

## **ESTUDIOS PARA LA PROPUESTA DE REGLAMENTACIÓN TÉRMICA APLICABLE A LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS NUEVAS EN EL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO**

**Alicia Picción (1), Sara Milicua (2)**

(1) Arquitecta, Responsable del Departamento de Clima y Confort en Arquitectura, [apicción@farq.edu.uy](mailto:apicción@farq.edu.uy)

(2) Arquitecta, Estudiante de Maestría en Construcción, Docente de DECCA, [smilicua@farq.edu.uy](mailto:smilicua@farq.edu.uy)  
Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Instituto de la Construcción, Departamento de Clima  
y Confort en Arquitectura, Mario Cassinoni 1048, C.P. 11200, Montevideo, Tel.: (+598 2) 408 5799 int. 108

### **RESUMEN**

Este artículo presenta el asesoramiento realizado a la Intendencia Municipal de Montevideo durante el proceso de formulación de las exigencias térmicas obligatorias para la construcción de nuevas viviendas, que reglamentará con la finalidad de reducir la demanda de energía para el acondicionamiento térmico en el sector residencial. El Departamento de Clima y Confort de la Facultad de Arquitectura realizó los estudios necesarios para determinar los parámetros exigidos. La reglamentación incluye los siguientes requisitos: transmitancia de cerramientos opacos y vidriados, porcentaje de área de huecos por fachada (factor de huecos) y factor solar de ventanas según orientación solar.

El mayor impacto sobre reducción en la demanda de energía eléctrica para calefacción se logra, de acuerdo a los modelos manejados, combinando la transmitancia térmica y el porcentaje de área de huecos. Sin embargo en la reducción del consumo de energía para refrigeración el mayor impacto se consigue combinando el factor solar de la ventana con el porcentaje de área de huecos y la ventilación natural. Este último aspecto no será incluido en esta etapa de la reglamentación.

Palabras-clave: reglamentación térmica, consumo de energía eléctrica.

### **ABSTRACT**

This article presents advice made to the Municipality of Montevideo during the formulation process of the thermal requirements required for the construction of new housing, which regulate the purpose of reducing energy demand for thermal conditioning of the residential sector. The Department of Climate and Comfort of the Faculty of Architecture conducted the necessary studies to determine the parameters required. The regulation includes the following requirements: Transmittance of the envelope (roof, wall and windows), hole factor and solar factor for windows as solar orientation.

The greatest impact on reducing the demand for electricity for heating is achieved, according to the models handled by combining the thermal transmittance and the percentage area of hole. But in reducing the energy consumption for cooling the greatest impact is achieved by combining the solar factor of the window with the percentage area of hole and natural ventilation. The latter aspect is not included at this stage of regulation.

Keywords: thermal regulation, electric energy consumption

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde el año 2005 se desarrolla en Uruguay un programa de alcance nacional denominado Proyecto de Eficiencia Energética (EE), desarrollado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) que tiene como objetivo promover el uso eficiente de la energía empleada por los usuarios finales en todos los sectores económicos.

El proyecto de EE incluye varias líneas de acción: la formación de varios comités técnicos para el estudio de normativas térmicas tendientes a la reducción de la demanda de energía eléctrica, el etiquetado de electrodomésticos eléctricos como termotanques y heladeras, el etiquetado de lámparas.

En Uruguay no existen normas técnicas sobre ahorro de energía ni de eficiencia energética en edificaciones. Los países en vías de desarrollo como Uruguay tienen un gran potencial para reducir el incremento del consumo de energía eléctrica mediante la introducción de medidas de eficiencia energética como normas y leyes que promuevan la eficiencia energética (Lamberts et al, 2007). Por este motivo el MIEM a través de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología nuclear (DNETN) estableció convenios con instituciones para establecer normativas técnicas en materia de ahorro y eficiencia energética, por ejemplo con el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT) y con la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM), entre otros.

