

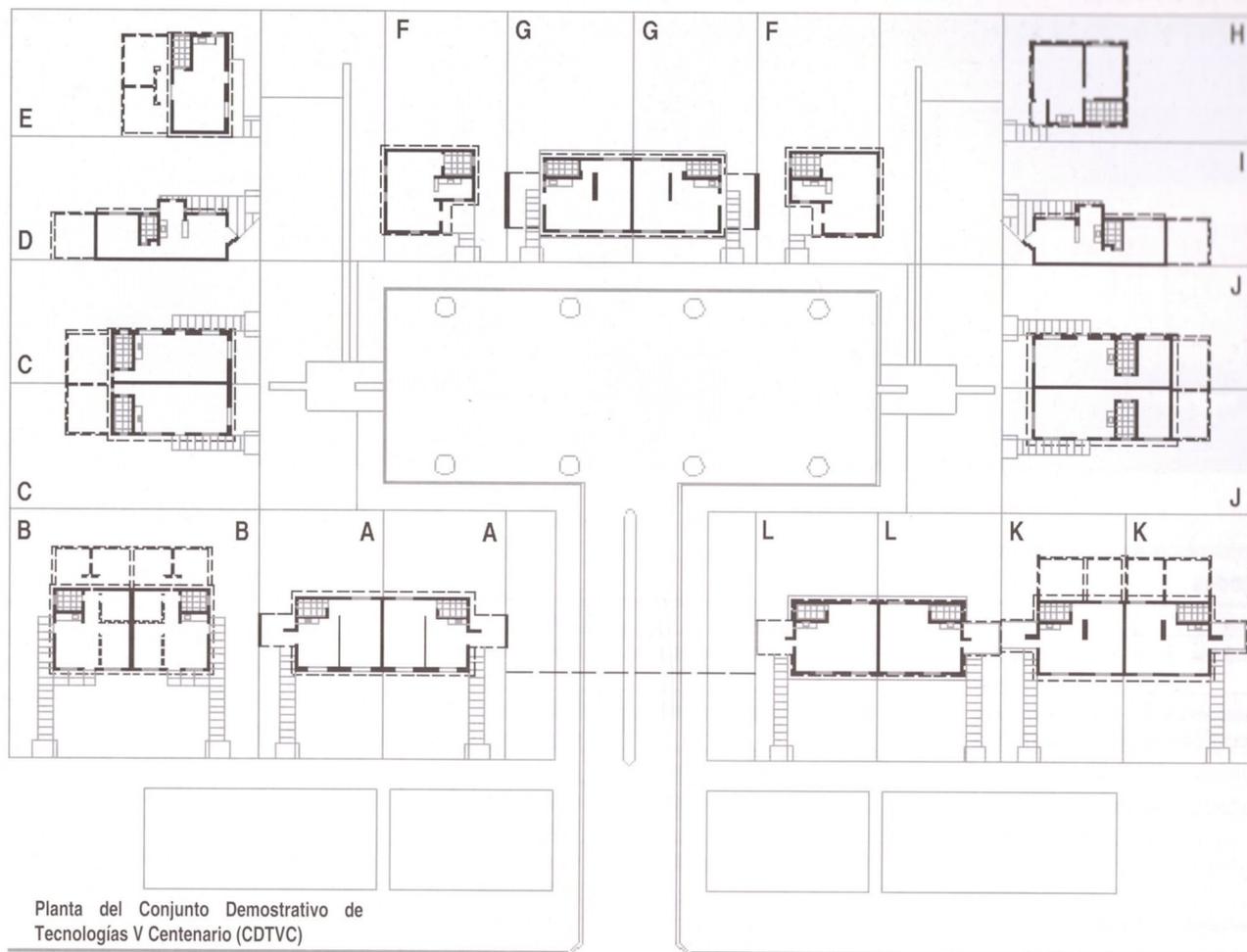
TECNOLOGÍAS

¿Aumentar la producción o limitar la demanda?

