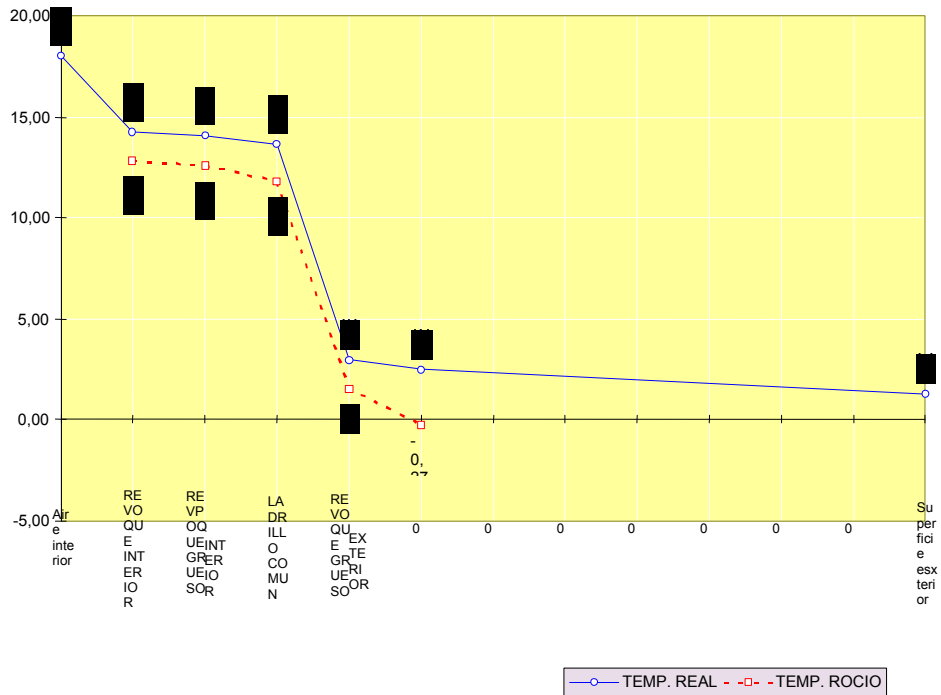


Fig.8: Gráfico de verificación de condensación en muro- caso 1: tipología B° Obrero Kronfuss.