Si bien la normativa municipal vigente actualmente menciona que las viviendas deben cumplir con un aislamiento mínimo necesario, éste no llegó a reglamentarse nunca. En el marco del Proyecto de Eficiencia Energética, la IMM decidió realizar la actualización de la normativa vigente en materia de higiene de la vivienda, con la finalidad, en primera instancia, de contemplar sólo las exigencias mínimas de aislación térmica en el sector residencial para reducir el consumo de energía para calefacción. Para ello se formó un grupo de trabajo con técnicos de diversas instituciones involucradas en la temática, entre ellos el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA) de la Facultad de Arquitectura, actuando este último como equipo asesor para la elaboración y discusión de los documentos de trabajo que sirvieron de insumo a la redacción final de la reglamentación. En el proceso de trabajo y discusión se decidió ampliar el alcance de la revisión de la normativa de manera de apuntar hacia la reducción de la demanda de energía para acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración).

Los estudios que sirvieron de insumo al grupo de trabajo tienen como antecedente un proyecto de investigación sobre el desempeño térmico y energético de tipos residenciales ya finalizado, que implicó el monitoreo de viviendas ocupadas y el calibrado del modelo de simulación (Picción et al. 2006). A partir de los datos que arrojó esa investigación se tomaron los modelos, las variables de diseño y parámetros de mayor impacto sobre el consumo de energía anual y/o el potencial de reducción del consumo.

La reglamentación, que está en etapa de presentación y discusión pública y de ajuste de los aspectos de implementación, será aplicada a la construcción de nuevas edificaciones residenciales.

## **2. OBJETIVO**

El objetivo de este artículo es presentar parte del proceso por el que se definieron los parámetros térmicos de carácter obligatorio que exigirá la Intendencia Municipal de Montevideo para la construcción de nuevas viviendas, de manera de contribuir a reducir la demanda de energía para el acondicionamiento térmico de las mismas.

## **3. MÉTODO**

Lamberts et al. (2007) discuten el impacto que tienen diversos factores de la envolvente sobre el desempeño energético de modelos virtuales de distintos tipos arquitectónicos, evaluando el consumo estimado a través de simulación con el programa Energy Plus. La metodología adoptada se basa en el análisis combinatorio de parámetros relacionados a las características de la edificación: tipología arquitectónica, clima, coeficiente de desempeño COP, carga interna, patrón de uso, capacidad y transmitancia térmica de paredes y techos, absorción de las superficies exteriores a la radiación solar, porcentaje de área vidriada en fachadas, tipo de vidrio y de protección solar. Los resultados obtenidos reflejan la tendencia de la muestra de casos cuyas características varían dentro de determinados límites.

A continuación se presenta una evaluación que sigue una metodología similar a la planteada por estos autores, pero aplicada a dos modelos representativos de tipología residencial, que por sus características ameritan el estudio combinatorio específico de los parámetros involucrados en su desempeño energético.

Se estudiaron dos tipologías de vivienda a través de simulaciones térmicas con el programa computacional EnergyPlus versión 2.0.0. Las tipologías estudiadas son: Vivienda individual exenta y vivienda mono-orientada en nivel intermedio de un edificio colectivo de viviendas de 10 pisos.

Ambos tipos arquitectónicos se simularon para la ciudad de Montevideo (latitud -34.50, longitud -58°) y una altura desde el nivel del mar de 32 m. Esta ciudad posee un clima templado húmedo con dos períodos bien diferenciados, uno caluroso y otro frío, la temperatura media anual es de 16.5° C y el porcentaje anual de humedad es de 80%.

Se utilizó el consumo anual de energía eléctrica, en kWh estimado por m<sup>2</sup> de área acondicionada como parámetro de referencia para analizar el desempeño energético de las dos tipologías (Westphal; Lamberts, 2007).

### 3.1 – Vivienda individual exenta

La vivienda individual exenta de un nivel tiene las características generales de la vivienda de interés social financiada por el Estado y su proyecto, recaudos y asesoramiento técnico son responsabilidad de la IMM. La vivienda posee una planta rectangular 63 m<sup>2</sup> de área y un volumen de 158 m<sup>3</sup>. Sus cuatro fachadas son expuestas. Las características constructivas son: muros simples de ticholo de 20 cm. de espesor, revocado en ambas caras y cuya transmitancia térmica es de 2 W/m<sup>2</sup>K; el cerramiento horizontal es una losa de hormigón armado revocada con una transmitancia térmica de 5 W/m<sup>2</sup>K. Ambos cerramientos, horizontal y verticales, no poseen aislamiento térmico. En la figura 1 se resumen las características térmicas:

	Techo	Paredes ext.	Piso
U (W/m <sup>2</sup> K)	5.0	2.0	0.5
Masa (kg/m <sup>2</sup> )	300	400	
Amortiguación (%)	63	91	
Retraso térmico (horas)	4	9	
Coeficiente global de pérdidas (W/m <sup>3</sup> K)	4		
Rph	2		

Figura 1. Características térmicas de vivienda exenta.