EL USO EFICIENTE COMO AHORRO DE ENERGÍA

Alicia Mimbacas*

** Taller de Construcción, Cátedra de Construcción
III y IV, Posgrado en Construcción de Obras de
Arquitectura, Facultad de Arquitectura UdelaR*



1. Introducción

Uruguay carece de reservas de petróleo y ha logrado el aprovechamiento prácticamente total del recurso hidroeléctrico. Esta situación ha llevado a que se planteen alternativas al suministro de energía, como puede ser la compra a países vecinos o bien la utilización de fuentes de energías renovables (LOPEZ Y CATALDO, 1993; CATALDO Y NUNES, 1996). En estas condiciones se debe considerar el ahorro y uso eficiente de la energía como un recurso energético más. Varios países han implantado con éxito medidas de uso eficiente de la energía, como por ejemplo los Es-

tados Unidos y México. En la región, Brasil discute la certificación energética de las viviendas.

Este trabajo se propone evaluar el potencial de ahorro energético que se obtendría en el Conjunto Demostrativo de Tecnologías V Centenario (CDTVC), implementándose mejoras en la calidad térmica de los cerramientos opacos, estudiándose la relación costo-beneficio de las soluciones constructivas propuestas. Este enfoque se enmarca dentro de los objetivos de la Cátedra de Construcción III en cuanto al estudio de la aplicación de sistemas constructivos no tradicionales para viviendas de interés social.

2. Antecedentes

Investigadores nacionales, pioneros en el estudio de la adecuación del diseño arquitectónico a las variables climáticas (RIVERO, 1986; AROZTEGUI, 1993) abrieron el camino para comprender el potencial de ahorro energético que poseen las decisiones de diseño en los proyectos arquitectónicos.

En el año 1996, a instancias del Arq. Miguel Aroztegui, se fomentó en el ámbito del Ministerio de Industria, Energía y Minería, la necesidad de la búsqueda de definición de criterios de eficiencia



Tabla 1. Descripción de los sistemas constructivos empleados

Tipo	Muros	Techos	Tipo	Muros	Techos
A	Hormigón celular	Chapas de fibrocemento	G	Hormigón cavernoso	Hormigón en sitio
B	Mampuestos cerámicos huecos	Bovedillas cerámicas	H	Hormigón prefabricado	Bovedillas cerámicas
C	Hormigón prefabricado	Hormigón en sitio	I	Losetas cerámicas	Losetas cerámicas
D	Mortero proyectado	Hormigón en sitio	J	Hormigón prefabricado	Chapas de fibrocemento
E	Mortero inyectado	Chapas de fibrocemento	K	Hormigón prefabricado	Chapas de fibrocemento
F	Mampuestos hormigón	Tejas cerámicas	L	Mampuestos cerámicos huecos	Tejas cerámicas

energética en el ámbito de la construcción. La solicitud elevada por el referido ministerio ante UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas) promovió la constitución de un comité especializado con el objetivo de elaborar normas referidas al comportamiento térmico de los edificios.

Como resultado del trabajo de dicha comisión, se elaboraron normas relativas al tema de aislamiento térmico: definiciones, magnitudes físicas, terminología, tipo de materiales, etc. (UNIT-ISO 7345:97; UNIT-ISO 9251:96; UNIT-ISO 9346:98; UNIT-ISO 9229:97; UNIT-ISO 9288:98). Cabe destacar que estas normas no ofrecen valores admisibles de des-

empeño térmico de cerramientos; sólo se limitan a definiciones, magnitudes físicas, terminología, etc.