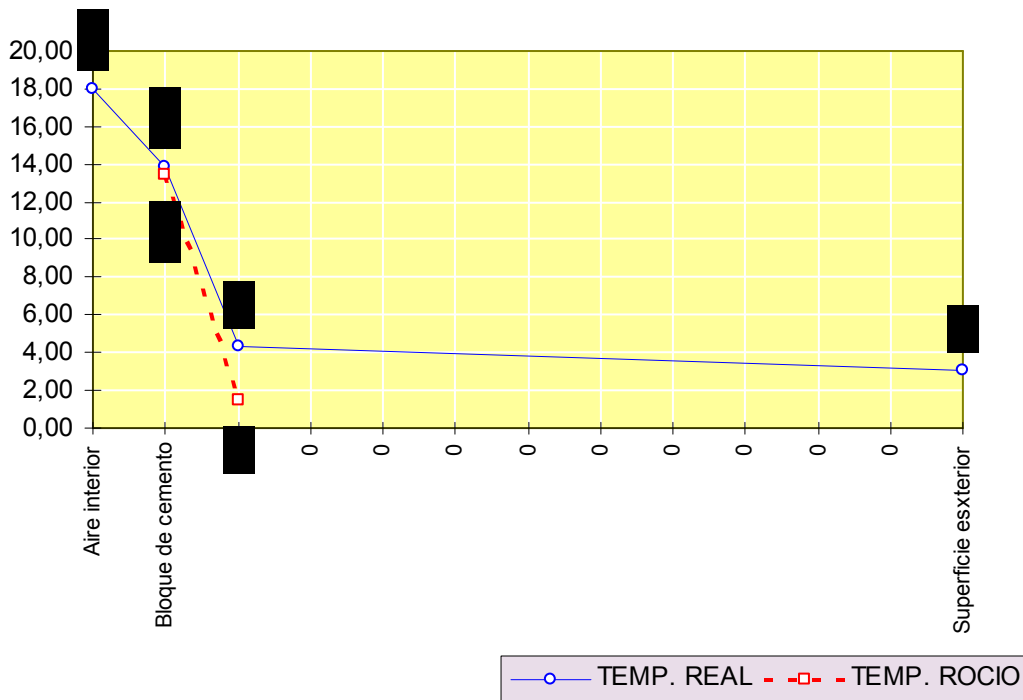


Fig.9: Gráfico de verificación de condensación en muro- caso 2: tipología Ciudad Evita.

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE PÉRDIDAS DE CALOR

Se puede observar que el coeficiente G_{cal} , es aproximadamente un 44% mayor en caso 2: tipología Ciudad Evita que en el caso 1, tipología de barrio Kronfuss.

CASO 1: **1,88** W.m³.kelvin

CASO 2: **2,70** W.m³.kelvin

CONSUMO DE ENERGIA

Para el caso 1 el consumo de energía anual para calefacción es menor y consecuentemente el del período de 50 años también, mientras que el consumo eléctrico para calefacción en el caso 2 es casi un 31% mayor al anterior. (Tabla 4)

	CONSUMO ANUAL Kwh	COSTO ENERGÍA ELECTRICA ANUAL \$	COSTO ENERGIA ELECTRICA 50 AÑOS \$	INCREMENTO %
CASO 1	4134,5	826,9	41345	-
CASO 2	5922,1	1184,4	59220	31

Tabla 4: consumos energéticos y costos de acondicionamiento artificial para los casos analizados.

CONCLUSIONES:

La construcción de viviendas, tanto en obras públicas como privadas, no tiene en cuenta la adecuación de las envolventes al clima del lugar, lo que trae aparejado un alto costo energético para el acondicionamiento ambiental interno.- Si consideramos que estas viviendas de interés social están destinadas a usuarios de bajo poder adquisitivo, se acentúa el problema ya que estos usuarios no están en condiciones económicas de afrontar el gasto de acondicionamiento.

De los estudios realizados para ambos sistemas constructivos, separados en el tiempo por un período de 80 años, en el cuál hubo grandes cambios en los materiales, en las técnicas, y en las exigencias de confort, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

-En relación a la envolvente: se modifican los materiales, espesores y capas que conforman la envolvente exterior. En relación a la envolvente lateral se deja de utilizar el mampuesto macizo, por bloque hueco cementicio, más económico y más rápido en la ejecución, pero con mal comportamiento térmico. En cuanto a los espesores se pasa de una envolvente de 0.34m de espesor final con revoques, a una de 0.19m, sin revoques ni aislaciones, lo que significa una reducción del espesor de un 40%, y la envolvente de estar conformada por cinco capas de diferentes materiales donde cada uno aporta a la mejora de su comportamiento, a una única capa de material y con puente térmico, dando como resultado final una envolvente no apta para ser utilizada en Córdoba. Según investigaciones (Volantino-2006) ésta misma envolvente con el agregado de un material aislante térmico convencional de conductividad térmica media (poliestireno expandido), revoque hidrófugo monocapa exterior y revoque monocapa interior, se logra una muy baja transmitancia térmica, confort, y ahorro energético

En la envolvente horizontal, también se produce una importante reducción del número de capas, en el caso 1: conformada por bovedilla, mortero de asiento, relleno de pendiente, capa de compresión, ladrillos, cámara de aire y cielorraso (7 capas). En el caso 2: conformada por sombrilla cerámica, membrana asfáltica, y placa de hormigón (3 capas).