Para realizar las simulaciones térmicas se consideró un modelo con una zona única; las fachadas con orientación Norte y Sur simétricas y con igual porcentaje de huecos por fachada (19.5%); la fachada Este con una única ventana, y la fachada Oeste totalmente ciega. Todos los cerramientos vidriados son de vidrio común cuya transmitancia térmica es 5.8 W/m<sup>2</sup>K.

Para la vivienda original, o sea sin aislante térmico, se determinó el consumo de energía anual en Kwh total por metro cuadrado, discriminando los consumos anuales por metro cuadrado para calefacción y refrigeración necesarios para mantener la temperatura interior dentro del rango de 18 a 27 ° C todo el año. Este consumo de energía eléctrica anual se tomó como base para comparar luego con los resultados obtenidos de las siguientes simulaciones y determinar el porcentaje de ahorro en energía obtenido según la variable de diseño estudiada.

Se presentan tres etapas:

1. Agregar aislante térmico sólo en paredes variando su espesor de 2 hasta 4 cm.,
2. Agregar aislante térmico sólo en techo y variar su espesor de 2 hasta 5 cm.
3. Agregar aislante térmico en paredes y techo con espesores de 2 hasta 4 cm.

De esta manera se analizó el impacto del aislamiento térmico de los cerramientos verticales, de los cerramientos horizontales y ambos a la vez (pared+techo), en el consumo de energía total anual por metro cuadrado.

### 3.2. Apartamento unilateral intermedio

El edificio de viviendas presenta cuatro unidades de vivienda, o apartamentos, por piso: dos mono-orientados y dos con doble orientación. El apartamento intermedio estudiado es simplemente orientado, tiene una planta rectangular de 56 m<sup>2</sup> interior y 134 m<sup>3</sup> de volumen; con dos dormitorios. Los cerramientos opacos están compuestos por muros dobles de ladrillo y ticholo, con dos centímetros de aislante térmico y cámara de

aire de 2cm. y cuya transmitancia es de 0.73 W/m<sup>2</sup>K. El cerramiento horizontal es una losa de hormigón con aislante térmico y una transmitancia térmica de 2.34 W/m<sup>2</sup>K. El apartamento tiene un factor de forma de 0.19 y 34% de área de huecos de fachada.

Se realizaron distintas simulaciones térmicas de este tipo arquitectónico considerando un modelo de 6 zonas térmicas. Para este estudio algunas variables permanecieron constantes como: la cargas térmicas interiores (personas, iluminación, equipamientos eléctricos), las características térmicas de los materiales de los cerramientos, el patrón de uso, la absorción de las superficies exteriores de los cerramientos verticales y horizontales). Uno de los parámetros significativos en el desempeño térmico de los edificios es el porcentaje de área vidriada por fachada el cual permite también ver el impacto de la volumetria de los edificios en el consumo de energía (Carlo; Lamberts, 2007). Asimismo se consideraron específicamente los parámetros de transmitancia, orientación, y factor solar de la protección.

Se presentan cuatro etapas:

1. Variación de la transmitancia térmica de los cerramientos (vertical, horizontal y ambos).
2. Variación de la orientación de la fachada para los cuatro cuadrantes (N; E; S; O)
3. Variación del porcentaje de área vidriada para cada orientación (desde 10% del área de piso hasta 60% del área de fachada).
4. Cerramientos transparentes sin y con protecciones solares exteriores todo el día y todo el año, en locales con ventilación mínima en invierno y verano.