En el marco del Proyecto de Eficiencia Energética de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNETN), se ha constituido en UNIT un comité especializado en eficiencia energética de edificios, el cual ha aprobado la Norma UNIT PU 1028. Cálculo del coeficiente de pérdida de calor para ahorro de energía de calefacción. Este trabajo brinda subsidios para la definición de valores exigibles para el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor

El sector residencial es el responsable del 28% del consumo total de energía en el país, siendo solamente superado por el sector transporte con el 33% (DNETN, 2008). La tendencia del consumo de energía en el país es continuar aumentando (GEO 2008). El consumo energético final en el sector residencial en nuestro país en el año 2007 fue de 708 ktep (miles de toneladas equivalentes de petróleo), de las cuales el 35% corresponde a electricidad (DNETN, 2008).

Sin pretender abordar las variados y complejas variables que hacen al desempeño energético de las edificaciones, sólo abarcables con poderosas herramientas computacionales, se pretende evaluar en un estudio de caso, el potencial de ahorro de energía mediante la aplicación de las normas IRAM (argentinas). Se considera que el CDTV es un caso significativo a ser estudiado debido a que presenta variadas soluciones constructivas no tradicionales para vivienda de interés social (CYTED, 1993). Se realiza un estudio comparativo de estas tecnologías en cuanto al gasto energético necesario para mantener condiciones de confort en invierno.

3. Metodología

El CDTV es un barrio experimental promovido



por la Red Cyted XIV.2 (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), el Ministerio de Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y la Facultad de Arquitectura-UdelaR. Consta de veinte viviendas evolutivas aisladas o adosadas simétricamente, con algunas variaciones tipológicas y en él se usaron doce tecnologías constructivas diferentes (Fig. 1 y Tabla 1).

Se aplica el cuerpo normativo argentino relativo a aislamiento térmico de edificios (IRAM 11549:2002; IRAM 11601:2002; IRAM 11603:1996 e IRAM 11604:2001). Se calculan las pérdidas de calor por transmisión a través de cerramientos opacos exteriores, cerramientos no opacos, pisos y por renovación de aire por infiltración y el coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor en cada una de las unidades (G calculado) y se lo compara con el G admisible (IRAM 11604:2001). Para la obtención del coeficiente G admisible se proponen mejoras a las técnicas constructivas, colocación perimetral o total de aislamiento en pisos y/o reducción del tamaño de aberturas.

Se calcula la carga térmica de calefacción anual para mantener temperatura interna constante (fórmula 1). Para la aplicación de esta fórmula se considera: temperatura de confort de 18°C

	AREA (m ²)	VOL (m ³)	PER. (m)	MUROS		TECHOS		ABERT. (m ²)		Gcalc (W/m ³ K)	Gadm (W/m ³ K)
				Área (m ²)	U (W/m ² K)	Área (m ²)	U (W/m ² K)	P	V		
A 	27.46	83.23	16.28	40.9	2.44	30.5	2.46	1.6	4.3	3.40	2.34
B 	28.89	80.17	16.1	39.5	2.46	31.4	2.52	3.8	3.0	3.47	2.37
C 	27.05	64.94	14.71	69.1	2.56	30.9	2.85	1.5	4.1	3.94	2.52
D 	30.78	80.00	27.53	63.4	0.89	32.7	0.70	3.2	5.9	2.66	2.37
E 	26.79	65.37	21.96	47.9	1.51	31.3	0.55	5.8	3.7	3.01	2.52
F 	28.71	88.35	23.02	63.8	2.94	29.7	2.37	1.7	4.2	4.29	2.29
G 	27.36	73.64	16.20	38.3	2.42	31.8	0.58	1.7	5.9	3.02	2.44
H 	31.68	76.00	23.1	51.9	0.75	31.7	2.52	1.6	4.0	3.02	2.41
I 	30.78	80.00	27.53	63.4	1.18	32.7	1.19	3.2	5.8	3.09	2.37
J 	30.64	83.95	15.92	38.8	1.12	35.2	1.14	1.7	5.0	2.33	2.34
K 	27.65	73.96	16.32	39.5	1.23	30.9	0.86	1.9	4.1	2.39	2.33
L 	30.36	88.00	16.80	43.3	1.52	33.9	0.78	1.9	4.3	2.33	2.29

Tabla 2. Caracterización de las viviendas del CDTV

VOL.: volumen; PER.: Perímetro; ABERT.: Aberturas; P: Puertas; V: Ventanas; Gcalc.: Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor calculado; Gadm.: Id. admisible.