-En relación al mantenimiento y deterioro de la envolvente: al reducirse las capas y los espesores, aparece la condensación superficial, que no sólo empeorará la capacidad térmica del muro, sino que producirá insalubridad y deterioro progresivo de los materiales, disminuyendo la vida útil de la construcción y exigiendo mayores gastos de mantenimiento.

-En relación a los niveles de confort: a pesar de que con el tiempo se han elevado sus requerimientos, las soluciones adoptadas en la actualidad son menos eficientes que las de principios del siglo XX, lo que trae como consecuencia una mayor demanda de energía, llegando en este caso a un 30% más para los mismos niveles de confort.

-En relación a las políticas de Estado: finalmente concluimos en políticas contradictorias que se ocupan del déficit habitacional con planes de viviendas de muy baja calidad en sus envolventes, que no cumplen con las condiciones mínimas de confort higrotérmico establecidos por Norma IRAM, dejando en manos de un usuario con carencias económicas, la climatización mediante energías convencionales de su vivienda lo que genera un elevado consumo energético con consecuencias negativas para el propietario como para la sociedad en general.

-En relación a la actual crisis energética: no se evidencia compromiso por parte del estado para educar en un uso racional de la energía, ni para el aprovechamiento de los recursos naturales, desde el uso de sistemas pasivos hasta la implementación de energías alternativas renovables.

REFERENCIAS:

- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996) Norma 11603 Acondicionamiento Térmico en edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996) Norma 11605 Acondicionamiento Térmico en edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2001) Norma 11604 Aislamiento térmico en edificios
- Gonzalo, Guillermo. (2003) Manual de arquitectura bioclimática, 2º edición. CP 67, Buenos Aires.
- Gonzalo, Guillermo. CEEMAKMP y CEEMACON, Programas de computación de verificación del coeficiente de transmisión térmica (K) del elemento y el riesgo de condensación superficial e intersticial

- Lambertucci, Rogelio et al. (2005). Evaluación de la Eficiencia energética en edificios en la ciudad de Córdoba. 1º Etapa: evaluación y sistematización de metodologías de análisis de diferentes variables del confort. Un caso testigo: Hospital Pediátrico del Niño Jesús. FAUD. UNC.
- Lambertucci, Rogelio et al. (2006-2007)). Evaluación de la Eficiencia energética en edificios en la ciudad de Córdoba. 2º Etapa: evaluación y comparación del comportamiento energético de diferentes tipos constructivos de envolvente de viviendas y escuelas de la Ciudad de Córdoba, en relación al costo de producción. FAUD. UNC.
- Tarán, Marina E. L. (1977) Primer barrio obrero de Córdoba- Documento de arquitectura nacional y americana N° 7 – 1979.
- Martínez C. (2005).Comportamiento térmico – energético de envolvente de vivienda en S.M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. Revista avances en Energías renovables y Medio Ambiente, vol. 9, 2005
- Cecon G. (2004)-Vivienda INTI, calidad y función social –www.inti.gov.ar
- Volantino V. (2007)- Eficiencia energética en construcciones – www.inti.gov.ar

ABSTRACT

The objective of this work is to show that nowadays more energy expenditure is needed to get comfort in winter, since architectural enveloping has undergone important changes. This research is carried out comparing social welfare housing plans from different historical periods in Cordoba. A survey on standard dwellings has been performed in two social welfare plans: a present one and one dating from 1926. The hygrothermal behavior of the enveloping was evaluated using a computing program for the calculation of the thermal transmittance coefficient. Taking the design of the present dwelling as a model, the annual thermal load was calculated with the two constructive systems, determining the non-renewable energy expenditure to obtain comfort in winter. The results achieved show that energy expenditure is 31% higher with the present technology. Conclusions refer to a reduction of enveloping performance in relation to comfort, increasing energy consumption and producing a diversity of future pathologies.

Keywords: Social dwellings, energy expenditure, enveloping, comfort.