## 4. RESULTADOS

Se realizó el análisis de la influencia de cada variable de diseño en el consumo total anual de energía eléctrica de los dos modelos estudiados. El consumo de energía eléctrica por metro cuadrado está referido al consumo de energía de un equipo ideal que mantiene la temperatura interior dentro del rango de confort anual para Montevideo (18 a 27°C).

### 4-1 Efecto de la transmitancia térmica de cerramientos verticales, horizontales y de ambos.

#### 4.1.1 Vivienda individual exenta

Las simulaciones térmicas mostraron el bajo impacto del aislamiento sólo en paredes sobre la reducción del consumo de energía anual (fig. 2). El consumo anual de la vivienda original es de 126 Kwh/m<sup>2</sup>, que desciende a 115 Kwh/m<sup>2</sup> si las paredes tienen un aislamiento térmico de 3cm; ello representa 9% de ahorro. El efecto de la aislación térmica solamente en el techo tiene un impacto mayor en la reducción del consumo total de energía anual, representando 34% de ahorro. Mientras que el consumo de energía eléctrica anual desciende un 56 % si el aislamiento de paredes es de 3 cm. y 4 cm. en el techo; ello representa 44% de ahorro de la energía total consumida.

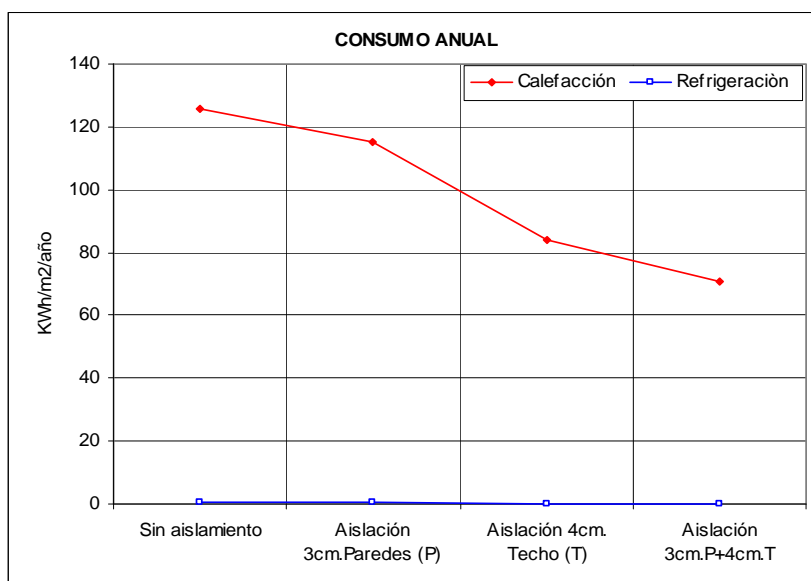


Figura 2. Consumos de energía para la vivienda exenta.

#### 4.1.2 Apartamento mono orientado intermedio

El mayor impacto sobre la reducción del consumo de energía se produce para la vivienda con 2cm de aislamiento en las paredes (fig. 3). Colocar mayor espesor de aislante en los cerramientos verticales no tiene impacto significativo en el consumo total. Además el peso mayor del consumo se encuentra en la calefacción (para  $R_{ph} = 3$ , invierno y verano y factor de huecos de 0.33).

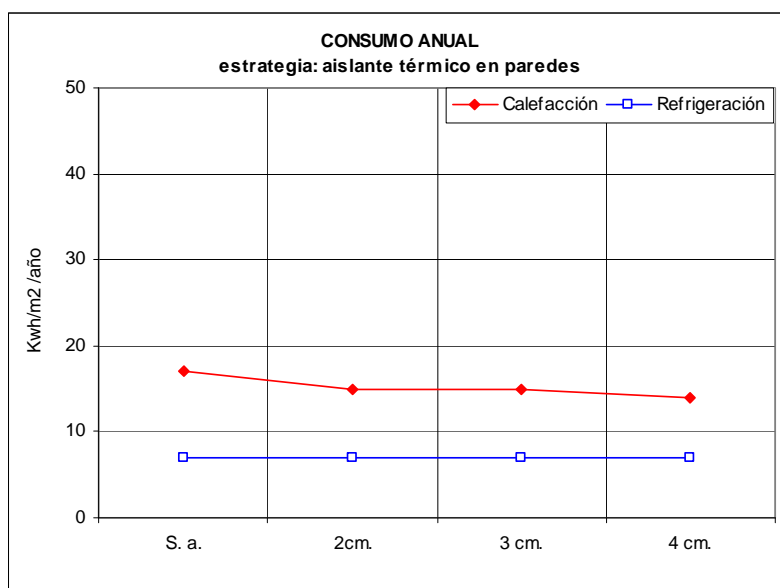


Figura 3. Consumos de energía para el apartamento mono orientado, impacto del aislamiento en fachada.