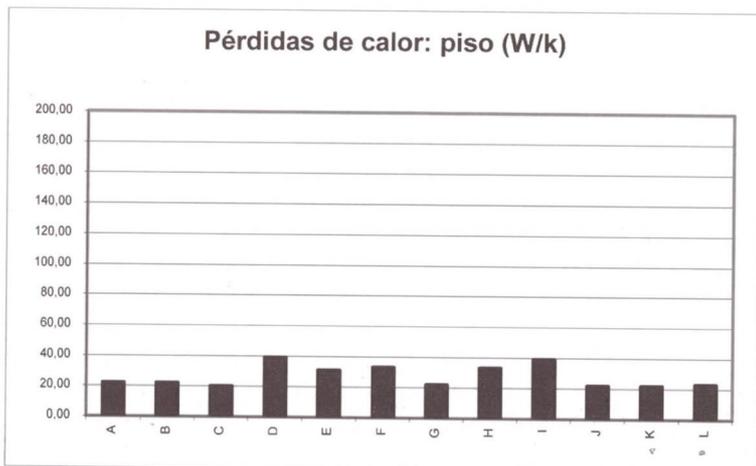
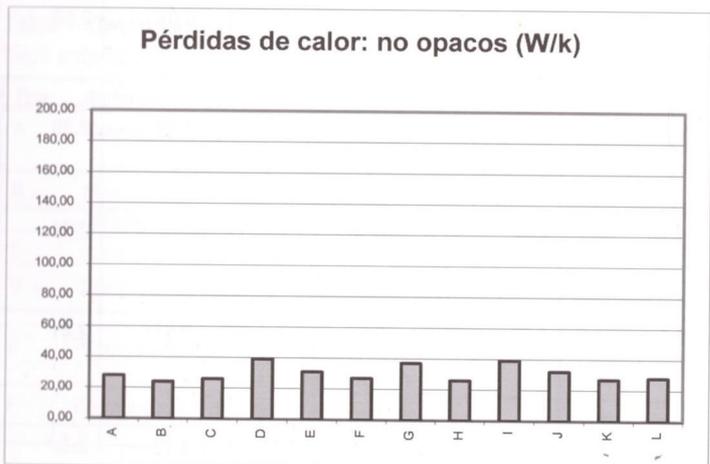
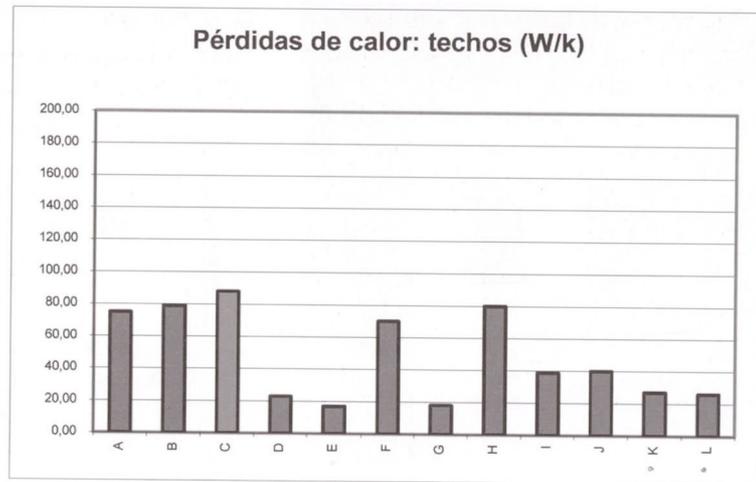
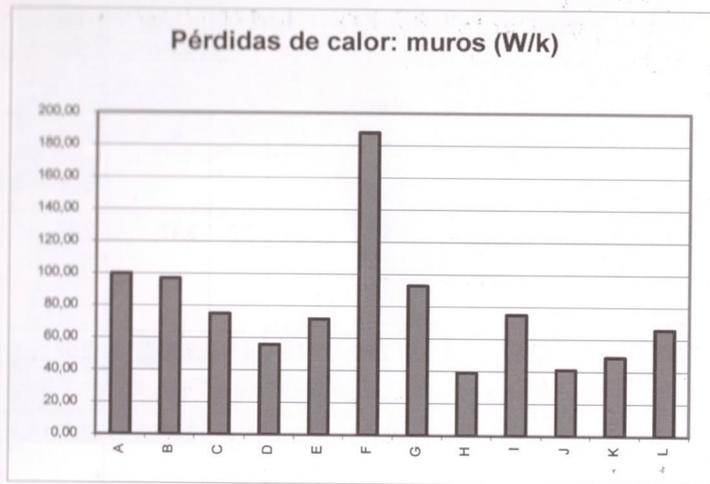