Para el apartamento ubicado en el último piso con el cerramiento horizontal expuesto, que aumenta su factor de forma de 0.17 a 0.58, el consumo total aproximado para el caso que el techo no tenga aislante térmico es 50 Kwh/m<sup>2</sup>, que tiende a estabilizarse a partir de los 4 cm. en 30 Kwh/m<sup>2</sup>. Análogamente el mayor consumo es para calefacción (para  $R_{ph} = 3$ , invierno y verano y factor de huecos de 0.33). (fig. 4).

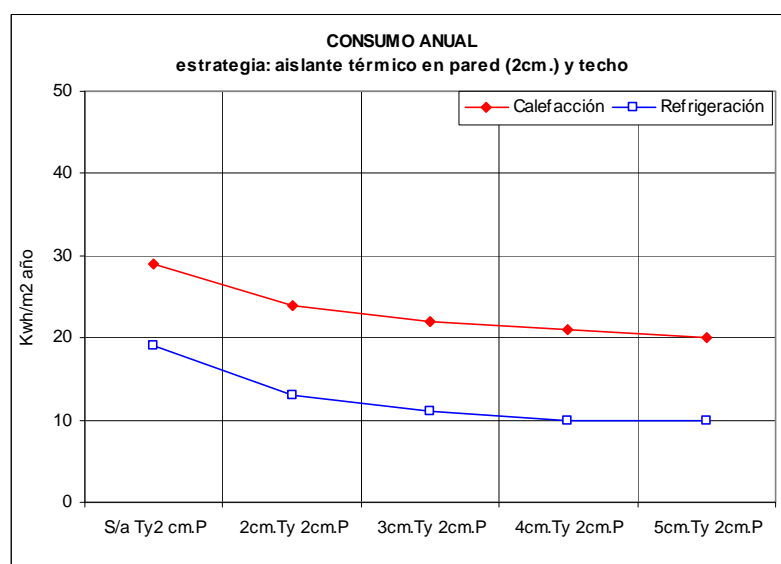


Figura 4. Consumos de energía para el apartamento mono orientado, impacto del aislamiento en techo y fachada.

## 4.2 Efecto de la variación de la orientación y el factor de huecos

### 4.2.1. Cerramientos transparentes sin protección solar todo el día y todo el año.

En la figura 5 vemos como a partir de un área de huecos del 25% de la fachada, el consumo de energía para calefacción se incrementa en todas las orientaciones menos para la orientación norte, que es la fachada con menor consumo de energía, mientras que la fachada sur tiene el mayor consumo de energía a medida que aumenta el área de huecos.