Figura 2. Pérdidas de calor de los cerramientos en los diferentes sistemas constructivos usados

(989 grados días de calefacción anual) (ARÓZ-TEGUI, 1993), el coeficiente G calculado y el mejorado. La diferencia en la carga térmica de calefacción para el coeficiente G calculado y el mejorado brinda el ahorro de energía en kWh que se obtiene disminuyendo las pérdidas de calor por los cerramientos exteriores.

$$Q=24 \text{ } ^\circ\text{D Gcal V/1000 (kWh) (1)}$$

Se determina el ahorro mensual de energía eléctrica de cada vivienda teniendo en cuenta el período frío de ocho meses en Montevideo (ET-CHEVARRIA Y RIVERO, 1991) y la tarifa resi-

dencial vigente del ente estatal suministrador de energía eléctrica. Se calcula el costo de las mejoras realizadas a los cerramientos, teniendo en consideración el costo de materiales y mano de obra. Se realiza la comparación entre el costo de las mejoras realizadas, y el costo de energía ahorrada para cada una de las viviendas y para el conjunto habitacional.

Se establece el Período de Retorno Simple de la inversión necesaria (en materiales y mano de obra) para obtener las mejoras en la calidad térmica de los cerramientos. El PRS es la cantidad de tiempo necesaria para que se recupere

la inversión sólo en función de los ahorros en la factura d consumo. En el cálculo del PRS no se toma en consideración ni la inflación ni el valor del dinero a lo largo del tiempo (CLARK, 1998). Cabe destacar que la elección de este cuerpo normativo se basa en la similitud de variables climáticas en Argentina y Uruguay. En el Uruguay, las temperaturas medias de verano oscilan entre los 21°C y 26°C, con temperaturas máximas superiores a los 30°C sólo en la zona norte del país. Las temperaturas medias en invierno oscilan entre los 10°C y 13°C, con valores mínimos medios no menores a 10°C (RIVERO, 1988). Estos valores se inscriben dentro de la zona bioambiental III Templada Cálida (Norma IRAM 11603, 1996).

4. Resultados

En la Tabla 2 se caracterizan las viviendas del conjunto demostrativo: área, volumen, perímetro, áreas de cerramientos opacos y transparentes, trasmittancias de cerramientos opacos, y se indica el coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor de las viviendas (calculado y admisible). De los doce sistemas existentes en el CDTVC, sólo uno presenta un Gcalculado menor al Gadmisible. En la Fig. 2 se indican las pérdidas de calor por los cerramientos opacos (muros y techos), aberturas y pisos

En la Tabla 3 se caracterizan sistemas constructivos representativos del CDTVC y las mejoras que se realizaron a éstos para que cumplieran con la normativa (IRAM 11604:2001). De las 18 viviendas a las que se propusieron mejoras, se les agregó: al 44% (8 de 18) aislación térmica en muros y techos; al 22% (4 de 18), aislación en el piso; al 11 % (2 de 18) aislación en muros; al 6% (1 de 18) se agregó aislación en muros y se disminuyó tamaño de aberturas; al 6% (1 de 18) se agregó aislación en piso y se disminuyó tamaño de aberturas; al 6% (1 de 18) se agregó sólo aislación en muros y al restante 6% (1 de 18) se agregó aislación en muros, techo y piso y se disminuyó el tamaño de las aberturas.

REFERENCIAS

■ CERRAMIENTO EXISTENTE
 ■ MEJORAS PROPUESTAS

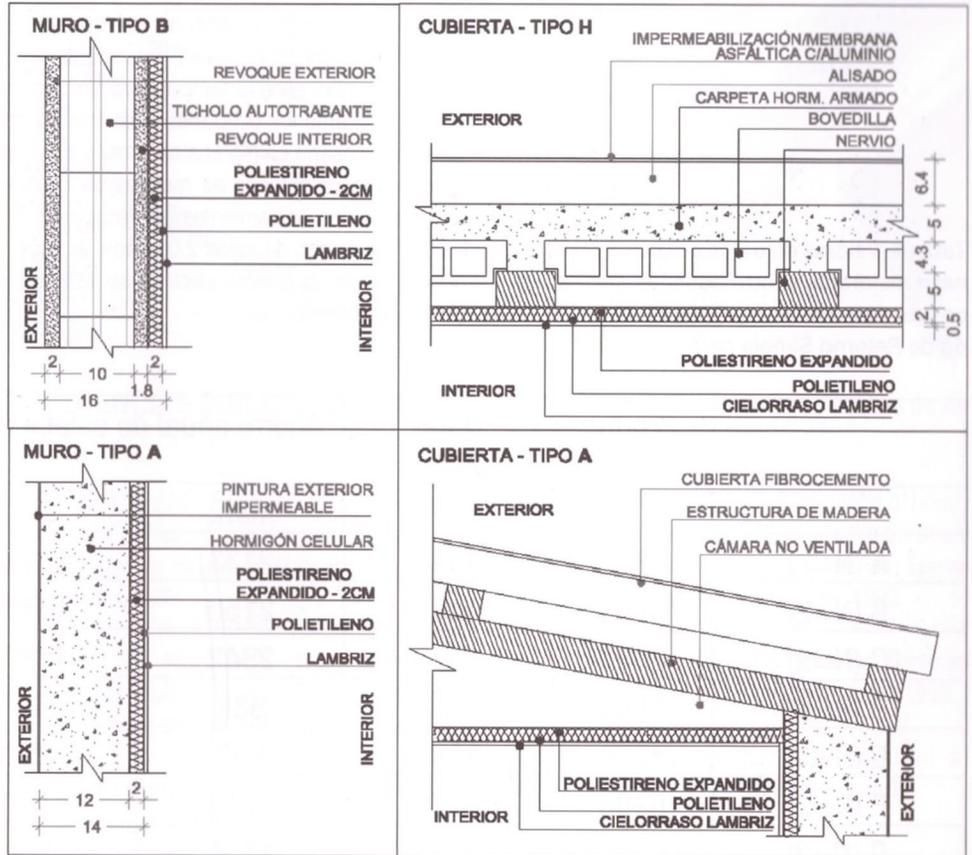


Tabla 3. Ejemplificación de sistemas constructivos y mejoras propuestas

En la Tabla 4 se indican las cargas térmicas anuales de calefacción (Q original) estimadas con el coeficiente volumétrico G calculado y las Q mejorado, calculadas con el coeficiente G exigido por la norma Se indica el ahorro de energía eléctrica de calefacción obtenido anualmente (en kWh. y en moneda nacional) y el gasto de materiales y mano de obra que implica obtener los valores de pérdidas volumétricas exigidas por la norma. También se muestra el Período de Retorno Simple (PRS). Cabe destacar que considerando el período frío con una duración de ocho meses, el ahorro mensual medio de electricidad de las viviendas es de 199.8 kWh, lo

cual equivale a un ahorro en la factura eléctrica de \$U 375,00

5. Discusión

Este trabajo aplica la normativa argentina referente a aislamiento térmico de edificios en un conjunto habitacional de veinte viviendas mínimas de Montevideo. Se estimó el ahorro de energía eléctrica aplicando el coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. De las veinte viviendas estudiadas, sólo dos cumplieron con el coeficiente G admisible. A las restantes 18 se