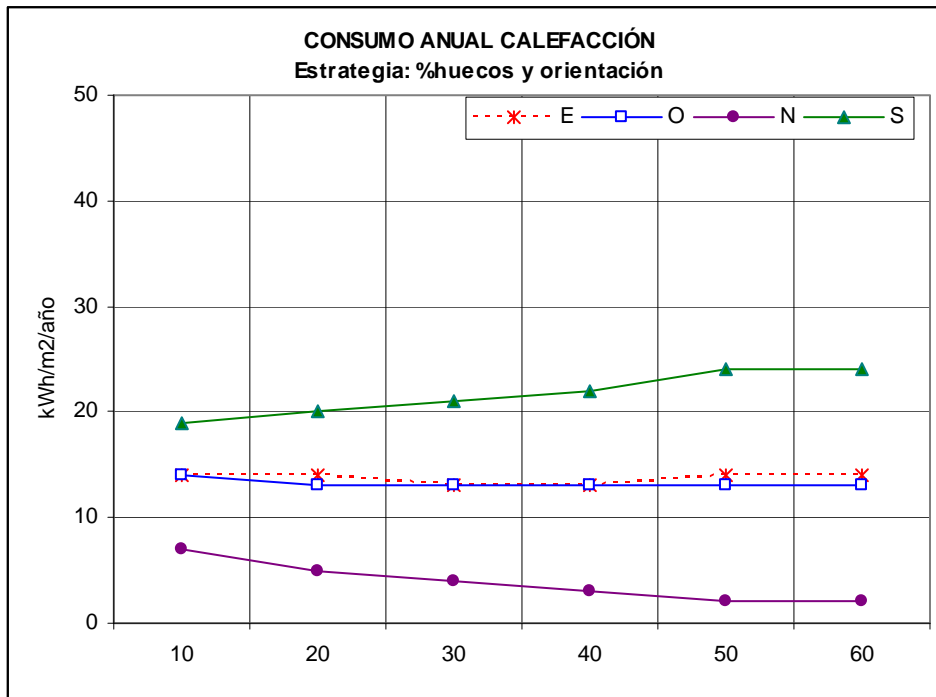


Figura 5. Consumos de energía para calefacción, apartamento mono orientado, impacto de orientación y factor de huecos.

Para el consumo en refrigeración, cuando se incrementa el porcentaje de área de huecos se incrementa en forma proporcional los consumos de las orientaciones Norte, Este y Oeste entre ellas. Solamente la fachada Sur no presenta gran variación en el consumo en refrigeración (fig.6).

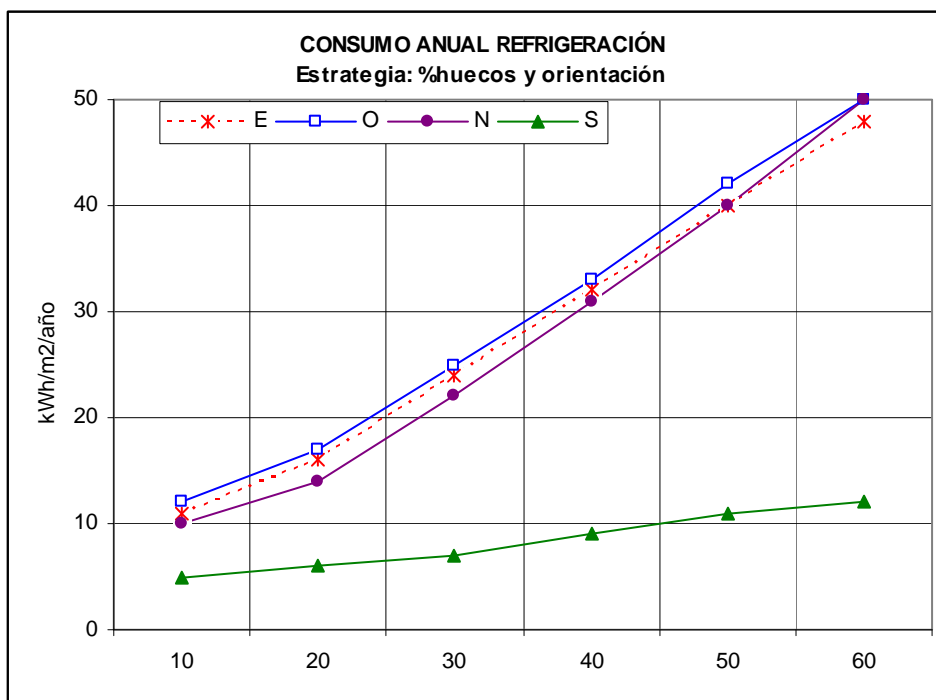


Figura 6. Consumos de energía para refrigeración, apartamento mono orientado, impacto de orientación y factor huecos.

#### 4.2.2. Cerramientos transparentes con protección solar todo el día y todo el año

Cuando utilizamos la estrategia de protecciones solares todo el día y todo el año, para  $R_{ph} = 3$  en invierno y verano, los resultados nos muestran que el consumo en refrigeración desciende 50 Kwh/m<sup>2</sup>, siendo más notorios los problemas de calentamiento en la fachada Oeste a medida que aumenta el porcentaje de área vidriada.