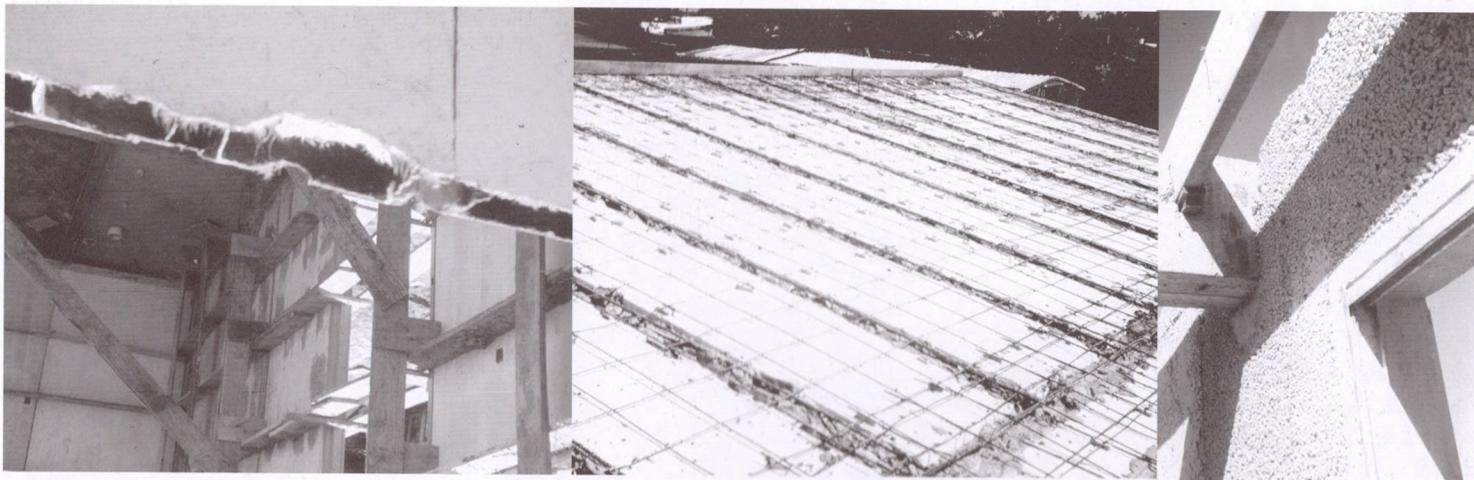
les propusieron mejoras en la calidad térmica de los cerramientos para lograr el valor de G admisible exigido por la normativa.

Se obtiene un ahorro medio de energía eléctrica de 199.8 kWh mensuales para mantener a estas viviendas en una temperatura de confort de 18°C durante los ocho meses de frío. La inversión necesaria en materiales y mano de obra requerida para obtener las mejoras de calidad térmica de los cerramientos se recuperan en 2.06 años. Luego de estos 2.06 años, el ahorro de energía en la factura eléctrica se estima en \$U 375,00 mensuales.

En el período 1991-1999, el MVOTMA construyó 59.415 Núcleos Básicos Evolutivos a través del Programa SIAV (MVOTMA, 2004). Aplicando los resultados de este trabajo a una escala mayor, sin dejar de tomar en cuenta la variabilidad de los valores obtenidos, se puede estimar un potencial ahorro de 11.8 MWh mensuales. Según datos de la DNETN, la generación térmica media de electricidad total del Uruguay en los tres meses de mayor rigor climático (junio, julio y agosto) en los últimos 5 años fue de 178 MWh, o sea que la aplicación de límites a las pérdidas térmicas en cerramientos de 59.415 viviendas mínimas, obtendría un ahorro en la generación de energía térmica del 6.6 %.

Tabla 4. Valores de carga térmica anual original y mejorada, ahorro anual de calefacción, costos de materiales y mano de obra y Período de Retorno Simple de la Inversión.

	Q orig. (kWh)	Qmej (kWh).	Ahorro anual de calefacción		Mat. y Mano de Obra (\$U)	PRS (años)
			kWh.	\$U		
A (N=2)	6717	4544	2173	4113	7152	1.74
B (N=2)	6603	4453	2150	4080	6873	1.68
C (N=2)	6042	3699	2342	4472	2195	0.49
D (N=1)	5051	4462	588	875	1776	2.03
E (N=1)	4670	3832	837	1252	6949	5.5
F (N=2)	8996	4676	4319	8727	11322	1.29
G (N=2)	5266	4115	1151	1944	5558	2.86
H (N=1)	5448	4163	1284	2149	1479	0.69
I (N=1)	5867	4462	1404	2483	4618	1.86
J	*	*	*	*	*	*
K (N=2)	4195	4072	123	183	402	2.19
L (N=2)	4867	4783	84	125	413	3.3
Total(N=18)			28797	54047	82652	37.18
Media			1599	3002	4592	2.06
Desvío padrón			1289	2559	3501	1.20
Valor Mínimo			84	125	402	0.49
Valor Máximo			4319	8727	11322	5.5



6. Conclusión

En los últimos años, el Estado uruguayo ha tenido que hacer frente a situaciones de déficit hídrico en nuestras represas, por lo que se debió realizar la generación de electricidad por medio del uso de combustibles fósiles. En el año 2004 llegamos a gastar un millón de dólares diarios para abastecer la demanda de energía eléctrica por medio de la quema de diesel oil, gas oil y fuel oil en nuestras centrales térmica. En el año 2008 esta cifra trepó a 5 millones de dólares diarios. Limitar las pérdidas de calor en las edificaciones posee múltiples ventajas en relación al confort de los usuarios, a la economía particular de éstos, al ahorro en generación de energía para el Estado y al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AROSZTEGUI, J.M. *Previsión del desempeño térmico del edificio desde las primeras decisiones de proyecto*: SCAA, U de la R, Facultad de Arquitectura, 1993.
- CATALDO J.; NUNES V. *Wind power assessment in Uruguay*. Proceedings Congress of WREN, Denver, Junio, 1996.
- CYTED, Proyecto XIV.2. *Anales del II Curso Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para vivienda de Interés Social*, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo, Coordinador Walter Kruk, Noviembre 1993.
- CLARK W.H. *Análisis y gestión energética de edificios*. Madrid, McGraw-Hill, 1998.
- DNETN. *Dirección Nacional de Energía, Ministerio de Industria y Energía*. Disponible en: <http://www.dne.gub.uy>. Último acceso abril 2009.
- IRAM, *Normas*.
- ECHEVARRIA C.; RIVERO R. *Pautas de diseño para la prevención de condensaciones en los cerramientos*, SCAA, U de la R, Facultad de Arquitectura, 1991.
- LOPEZ C.; CATALDO J. *Determination of hourly wind speed field over complex terrain in Southern Uruguay*. Proceedings ECWEC, Lübeck, Trane-münden, Alemania, 8-12 de marzo, 1993.
- MVOTMA. *Reglamento de licitaciones. Suministro de Núcleos Básicos Evolutivos*. Junio 1999.
- RIVERO, R. *Arquitectura y clima*, Facultad de Arquitectura, U de la R, Montevideo, 1988.
- UNIT-ISO, *Normas*.