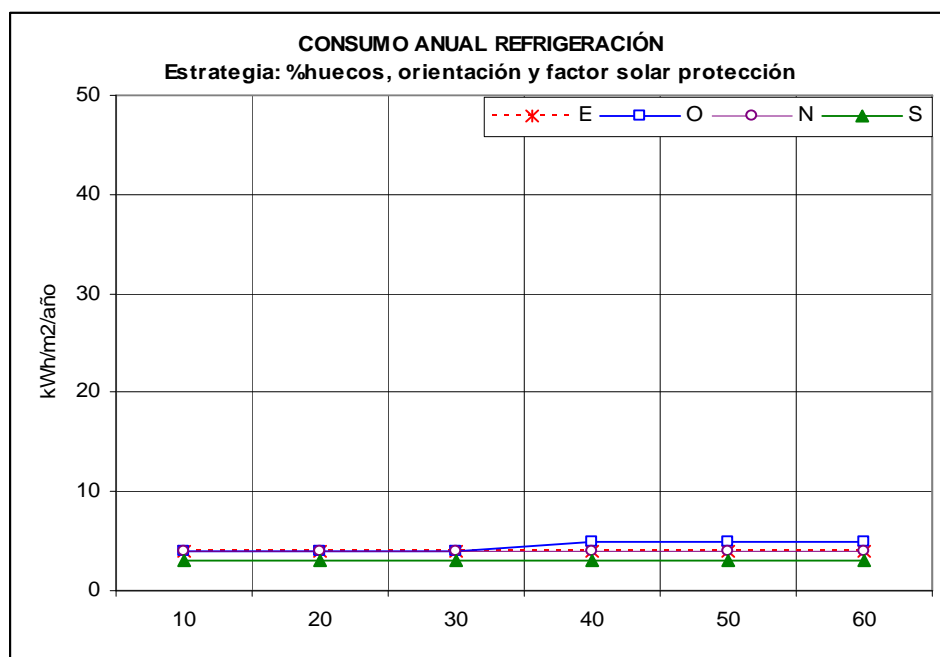


Figura 7. Consumos de energía para refrigeración, apartamento mono orientado, impacto de orientación, factor de huecos y factor solar.

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los estudios presentados y discutidos y a las condicionantes del contexto, el grupo de trabajo tomó decisiones respecto al encuadre y exigencias a establecer en la reglamentación sobre reducción de la demanda de energía para acondicionamiento térmico: es un proceso que recién se inicia; se pretende que el Municipio de Montevideo, que concentra la mitad de la población del país, sea un referente en la temática para que los procesos puedan ser replicables; que los actores involucrados en la industria de la construcción no opongan trabas pero sí que aporten en las revisiones periódicas, entre otros factores. En este marco, se decidió mantener el valor de transmitancia térmica para cerramientos opacos  $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$  exigido por el Banco Hipotecario del Uruguay desde 1999 como límite máximo. Este parámetro, junto con la orientación y el factor de huecos resultaron de mayor impacto sobre el consumo en calefacción, por lo tanto también se limita el factor de huecos y la transmitancia de ventanas según la orientación solar. Para controlar el consumo de energía en refrigeración se establecen el factor de huecos y el factor solar de la ventana como los parámetros con exigencias límite.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J.; WESTPHAL F.; PONTES, R. (2007) "Regulamentacao de etiquetagem voluntaria de nivel de eficiencia energética de edificios comerciales e públicos" en IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construido, Ouro Preto: ENCAC, 2007. p. 1019 -1028.
- LAMBERTS, R.; CARLO, J. (2007) " O Papel da volumetria no desempenho energetico da edificacao" en IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construido, Ouro Preto: ENCAC, 2007. p. 310-319
- PICCIÓN, A; MILICUA, S; LÓPEZ, M; CAMACHO, M; CHEIRASCO, G. (2006) "Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energia em el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima templado. Proyecto CSIC, informe.
- WESTPHAL F. Y LAMBERTS, R. (2007) "Análise do impacto de variaveis arquitetonicas e cargas internas no consumo de energia em condicionamento de ar de edificaciones comerciais" en IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construido, Ouro Preto: ENCAC, 2007. p. 2049-2059.